Данный файл представлен исключительно в ознакомительных целях.

Уважаемый читатель!
Если вы скопируете данный файл,
Вы должны незамедлительно удалить его сразу после ознакомления с содержанием.
Копируя и сохраняя его Вы принимаете на себя всю ответственность, согласно действующему международному законодательству .
Все авторские права на данный файл сохраняются за правообладателем.
Любое коммерческое и иное использование кроме предварительного ознакомления запрещено.

Публикация данного документа не преследует никакой коммерческой выгоды. Но такие документы способствуют быстрейшему профессиональному и духовному росту читателей и являются рекламой бумажных изданий таких документов.

СЭД V



Справочная энциклопедия дорожника

V
том

Проектирование автомобильных дорог

Под редакцией заслуженного
деятеля науки и техники РСФСР,
д-ра техн. наук. проф. Г.А. Федотова
и д-ра техн. наук. проф. П.И. Поспелова

МОСКВА 2007

Содержание

ВВЕДЕНИЕ

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ. ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

ГЛАВА 1. КЛАССИФИКАЦИЯ И НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

1.1 Классификация автомобильных дорог

1.2. Нормы проектирования автомобильных дорог

1.3. Расчетные скорости, нагрузки и габаритные размеры подвижного состава

1.4. Охрана окружающей среды

Приложение 1. Список рекомендуемых нормативно-технических документов

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

1.1. Общие стандарты

1.2. Грунты, земляное полотно, торф

1.3. Асфальтобетонные смеси, битум

1.3. Бетон, железобетон. Бетонные смеси, щебень, гравий, песок, цемент, шлаки, шламы и другие материалы

1.5. Автомобильные, железные дороги, аэродромы, земляное полотно дорог, мосты и трубы, укрепительные работы (изыскания, проектирование, строительство)

1.6. Основания и фундаменты

1.7. Изыскания автомобильных, железных дорог, аэродромов

1.8. Эксплуатация автомобильных дорог

1.9. Геотекстиль

1.10. Экология, климатология

1.11. Безопасность движения и техника безопасности

ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

2.1. Общие положения

2.2. Предпроектное проектирование

2.3. Разработка проектной документации

2.4. Разработка рабочих чертежей

2.5. Состав проектной документации

2.6. Оформление проектной документации

Приложение 2.1.

ЗАДАНИЕ на разработку инженерного проекта капитального ремонта автомобильной дороги М-10 «Россия» в Новгородской области

Приложение 2.2.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Перечень технических документов, подлежащих использованию при разработке обоснования инвестиций

Приложение 2.3.

Перечень материалов и документов, включаемых в состав обоснования инвестиций (ОИ).

Приложение 2.4.

Перечень материалов и документов, включаемых в состав обосновывающих материалов инженерного проекта (ИП).

ГЛАВА 3. СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗЫСКАНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

3.1. Особенности традиционной технологии изысканий автомобильных дорог и ее анализ

3.2. Особенности технологии изысканий автомобильных дорог при проектировании на уровне САПР-АД

3.3. ГИС-технологии в изысканиях автомобильных дорог

3.4. Методы обоснования полосы варьирования конкурирующих вариантов трассы

3.5. Цифровое моделирование рельефа, ситуации и геологического строения местности

3.6. Виды цифровых моделей местности

3.7. Методы построения цифровых моделей местности

3.8. Математическое моделирование местности

3.9. Задачи, решаемые с использованием цифровых и математических моделей

ГЛАВА 4. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

4.1. Структура экономического обоснования дорожного строительства

4.2. Перспективный парк автомобилей

4.3. Прогнозирование перспективной интенсивности движения

4.4. Методы оценки общественной эффективности инвестиционных проектов дорожного строительства

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

4.5. Процедуры учета неопределенности

4.6. Элементы затрат-выгод инвестиционных проектов дорожного строительства

ГЛАВА 5. ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТОВ

5.1. Геодезические опорные сети

5.2. Обозначение пунктов государственных геодезических сетей на местности

5.3. Привязка к пунктам государственных геодезических сетей

5.4. Планово-высотное обоснование топографических съемок

5.5. Электронная тахеометрическая съемка

5.6. Наземно-космическая съемка

5.7. Наземное лазерное сканирование

ГЛАВА 6. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТОВ

6.1. Общие сведения об организации и составе инженерно-геологических изысканий

6.2. Современные технические средства, применяемые при инженерно-геологических изысканиях

6.3. Инженерно-геологические изыскания на полосе варьирования трассы

6.4. Инженерно-геологические изыскания по принятому варианту трассы

6.5. Разведка местных дорожно-строительных материалов

6.6. Лабораторные испытания и полевые методы исследования физико-механических свойств грунтов и материалов

6.7. Геофизические методы инженерно-геологических изысканий

6.8. Камеральная обработка и представляемые материалы

ГЛАВА 7. ИНЖЕНЕРНО-ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТОВ

7.1. Состав инженерно-гидрометеорологического обоснования проектов

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

7.2. Технология инженерно-гидрометеорологических изысканий

7.3. Морфометрические работы

7.4. Гидрометрические работы

7.5. Аэрогидрометрические работы

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ. ОСНОВНЫЕ ПРОЕКТНЫЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 8. ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ГЕОМЕТРИЧЕСКИМ ЭЛЕМЕНТАМ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

8.1. Элементы плана автомобильных дорог

8.2. Элементы поперечных профилей

8.3. Элементы продольного профиля

8.4 Ширина проезжей части и земляного полотна

8.5. Остановочные, краевые полосы и бордюры

8.6. Поперечные уклоны элементов дороги

8.7. Нормы проектирования плана и продольного профиля

8.8. Переходные кривые

8.9. Виражи

8.10. Уширение проезжей части

8.11. Серпантины

8.12. Мосты и трубы

8.13. Тоннели

ГЛАВА 9. ПЛАН АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ. ПРИНЦИПЫ ЛАНДШАФТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

9.1. Выбор направления трассы

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

9.2. Элементы клотоидной трассы

9.3. Принципы трассирования

9.4. Цели и задачи ландшафтного проектирования*

9.5. Согласование элементов трассы с ландшафтом

9.6. Особенности трассирования автомобильных дорог в характерных ландшафтах

9.7. Согласование земляного полотна с ландшафтом

9.8. Правила обеспечения зрительной плавности и ясности трассы

ГЛАВА 10. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

10.1. Принципы проектирования продольного профиля

10.2. Критерии оптимальности

10.3. Комплекс технических ограничений

10.4. Техника проектирования продольного профиля в традиционном классе функций

ГЛАВА 11. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

11.1. Элементы земляного полотна и общие требования к нему

11.2. Грунты для сооружения земляного полотна

11.3. Природные условия, учитываемые при проектировании земляного полотна

11.4. Учет водно-теплового режима при проектировании верхней части земляного полотна

11.5. Поперечные профили земляного полотна в обычных условиях

11.6. Проектирование насыпей на слабых основаниях

11.7. Проверка устойчивости откосов при проектировании высоких насыпей и глубоких выемок

11.8. Земляное полотно на склонах

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

ГЛАВА 12. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

12.1. Общие сведения

12.2. Основы конструирования нежестких дорожных одежд

12.3. Расчеты нежестких дорожных одежд на прочность

12.4. Расчет конструкции дорожной одежды в целом по допускаемому упругому прогибу

12.5. Расчет по условию сдвигоустойчивости подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоев

12.6. Расчет конструкции дорожной одежды на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе

12.7. Обеспечение морозоустойчивости дорожной одежды

12.8. Осушение дорожной одежды и земляного полотна

ГЛАВА 13. КОНСТРУКЦИИ И ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАСЧЕТА ЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

13.1. Область применения. Основные виды покрытий

13.2. Общие требования к жестким дорожным одеждам. Основные принципы конструирования

13.3. Особенности конструкций жестких дорожных одежд

13.4. Основные положения расчета жестких дорожных одежд

Список литературы к главе 13

ГЛАВА 14. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

14.1. Напряжения в цементобетонном покрытии от внешней нагрузки

14.2. Определение разрушающей нагрузки для плит цементобетонного покрытия

14.3. Определение напряжений в цементобетонном покрытии по прогибам, измеренным в натуре

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

14.4. Определение эквивалентного модуля упругости и коэффициента поперечной деформации многослойного основания под жестким дорожным покрытием

14.5. Температурные напряжения

14.6. Устойчивость плит бетонных дорожных покрытий при повышении температуры

14.7. Прочность при усилении жестких покрытий слоем асфальтобетона или цементобетона

14.8. Устойчивость против выпирания асфальтобетонного слоя на цементобетонном основании

14.9. Устойчивость положения плиты со свободными краями при нагрузке от транспортных средств

Список литературы к главе 14

ГЛАВА 15. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОВЕРХНОСТНОГО И ПОДЗЕМНОГО ДОРОЖНОГО ВОДООТВОДА

15.1. Система поверхностного и подземного дорожного водоотвода

15.2. Нормы допускаемых скоростей течения воды

15.3. Определение объемов и расходов ливневых и талых вод с малых водосборов

15.4. Гидравлический расчет дорожных канав

15.5. Гидравлический расчет отверстий малых мостов и труб

15.6. Косогорные сооружения поверхностного водоотвода

15.7. Укрепление русел за сооружениями

15.8. Расчет дренажа

15.9. Некоторые рекомендации к разработке региональных норм стока

ГЛАВА 16. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

16.1. Основные сведения о проектировании переходов через большие водотоки

16.2. Гидрологические расчеты

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

16.3. Морфометрические расчеты

16.4. Прогноз природных деформаций русел рек

16.5. Расчет срезок пойменных берегов подмостовых русел и отверстий мостов

16.6. Расчет общего размыва

16.7. Определение максимальной глубины расчетного общего размыва

16.8. Расчет местного размыва у опор мостов

16.9. Расчет размывов переходов коммуникаций у мостовых переходов

16.10. Расчет характерных подпоров на мостовых переходах

ГЛАВА 17. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДХОДОВ, РЕГУЛЯЦИОННЫХ И УКРЕПИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

17.1. Условия работы пойменных насыпей

17.2. Проектирование подходов к мостам

17.3. Проектирование оптимальных пойменных насыпей

17.4. Расчет устойчивости откосов подтопляемых насыпей

17.5. Расчет осадок пойменных насыпей

17.6. Расчет скорости осадки насыпей на слабых основаниях

17.7. Задачи и принципы регулирования рек у мостовых переходов

17.8. Конструкции регуляционных сооружений на мостовых переходах

ГЛАВА 18. ПЕРЕСЕЧЕНИЯ И ПРИМЫКАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

18.1. Общие положения и требования по проектированию пересечений и примыканий в одном уровне

18.2. Классификация пересечений автомобильных дорог в разных уровнях и требования к ним

18.3. Элементы пересечений автомобильных дорог в разных уровнях

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

18.4. Задачи, решаемые при проектировании развязок движения в разных уровнях

18.5. Анализ условий пересечений при проектировании развязок

18.6. Пропускная способность развязок в разных уровнях и оценка безопасности движения

18.7. Технико-экономическое сравнение вариантов развязок движения

ГЛАВА 19. ОСОБЕННОСТИ ИЗЫСКАНИЙ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОРОГ НА МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ (ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ) ГРУНТАХ

19.1. Распространение вечной мерзлоты на территории Российской Федерации

19.2. Дорожно-климатическое районирование первой зоны - зоны вечной мерзлоты России

19.3. Принципы проектирования и строительства дорог на многолетнемерзлых грунтах

19.4. Особенности водно-теплового режима естественных грунтов и земляного полотна автомобильных дорог в районах вечной мерзлоты

19.5. Особенности расчета дорожных конструкций нежесткого типа в условиях вечной мерзлоты

19.6. Особенности изысканий для строительства дорог на многолетнемерзлых грунтах

19.7. Особенности проектирования дорог на многолетнемерзлых грунтах

19.8. Земляное полотно автомобильных дорог на многолетнемерзлых грунтах

19.9. Требования к грунтам земляного полотна на многолетнемерзлых грунтах

19.10. Конструкции земляного полотна автомобильных дорог на многолетнемерзлых грунтах

19.11. Водоотводные сооружения

19.12. Проектирование земляного полотна и искусственных сооружений на наледных участках

Список литературы к главе 19 (рекомендуется для территорий с наличием ММГ, порядковая нумерация литературы размещена в исторической ретроспективе по годам изданий)

ГЛАВА 20. ИНЖЕНЕРНОЕ ОБУСТРОЙСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

20.1. Обслуживание дорожного движения

20.2. Дорожные знаки

20.3. Дорожная разметка

20.4. Направляющие устройства

20.5. Дорожные ограждения

20.6. Освещение автомобильных дорог

20.7. Составление схемы обстановки дороги

ГЛАВА 21. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

21.1. Особенности реконструкции автомобильных дорог

21.2. Особенности изысканий для разработки проектов реконструкции автомобильных дорог

21.3. Реконструкция автомобильных дорог в плане и продольном профиле

21.4. Земляное полотно при реконструкции автомобильных дорог

21.5. Дорожные одежды при реконструкции автомобильных дорог

21.6. Особенности организации работ при реконструкции автомобильных дорог

ГЛАВА 22. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

22.1. Цели и задачи проекта организации строительства

22.2. Строительный генеральный план

22.3. Календарный план строительства

22.4. Механизация дорожного строительства

22.5. Машины для земляных работ

22.6. Машины для уплотнения грунтов и материалов дорожных одежд

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

22.7. Определение потребности в основных строительных машинах, транспортных средствах и трудовых ресурсах

ГЛАВА 23. ОЦЕНКА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

23.1. Система показателей для оценки проектных решений

23.2. Определение предельной пропускной способности дороги и коэффициента загрузки движением

23.3. Расчет средней скорости движения транспортного потока

23.4. Расчет максимальной скорости движения одиночного автомобиля

23.5. Определение степени загрязнения придорожной полосы соединениями свинца

23.6. Расчет загрязнения атмосферного воздуха выбросами автомобильного транспорта

ГЛАВА 24. ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ДОРОГ И ИХ РЕКОНСТРУКЦИИ

24.1. Влияние дорожных условий на безопасность движения

24.2. Оценка относительной опасности участков дороги и выявление опасных мест методом «коэффициентов относительной аварийности»

24.3. Выявление опасных мест метолом «коэффициентов безопасности»

24.4. Оценка обеспеченности безопасности движения на пересечениях в одном уровне

24.5. Оценка безопасности движения на пересечениях в разных уровнях

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

ГЛАВА 25. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И СООРУЖЕНИЙ НА НИХ

25.1. Понятие о системах автоматизированного проектирования

25.2. Средства обеспечения систем автоматизированного проектирования

25.3. Функциональная структура САПР

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

25.4. Принципы оптимизации и моделирования при проектировании автомобильных дорог

25.5. Гис-технологии в автоматизированном проектировании

Список литературы к главе 25

ГЛАВА 26. СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ CAD «CREDO»

26.1. Историческая справка

26.2. Функциональная структура подсистемы «Линейные изыскания»

26.3. Функциональная структура подсистемы «Дороги»

ГЛАВА 27. СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ «INDORCAD/ROAD»

27.1. Историческая справка

27.2. Функциональная структура системы автоматизированного проектирования «IndorCAD/Road». Раздел «План»

27.3. Раздел «Продольный профиль»

27.4. Раздел «Верх земляного полотна»

27.5. Раздел «Поперечный профиль»

27.6. Графический редактор «IndorDrawing»

ГЛАВА 28. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

28.1. Автоматизированное проектирование плана и продольного профиля. Общий методологический подход

28.2. Методы «однозначно определенной оси»

28.3. Метод «опорных элементов»

28.4. Метод «сглаживания эскизной линии трассы»

28.5. Методы «свободной геометрии». Сплайн-трассирование

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

ГЛАВА 29. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

29.1. Метод «опорных точек»

29.2. Метод «проекции градиента»

29.3. Метод «граничных итераций»

29.4. Методы «свободной геометрии»

ГЛАВА 30. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

30.1. Особенности автоматизированного проектирования оптимальных нежестких дорожных одежд

30.2. Оптимизационный метод проектирования дорожных одежд нежесткого типа

30.3. Технология автоматизированного проектирования оптимальных дорожных одежд

ГЛАВА 31. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОВЕРХНОСТНОГО ВОДООТВОДА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

31.1. Математическое моделирование стока ливневых вод с малых водосборов

31.2. Математическое моделирование стока талых вод с малых водосборов

31.3. Расчет отверстий и моделирование работы малых мостов и труб

31.4. Проектирование оптимальных водопропускных труб

31.5. Проектирование оптимальной системы поверхностного водоотвода

ГЛАВА 32. КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

32.1. Принципы автоматизированного проектирования мостовых переходов

32.2. Аналитическая аппроксимация и универсальный метод определения расчетных гидрометеорологических характеристик

32.3 Комплексная программа расчета отверстий мостов «Рома»

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

32.4. Исходная информация и результаты расчета по программе «Рома»

32.5. Программа расчета уширений русел на мостовых переходах «Рур»

32.6. Исходная информация и результаты расчета по программе «Рур»

ГЛАВА 33. МЕТОДЫ РАСЧЕТА СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ РАМП

33.1. Существующие принципы конструктивного решения участков ответвлений и примыканий соединительных рамп

33.2. Переходные кривые, требования к ним и методы их расчета

33.3. Расчет элементов соединительных рамп

33.4. Проектирование продольного профиля по соединительным рампам

33.5. Планово-высотное решение соединительных рамп

ГЛАВА 34. ОЦЕНКА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

34.1. Программы для оценки проектных решений

34.2. Построение перспективных изображений автомобильных дорог

34.3. Перцептивные изображения автомобильных дорог

34.4. Оценка зрительной плавности трассы

34.5. Определение показателей транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог

34.6. Оценка проектных решений автомобильных дорог на основе математического моделирования

34.7. Технико-экономическое сравнение вариантов автомобильных дорог и мостовых переходов

Справочная энциклопедия содержит необходимые сведения по организации и современной технологии проектно-изыскательских работ - по экономическим, инженерно-геодезическим, инженерно-геологическим, инженерно-

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

гидрометеорологическим изысканиям и современным методам проектирования автомобильных дорог и сооружений на них. В справочную энциклопедию включен специальный раздел, посвященный автоматизированному проектированию автомобильных дорог на уровне современных систем автоматизированного проектирования САПР-АД.

Справочная энциклопедия не заменяет Государственных и Национальных стандартов, строительных норм и правил, ведомственных нормативных документов. Цель ее издания - помочь инженерам и техническим работникам в разработке проектов с использованием современной технологии и методов проектирования автомобильных дорог.

Справочная энциклопедия предназначена для инженерно-технических работников и специалистов дорожного хозяйства, занятых изысканиями и проектированием автомобильных дорог. Она может быть также использована широким кругом руководителей и специалистов-дорожников, преподавателями, студентами старших курсов автомобильно-дорожных вузов и факультетов, техникумов и колледжей.

Коллектив авторов: д-р техн. наук, проф. Г.А. Федотов - гл. 3, 5, 7, 8. 9. 10. 16, 17, 21, 22, 25, 30, 32, 33, разд. 34.2; д-р техн. наук, проф. П.И. Поспелов - гл. 24; канд. техн. наук В.К. Апестин - гл. 13, 14; д-р техн. наук В.Н. Бойков - гл. 26, 27, 28, 29; проф. В.А. Давыдов - гл. 19; д-р техн. наук, проф. В.Д. Казарновский - гл. 11; проф. М.С. Коганзон - гл. 12; д-р техн. наук Э.К. Кузахметова - гл. 1, 2; д-р техн. наук, проф. А.М. Кулижников - гл. 6; инж. Х.К. Миножетдинов - гл. 4; канд. техн. наук Паудяль Сурья Пракаш - гл. 15, 31; проф. В.И. Пуркин - гл. 23, 34 (кроме разд. 34.2): инж. Л.Т. Чертков - гл. 20; инж. С.Э. Шпак - гл. 18: д-р техн. наук. проф. Ю.М. Яковлев - гл. 12.

Разделы, подготовленные совместно, повторены у каждого соавтора.

Рецензенты:

ОАО «Дорожный проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт «ГИПРОДОРНИИ»

ОАО «Институт по проектированию и изысканиям автомобильных дорог «Союздорпроект»

Координатор проекта ФГУП «ИНФОРМАВТОДОР»

Руководитель проекта Д.Г. Мепуришвили

Ответственный исполнитель по координации работ И.Н. Фролова

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшими задачами экономического развития России являются повышение эффективности инвестиций во всех сферах хозяйственной деятельности и резкое улучшение качества продукции. Высокие требования предъявляются в связи с этим и к автодорожному строительству.

Автомобильные дороги - весьма капиталоемкие и в то же время одни из наиболее рентабельных инженерных сооружений. Проектирование автомобильных дорог должно быть направлено на достижение их высоких транспортно-эксплуатационных качеств при минимуме материалоемкости строительства и строительных затрат. Правильно запроектированная дорога обеспечивает безопасность движения как одиночных автомобилей с расчетными скоростями, так и транспортных потоков с высокими уровнями удобства даже в самые напряженные периоды работы дорог, надежность и долговечность земляного полотна, дорожных одежд, искусственных сооружений и т.д.

При оценке вариантов проектных решений предпочтение отдают не только самым экономичным инженерным решениям, но и чаще всего тем, которые обеспечивают наиболее гармоничное вписывание полотна дорог в окружающий ландшафт и оказывают наименее отрицательное воздействие на окружающую среду. Обязательными элементами проектных решений являются мероприятия по охране окружающей среды, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов.

В настоящем издании: «Проектирование автомобильных дорог: Справочная энциклопедия дорожника. Том V» в основном сохранена оправдавшая себя структура предыдущего издания: «Проектирование автомобильных дорог: Справ. инж.-дор. / Под ред. д-ра техн. наук Г.А. Федотова. - М.: Транспорт, 1989. - 438 с».

Справочная энциклопедия дорожника представлена тремя, логически связанными разделами.

В разделе «Обоснование проектных решений» освещены следующие вопросы:

классификация и нормы проектирования автомобильных дорог;

организация проектно-изыскательского процесса;

современная технология изысканий автомобильных дорог;

обоснование инвестиций в строительство автомобильных дорог;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

топографо-геодезическое обоснование проектов;

инженерно-геологическое обоснование проектов;

инженерно-гидрометеорологическое обоснование проектов.

При этом, уделено основное внимание современным технологиям и методам производства изысканий, основанным, прежде всего, на использовании высокопроизводительных методов сбора информации о местности: использованию ГИС-технологий при изысканиях автомобильных дорог и сооружений на них, методам наземной и аэрокосмической цифровой фотограмметрии, системам спутниковой навигации «GPS», методам электронной тахеометрии, наземного лазерного сканирования местности и геофизическим методам инженерно-геологических изысканий.

В разделе «Основные проектные работы» освещены следующие вопросы:

современные методы обоснования геометрических элементов автомобильных дорог:

методы проектирования плана дорог;

принципы проектирования продольного профиля;

основы проектирования земляного полотна;

принципы проектирования нежестких и жестких дорожных одежд;

методы проектирования системы подземного и поверхностного дорожного водоотвода;

принципиальные основы проектирования мостовых переходов;

методы проектирования пересечений и примыканий автомобильных дорог в одном и разных уровнях;

проектирование инженерного обустройства автомобильных дорог;

проектирование реконструкции автомобильных дорог;

проектирование организации строительства.

Особое внимание уделено методам оценки проектных решений по конкурирующим вариантам автомобильных дорог.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Раздел «Автоматизированное проектирование автомобильных дорог» включен в справочную энциклопедию в связи с уже произошедшим в стране переходом на технологию и методы системного автоматизированного проектирования автомобильных дорог и сооружений на них (САПР-АД). Методы проектирования в САПР-АД существенно отличаются от методов традиционного проектирования. Большинство из них построены на использовании принципов оптимизации проектных решений и математического моделирования, реализация которых позволяет существенно снизить материалоемкость и сметную стоимость строительства при одновременно существенном повышении качества принимаемых проектных решений.

ВВЕДЕНИЕ

В связи со сказанным в лом разделе детально освещены следующие вопросы:

ГИС-технологии в проектировании автомобильных дорог;

функциональная структура CAD «Credo» (Минск);

функциональная структура CAD «IndorCAD/Road» (Томск);

методы автоматизированного проектирования плана автомобильных дорог;

методы проектирования оптимального продольного профиля автомобильных дорог;

методы оптимального проектирования земляного полотна;

методы проектирования оптимальных нежестких и жестких дорожных одежд;

математические модели стока талых и ливневых вод с малых водосборов;

проектирование оптимальной системы дорожного поверхностного водоотвода;

математические модели работы водопропускных труб и малых мостов (расчет отверстий);

проектирование оптимальных малых водопропускных сооружений;

математические модели мостовых переходов;

автоматизированное проектирование пересечений и примыканий автомобильных дорог;

методы оценки проектных решений при автоматизированном проектировании автомобильных дорог.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Материалы, излагаемые в справочной энциклопедии инженера-дорожника, существенно обновлены и дополнены по сравнению с изданием справочника инженера-дорожника 1989 года. Авторами Справочной энциклопедии отобраны те новые методы проектирования автомобильных дорог и сооружений на них, которые, по их мнению, являются наиболее целесообразными и полными. Это не исключает возможности использования инженерами-дорожниками и других методов расчета и проектирования, на которые ссылаются авторы.

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ. ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

ГЛАВА 1. КЛАССИФИКАЦИЯ И НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

1.1 Классификация автомобильных дорог

Техническая классификация автомобильных дорог общего пользования (далее - техническая классификация) распространяется на автомобильные дороги общего пользования (далее - автомобильные дороги) при проектировании нового строительства и реконструкции. Это разделение автомобильных дорог по классификационным признакам на классы и категории в целях установления их характеристик, регламентированное Национальным стандартом Российской Федерации ГОСТ Р 52398-2005.

Автомобильные дороги по условиям движения и доступа на них транспортных средств разделяют на три класса: автомагистраль, скоростная дорога и дорога обычного типа (нескоростная дорога).

К классу «автомагистраль» относят автомобильные дороги:

имеющие на всем протяжении многополосную проезжую часть с центральной разделительной полосой;

не имеющие пересечений в одном уровне с автомобильными, железными дорогами, трамвайными путями, велосипедными и пешеходными дорожками:

доступ на которые возможен только через пересечения в разных уровнях, устроенных не чаще чем через 5 км друг от друга.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

К классу «скоростная дорога» относят автомобильные дороги:

имеющие на всем протяжении многополосную проезжую часть с центральной разделительной полосой;

не имеющие пересечений в одном уровне с автомобильными, железными дорогами, трамвайными путями, велосипедными и пешеходными дорожками:

доступ на которые возможен только через пересечения в разных уровнях и примыкания в одном уровне (без пересечения потоков прямого направления), устроенных не чаше чем через 3 км друг от друга.

К классу «дороги обычного типа» относят автомобильные дороги, не отнесенные к классам «автомагистраль» и «скоростная дорога»:

имеющие единую проезжую часть или с центральной разделительной полосой;

доступ на которые возможен через пересечения и примыкания в разных и одном уровне, расположенные для дорог категорий IB, II, III не чаше чем через 600 м, для дорог категории IV не чаше чем через 100 м, категории V- 50 м друг от друга.

Автомобильные дороги по транспортно-эксплуатационным качествам и потребительским свойствам разделяют **на категории** в зависимости от:

количества и ширины полос движения;

наличия центральной разделительной полосы;

типа пересечений с автомобильными, железными дорогами, трамвайными путями, велосипедными и пешеходными дорожками;

условий доступа на дорогу с примыканий в одном уровне.

Автомобильные дороги на всем протяжении или на отдельных участках подразделяют на категории согласно табл. 1.1.

Таблица 1.1.

Техническая классификация автомобильных дорог общего пользования

Класс автомобильной дороги	Категория автомобильной дороги	Общее количество полос движения	Ширина полосы движения, м	Центральная разделительная полоса	Пересечения с автомобильными дорогами, велосипедными	Пересечения с железными дорогами и	Доступ на дорогу с примыкания

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

<table>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>и пешеходными дорожками</td><td>трамвайными путями</td><td>в одном уровне</td></tr>
<tr><td>Автомагистраль</td><td>IA</td><td>4 и более</td><td>3,75</td><td rowspan="2">Обязательна</td><td colspan="2" rowspan="2">В разных уровнях</td><td>Не допускается</td></tr>
<tr><td>Скоростная дорога</td><td>IБ</td><td>4 и более</td><td>3,75</td><td rowspan="6">Допускается без пересечения прямого направления</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Дорога обычного типа (нескоростная дорога)</td><td>IB</td><td>4 и более[1]</td><td>3,75</td><td>Обязательна</td><td rowspan="2">Допускаются пересечения в одном уровне со светофорным регулированием</td><td rowspan="3">В разных уровнях</td></tr>
<tr><td rowspan="2">II</td><td>4</td><td>3,5</td><td>Допускается отсутствие [2]</td></tr>
<tr><td>2 или 3[3]</td><td>3,75</td><td rowspan="3">Не требуется</td><td rowspan="3">Допускаются пересечения в одном уровне [4]</td><td rowspan="4">Допускается</td></tr>
<tr><td>III</td><td>2</td><td>3.5</td><td rowspan="2">Допускаются пересечения в одном уровне</td></tr>
<tr><td>IV</td><td>2</td><td>3,0</td></tr>
<tr><td>V</td><td>1</td><td>4,5 и более</td></tr>
</table>

1. Более шести полос допускается только на существующих автомобильных дорогах.

2. На дороге категории II требование к наличию разделительной полосы определяются проектом организации дорожного движения.

3. Три полосы движения только для существующих автомобильных дорог.

4. Пересечение 4-полосной дороги категории II с аналогичной осуществляется в разных уровнях. Другие варианты пересечения дорог категории II с дорогами категорий II и III могут осуществляться как в разных уровнях, так и в одном (при условии светофорного регулирования, "отнесенных" левых поворотов или пересечения кольцевого типа.)

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Коэффициенты приведения интенсивности движения различных транспортных средств к легковому автомобилю следует принимать по таблице 1.2.

Таблица 1.2.

Коэффициенты приведения к легковому автомобилю

Типы транспортных средств	Коэффициенты приведения
Легковые автомобили	1
Мотоциклы с коляской	0,75
Мотоциклы и мопеды	0,5
Грузовые автомобили грузоподъемностью, т:	
2	1,5
6	2
8	2,5
14	3
свыше 14	3,5
Автопоезда грузоподъемностью, т.	
12	3,5
20	4

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

30	5
свыше 30	6

Примечания: 1. При промежуточных значениях грузоподъемности транспортных средств коэффициенты приведения следует определять интерполяцией.

2. Коэффициенты приведения для автобусов и специальных автомобилей следует принимать как для базовых автомобилей соответствующей грузоподъемности.

3. Коэффициенты приведения для грузовых автомобилей и автопоездов следует увеличивать в 1,2 раза при пересеченной и горной местности.

Автомобильные дороги, соединяющие промышленные или добывающие предприятия, а также строящиеся объекты с дорогами общего пользования, с другими предприятиями или железнодорожными станциями и портами относят к подъездным.

Категорию дороги (при наличии данных) допускается назначать в соответствии с наибольшей перспективной интенсивностью движения или с учетом перспективного периода.

Перспективный период при назначении категории дороги общего пользования (а также при определении ширины полосы отвода, продольного и поперечного профилей) следует принимать равным 20 годам. Подъездные автомобильные дороги следует проектировать на расчетный срок, соответствующий окончанию строительства, и с учетом объема перевозок в период строительства.

За расчетную интенсивность движения следует принимать суточную интенсивность движения в обоих направлениях на последний год перспективного периода, а при наличии данных о часовой интенсивности движения - наибольшую часовую, достигаемую в течение 50 часов в последний год перспективного периода, выраженную в единицах, приведенных к легковому автомобилю.

Данные по интенсивности движения должны включать интенсивность движения для различных дней, периодов и времени суток.

В случаях, когда по расчетной интенсивности требуются не одинаковые категории, в проекте следует принимать более высокую категорию дороги.

Для подъездных дорог расчетную интенсивность определяют по среднемесячной интенсивности наиболее напряженного по перевозке грузов времени года.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

1.2. Нормы проектирования автомобильных дорог

Основными нормативными документами на проектирование автомобильных дорог являются: строительные нормы и правила Российской Федерации СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги; ГОСТ 21.001-93 СПДС Система проектной документации в строительстве. Общие положения; ГОСТ 21.101-97 СПДС. Основные требования к проектной и к рабочей документации, разработанные в рамках системы нормативных документов в строительстве; ГОСТ Р 52398-2005. Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования и ГОСТ Р 52399-2005. Геометрические элементы автомобильных дорог. Указанные нормативные документы распространяются на проектирование вновь строящихся и реконструируемых автомобильных дорог общего пользования и на подъездные дороги; не распространяются - на проектирование временных автомобильных дорог различного назначения (срок службы менее 5 лет); автозимников; в лесозаготовительных, промышленных и сельскохозяйственных предприятиях; в карьерах.

Перечень основных действующих нормативных документов, используемых при проектировании земляного полотна автомобильных дорог, дорожных одежд, водоотвода и искусственных сооружений, а также касающихся проектирования инженерных сооружений в сложных областях строительства, методов испытаний грунтов и материалов, специфики проектирования автомобильных дорог в сложных инженерно-геологических условиях, даны в приложении 1.

Кроме того, в приложении 1 приведены документы, положения которых необходимо соблюдать для восстановления земельных участков, отводимых на период строительства, и для охраны окружающей среды.

В настоящее время существует следующая номенклатура стадий проектирования (и реконструкции) автомобильных дорог, назначаемая в зависимости от полноты информации и требований заказчика;

обоснование инвестиций (ОИ);

технико-экономическое обоснование (ТЭО);

инженерный проект (ИП);

рабочий проект (РП);

проект (П);

рабочая документация (РД).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В условиях рыночной экономики количество стадий проектирования, а значит и состав работ и документация, предопределяются не только категорией дороги, сроками строительства, инженерно-геологическими условиями, проработанностью и полнотой необходимой информации, но и сложностью объекта, объемом и порядком финансирования, техническими возможностями и т.д. Несмотря на указанные обстоятельства, проектирование автомобильных дорог должно вестись в соответствии с перечисленными выше в таблицах нормативными и рекомендательными документами.

Во всех случаях принимаемые в проектах основные технические решения по проложению дороги, по элементам плана, продольного и поперечного профилей, конструкциям дорожных одежд и земляного полотна следует обосновывать разработкой вариантов со сравнением технико-экономических показателей:

стоимости строительства;

затрат на ремонт и содержание;

потерь, связанных с неблагоприятным воздействием на окружающую природную среду, себестоимости перевозок, безопасности движения.

Проект дороги должен содержать весь комплекс конструктивных решений, технологических и организационных мероприятий, обеспечивающих безопасное движение автомобилей со скоростями, предусмотренными СНиП 2.05.02-85 и ГОСТ Р 52399-2005.

1.3. Расчетные скорости, нагрузки и габаритные размеры подвижного состава

Для проектирования элементов плана, продольного и поперечного профилей, а также других элементов дороги необходимо знать расчетную скорость движения автотранспорта.

Под расчетной следует понимать наибольшую возможную скорость движения одиночного автомобиля по условиям устойчивости и безопасности при нормальных условиях погоды и сцепления шин автомобиля с поверхностью проезжей части.

Расчетная скорость (км/час) регламентируется ГОСТ Р 52399-2005 в зависимости от категории и типа дороги (основная расчетная скорость) и в зависимости от сложности участков дороги (допускаемая расчетная скорость).

Основные расчетные и допускаемые скорости движения автомобилей приведены в табл. 1.3.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Таблица 1.3.

Расчетные и допускаемые скорости движения автотранспорта

Категория дороги	Расчетные скорости, км/ч		
	Основные	допускаемые на трудных участках	
		пересеченной	горной
IA, IБ	140	120	80
IB	120	100	60
II	120	100	60
III	100	80	50
IV	80	60	40
V	60	40	30

Примечания: 1. К трудным участкам пересеченной местности относится рельеф, прорезанный часто чередующимися глубокими долинами, с разницей отметок долин и водоразделов более 50 м на расстоянии не свыше 0,5 км, с боковыми глубокими балками и оврагами, с неустойчивыми склонами. К трудным участкам горной местности относятся участки перевалов через горные хребты и участки горных ущелий со сложными сильноизрезанными или неустойчивыми склонами.

2. При наличии вдоль трассы автомобильных дорог капитальных дорогостоящих сооружений и лесных массивов, а также в случаях пересечения дорогами земель, занятых особо ценными сельскохозяйственными культурами и садами, при соответствующем технико-экономическом обосновании допускается принимать расчетные скорости, устанавливаемые табл. 1.3 для трудных участков пересеченной местности.

Расчетные скорости на смежных участках автомобильных дорог не должны отличаться более чем на 20 %.

При разработке проектов реконструкции автомобильных дорог по нормам IБ, IB и II категорий допускается при соответствующем технико-экономическом обосновании сохранять элементы плана, продольного и поперечного профилей на

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

отдельных участках существующих дорог, если они соответствуют расчетной скорости, установленной для дорог И, III категорий; а по нормам III, IV категорий - соответственно на категорию ниже.

При проектировании подъездных автомобильных дорог к промышленным предприятиям по нормам IB и II категорий при наличии в составе движения более 70 % грузовых автомобилей или при протяженности дороги менее 5 км следует принимать расчетные скорости, соответствующие III категории.

Основные расчетные скорости относятся к участкам трассы, на которых геометрические характеристики являются руководящими.

Нагрузку на одиночную наиболее загруженную ось двухосного автомобиля для расчета прочности дорожных одежд, а также для проверки устойчивости земляного полотна следует принимать для дорог:

I-II категорий..... 115 кН (11,5 тс)

III-IV категорий..... 100 кН (10 тс)

V категории..... 60 кН (6 тс).

1.4. Охрана окружающей среды

При изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог и сооружений на них мероприятия по охране окружающей среды нормируются действующими нормативными документами.

В соответствии с законодательством Российской Федерации при размещении, разработке предпроектной и проектной документации, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию предприятий и сооружений следует выполнять требования экологической безопасности и охраны здоровья населения, предусматривать мероприятия по охране природы, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов, оздоровлению окружающей среды. Строительство автомобильных дорог и дорожных сооружений без утвержденного в установленном порядке положительного заключения государственной экологической экспертизы не допускается.

При размещении автомобильной дороги и сооружений на ней определение местоположения трассы осуществляют на основе рассмотрения и сравнения альтернативных вариантов, включая вариант отказа от строительства. Материалы сравнения должны быть достоверны и обоснованы с учетом взаимосвязи различных экологических, экономических и социальных факторов.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

При сравнении вариантов размещения автомобильной дороги следует учитывать возникающее в результате его осуществления перераспределение движения по участкам сети автомобильных дорог, уменьшение экологической нагрузки на звенья сети, на которых снижается интенсивность движения и улучшаются дорожные условия. В первую очередь эти факторы надлежит рассматривать при планировании и проектировании обходов населенных пунктов, улучшения плана и продольного профиля дорог, мероприятий по совершенствованию транспортно-эксплутационного состояния дорог. При сравнении вариантов с различными показателями следует учитывать затраты на строительство автомобильной дороги и сооружений на ней, на последующие работы по содержанию, ремонту и реконструкции дороги, транспортно-эксплуатационные расходы, расходы на осуществление природоохранных мероприятий, компенсацию экологического и иного ущерба и т.д. в течение всего периода сравнения с учетом дисконтирования затрат, а также факторы, не поддающиеся стоимостной оценке.

Трассы вновь проектируемых дорог следует прокладывать с учетом экологической значимости природных объектов по наименее ценным земельным угодьям, предпочтительно по границам ландшафтов, полей севооборотов или хозяйств. По лесным массивам трассы автомобильных дорог рекомендуется прокладывать по возможности с использованием просек и противопожарных разрывов, границ предприятий и лесничеств с учетом категорий и групп лесов. Проложение автомобильных дорог в пределах особо охраняемых природных территорий (государственные заповедники и заказники, национальные и природные парки, зоны, отнесенные к памятникам природы и культуры, территории (акватории) обитания особо охраняемых видов флоры и фауны, и т.п.) допускается только в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации об особо охраняемых природных территориях.

Оценка воздействия строительства автомобильной дороги на окружающую среду (далее ОВОС) и ее государственная экологическая экспертиза, как правило, производится на стадии разработки предпроектной документации. При ОВОС определяются вероятные источники и факторы влияния дороги и сооружений на ней на окружающую среду, возможные воздействия этих источников и факторов влияния, (в первую очередь неблагоприятные), оцениваются экологические последствия этих воздействий, разрабатываются с учетом мнения заинтересованных органов, организаций и общественных групп меры по уменьшению и предотвращению неблагоприятных воздействий на окружающую природную среду и связанных с ними социальных, экономических и иных последствий реализации проекта.

При ОВОС, как правило, в первую очередь следует рассматривать воздействия следующих источников и факторов влияния на окружающую среду, связанных со строительством и эксплуатацией автомобильной дороги и сооружений на них:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

воздействие автомобильного транспорта, в том числе загрязнение воздушной среды продуктами сгорания топлива при движении транспортных средств, загрязнение почв, в том числе соединениями тяжелых металлов, шумовое воздействие от движущегося автотранспорта, загрязнение придорожной полосы бытовым мусором, воздействие на растительность и животный мир движущегося автотранспорта, влияние движения автомобильного транспорта на условия и качество жизни населения, проживающего в придорожной полосе, изменение количества и тяжести дорожно-транспортных происшествий, вибрации зданий и сооружений;

воздействие автомобильной дороги как инженерного сооружения, в том числе расчленение в результате строительства или реконструкции дороги ценных ландшафтов, лесных и сельскохозяйственных угодий, отрицательное влияние на места массового обитания и размножения диких животных, птиц, обитателей водной среды, на сложившиеся пути миграции животных, воздействие на водоохранные, рекреационные и селитебные зоны, природные феномены, переформирование рельефа, возникновение оползней, осыпей, сплывов, других видов подвижек земляных масс вследствие их подрезки в процессе строительных работ, изменение условий поверхностного водного стока, эрозия земель вследствие концентрации водных потоков искусственными сооружениями, кюветами и канавами, изменение условий протекания и уровня грунтовых вод, осушение, обводнение и переувлажнение почв, изменение гидрологического режима болот, приводящих к негативному влиянию на экосистемы, изменение термического режима вечной мерзлоты, изменение условий землепользования, изъятие и возврат в хозяйственный оборот земель, а также плодородного слоя почвы, необходимость сноса зданий и сооружений, переселения людей, связанного со строительством автомобильной дороги, возможное нарушение памятников природы, истории и культуры, включая археологические памятники;

воздействие автомобильной дороги, как элемента инфраструктуры, в том числе нарушение путей сообщения местного населения, изменение условий их связи с культурными и административными центрами, увеличение времени на дорогу к местам работы и отдыха, ухудшение условий движения для сельскохозяйственной техники, гужевого транспорта, пешеходов, велосипедистов, прогона скота, условий развития экономики в районе тяготения дороги, конкурентоспособности местной продукции, изменение занятости населения, нарушение среды проживания малых народов, изменение условий медицинского обслуживания;

технологические воздействия в период строительства автомобильной дороги, в том числе загрязнение воздушной среды, почв, водной среды продуктами сгорания топлива и производственным шумом при движении дорожных машин и работе асфальтобетонных, цементобетонных заводов и других притрассовых дорожно-строительных предприятий, загрязнение территорий вблизи временных баз строительных организаций мусором, бытовыми отходами, усиление наносов и заиливание русел водотоков, изменение водного режима в результате размывов в

местах строительства, неукрепленного земляного полотна, а также при строительстве мостовых сооружений;

технологические воздействия при содержании автомобильной дороги, в том числе загрязнение воздушной среды, почв, вод при работе дорожно-эксплуатационной техники, предприятий дорожно-эксплуатационной службы и хранения материалов, используемых при содержании автомобильных дорог и дорожных сооружений, загрязнение почв и вод противогололедными материалами и при ликвидации нежелательной растительности.

Комплекс технических решений по предупреждению и снижению негативного влияния автомобильной дороги и дорожных сооружений на окружающую среду, предложений по рациональному использованию природных ресурсов в строительстве, сопоставление решений, принятых в утвержденном ОВОС, с техническими решениями и мероприятиями, принятыми в проектной документации, в составе проектной документации должен разрабатываться раздел "Охрана окружающей среды" (далее ООС).

При наличии в зоне строительства охраняемых памятников истории и культуры (старинные постройки, захоронения, археологические объекты, объекты особого отношения местного населения и т.п.), а также уникальных природных феноменов (особые геологические формы, водные источники, ценные экземпляры деревьев и т.п.), в проектах следует рассматривать необходимость осуществления специальных инженерных решений по защите указанных объектов.

Проектные решения автомобильной дороги, дорожных сооружений и зданий, входящих в дорожный комплекс, должны обеспечивать сочетание их внешнего оформления с окружающей природной средой. Необходимо избегать нарушения эстетической цельности ландшафта, внедрения в естественный ландшафт чужеродных по форме элементов, таких как изменение естественных форм рельефа, резкие цветовые решения и т.п., разрушения визуально привлекательных природных комплексов и живописных элементов, обозреваемых как с самой дороги, так и вне ее, при необходимости применять декоративное озеленение.

Если в проекте предусматривается строительство высоких насыпей или глубоких выемок, при необходимости следует рассматривать варианты устройства и отделки пологих откосов, допускающих их передачу для использования в хозяйственной деятельности.

В случае строительства автомобильных дорог, предназначенных для обслуживания транзитного движения, в рекреационных местах, вблизи расположения курортов, домов отдыха, пансионатов, пионерских лагерей и других учреждений лечения и отдыха в пределах установленных вокруг них санитарных зон, в проектах должно предусматриваться осуществление защитных мероприятий. Автомобильные дороги, предназначенные только для местного движения и

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

обслуживания вышеуказанных объектов, следует прокладывать с наименьшим воздействием на окружающую среду и ущербом для функционального назначения этих объектов.

Вновь проектируемые дороги I-III категорий следует, как правило, прокладывать в обход населенных пунктов с устройством подъездов к ним. При строительстве обходов населенных пунктов их трассы следует прокладывать по возможности с подветренной стороны, ориентируясь на преобладающее направление ветра в особо неблагоприятное по загрязнению воздушной среды время года. В целях обеспечения дальнейшей реконструкции дорог расстояние от бровки земляного полотна до линии застройки населенных пунктов следует принимать в соответствии с их генеральными планами.

В отдельных случаях, когда по технико-экономическим расчетам установлена целесообразность проложения дорог I-III категорий через населенные пункты, их следует проектировать в соответствии с требованиями СНиП 2.07.01-89* и санитарных норм.

В целях исключения или уменьшения ширины полосы недопустимого по действующим нормативным актам влияния строящейся автомобильной дороги и сооружений на них на окружающую среду следует принимать технические решения, обеспечивающие соответствующий режим движения автомобилей, а при необходимости предусматривать строительство защитных сооружений, таких как экраны, ограждения, валы, древесно-кустарниковые насаждения или специальные конструкции земляного полотна, обеспечивающие уменьшение распространения загрязнений, а также дорожные покрытия, обеспечивающие пониженный уровень шума при движении автомобилей. Проектирование природоохранных защитных сооружений осуществляется на основе .прогнозирования распространения транспортных воздействий при неблагоприятном сочетании влияющих факторов (погодные условия, изменение интенсивности движения на 10-летнюю перспективу и т.д.).

При пересечении трассой дороги сложившихся путей миграции животных следует предусматривать на дорогах I-III категорий строительство специальных сооружений (ограждения, переходы и пропускные сооружения, скотопрогоны и т.п.). Конструкцию, число переходов и пропускных сооружений необходимо принимать на основании данных о путях миграции в зависимости от количества, видовых морфометрических и поведенческих особенностей мигрирующих животных. На дорогах иных категорий допускается применение организационных мероприятий по ограничению режима, скорости и времени движения дорожными знаками и иными средствами регулирования движения.

При определении мест переходов автодорог через водотоки, выборе конструкций и отверстий искусственных сооружений следует учитывать необходимость обхода мест нагула и нерестилищ рыб, назначения сроков

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

проведения строительных работ с учетом периода массового нереста и выклева рыб, недопущение нарушения гидрологического режима рек, изменения береговой линии, сечения водотоков, активизации русловых процессов.

При строительстве или реконструкции дорог на территориях рыбохозяйственных водоемов по согласованию и техническим условиям, полученным в установленном законом порядке, в проектах необходимо предусматривать мероприятия по сохранению рыбных запасов.

На площадях земель, нарушаемых при строительстве автомобильных дорог, плодородный слой почвы следует снимать и складировать в штабеля в отведенных проектом местах. Глубину снятия плодородного слоя назначают в проекте по данным изысканий и технических условий владельцев и пользователей земельных участков. Плодородный почвенный грунт используется для укрепления земляного полотна и дорожных сооружений, а также при рекультивации нарушенных при строительстве земель. Излишний объем плодородного почвенного грунта используется для повышения плодородия малопродуктивных угодий. Не следует снимать плодородный слой почвы с вечномерзлых грунтов и в иных местах, где его снятие может привести к нарушению устойчивости. К плодородному слою почвы относятся гумуссированные грунты состава от глинистого до супесчаного, удовлетворяющие по физическому и химическому составу требованиям ГОСТ 17.5.1.03.

Все земельные участки, отведенные во временное пользование для нужд строительства дороги, по окончании строительства должны быть приведены в состояние, пригодное для дальнейшего использования с учетом технических условий владельцев и пользователей земель. Неиспользуемые после окончания реконструкции участки существующих дорог должны быть приведены в состояние, пригодное для дальнейшего использования.

Если при строительстве автомобильной дороги образуется излишний или иной грунт, который не может быть использован для нужд строительства, его следует использовать для засыпки верхней части оврагов, эрозионных промоин, свалок и других неудобных земель с последующим уплотнением и планировкой поверхности. В проекте должны быть предусмотрены мероприятия по предотвращению размыва уложенного грунта.

При проложении трасс дорог по высокопродуктивным пахотным, орошаемым, осушаемым или иным ценным угодьям в целях сокращения площадей отвода земель земляное полотно следует, как правило, проектировать без устройства кювет-резервов и кавальеров.

При назначении конструктивных решений земляного полотна, водоотводных и водопропускных сооружений следует обеспечивать защиту угодий от размыва и заиления, заболачивания, нарушения растительного и дернового покрова,

нарушения гидрологического режима водотоков и природного уровня грунтовых вод. Не допускается подтопление угодий поверхностными водами и заболачивание примыкающих к дороге земель, образование бессточных площадей в результате строительства дорожных сооружений. При высоте насыпи, соответствующей второму типу местности по характеру увлажнения, поперечные сечения и продольные уклоны канав допускается принимать по нормам, предусмотренным для осушительных сетей СНиП 2.06.03-85. Отвод стока за пределами водоохранной зоны допускается осуществлять на рельеф.

Отверстия труб и других водоотводных сооружений должны обеспечивать пропуск летних паводков с подтоплением сельскохозяйственных угодий на сроки, не превышающие установленные СНиП 2.06.03-85.

Во избежание эрозии земель вследствие концентрации водных потоков следует предусматривать укрепление русел и выходов из водоотводных сооружений. В местах повышенной эрозионной опасности не рекомендуется сведение стока с разных бассейнов в одно водопропускное сооружение, сброс сосредоточенных водных потоков из канав и кюветов на склоны, имеющие значительные уклоны. Водоприемниками для сбросов, предусмотренных настоящим пунктом, как правило, должны служить существующие водотоки, балки, лога, водохранилища.

При проектировании автодорог в зоне проведения мелиоративных работ следует предусматривать увязку строительных решений с проектами мелиорации. При строительстве дорог на заболоченных или обводненных землях изменение их режима вследствие сооружения автомобильной дороги допускается только в увязке с проектами мелиорации соответствующих территорий. Изменение уровня грунтовых вод в лесах, водоемах, сельскохозяйственных и водно-болотных угодьях не допускается. Для предотвращения изменения уровня грунтовых вод, осушения и переувлажнения почв следует рассматривать варианты отказа от устройства выемок при близком залегании грунтовых вод, проектирования насыпей, исходя из условия недопущения прерывания водоносных горизонтов.

При проектировании насыпей через болота с поперечным по отношению к трассе дороги движением воды в водонасыщенном горизонте в проекте необходимо предусматривать мероприятия, исключающие изменение режима болота путем отсыпки насыпи или ее нижней части из дренирующих материалов, устройство вдоль земляного полотна продольных канав и, если это необходимо, искусственных сооружений и т.д.

На дорогах в пределах водоохранных зон следует предусматривать организованный сбор воды с поверхности проезжей части с последующей ее очисткой или отводом в места, исключающие загрязнение источников водоснабжения. Качество сбросов в водоемы должно удовлетворять установленным требованиям.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

При проложении дорог через населенные пункты следует предусматривать покрытия дорожных одежд и тип укрепления обочин, исключающие пылеобразование. На остальных участках дорог с переходными и низшими покрытиями следует предусматривать обработку покрытий обеспыливающими веществами, а при необходимости проводить защитные мероприятия, ограничивающие ширину запыленной зоны.

Для предотвращения загрязнения полосы отвода автомобильных дорог бытовым мусором при необходимости следует предусматривать площадки, оборудованные контейнерами для мусора. Места установки контейнеров для мусора, как правило, должны совмещаться с предприятиями дорожного сервиса.

При проложении трассы в хвойных лесах на сухих почвах по согласованию с органами лесного хозяйства следует предусматривать за границами полосы отвода противопожарные минерализованные полосы. Ширина этих полос принимается по правилам и нормам пожарной безопасности в лесах Российской Федерации.

Выбор материалов для строительства, ремонта и содержания дороги должен осуществляться с учетом прямого и косвенного влияния на экологическую обстановку как в период строительства, так и эксплуатации дороги. Состав и свойства применяемых материалов должны соответствовать действующим государственным стандартам, техническим условиям и нормам.

Применение отходов промышленного производства следует осуществлять с учетом их возможной токсичности и радиоактивности. Применение органических, водорастворимых, химически активных производственных и бытовых отходов допускается по согласованию с органами государственного санитарного надзора Российской Федерации в конструкциях, исключающих вынос их стоками или фильтрующими водами.

Производственные базы, здания и сооружения дорожно-эксплутационной службы и дорожного сервиса, временные базы строительных организаций, как правило, следует размещать с подветренной стороны (для ветров преобладающего направления) по отношению к селитебным территориям. Местоположение и условия размещения постоянных и временных предприятий по производству дорожно-строительных материалов следует принимать по согласованиям с компетентными органами субъектов Российской Федерации в установленном законом порядке.

Территории временных баз строительных организаций должны иметь спланированную поверхность, ограждены, иметь специально оборудованные площадки для заправки техники, сбора и уничтожения отходов и мусора, туалеты, системы для сбора и очистки вод.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Размещение производственных баз, зданий и сооружений дорожно-эксплутационной службы, временных баз строительных организаций в прибрежных полосах допускается только при необходимости непосредственного примыкания площадки предприятия к водоемам по согласованию с органами по регулированию использования и охране вод в соответствии с законодательством. Число и протяженность примыканий площадок предприятий к водоемам должно быть минимальным.

Производственные базы, здания и сооружения дорожно-эксплутационной службы, временные базы строительных организаций, требующие устройства грузовых причалов, пристаней или других портовых сооружений, следует размещать по течению реки ниже селитебной территории на расстоянии не менее 200 м.

Во избежание нарушения путей сообщения местного населения, увеличения времени на дорогу к местам работы, отдыха и пунктам медицинского обслуживания, расчленения сельскохозяйственных угодий, ухудшения условий движения для сельскохозяйственной техники, гужевого транспорта, велосипедистов, пешеходов, прогона скота в проекте следует предусматривать устройство подъездов к населенным пунктам, пешеходных и велосипедных дорожек, а также сооружений для связи разобщенных территорий. При проложении новых дорог I-II категорий следует рассматривать варианты отказа от совмещения их с местными дорогами попутного движения.

Приложение 1. Список рекомендуемых нормативно-технических документов

1.1. Общие стандарты

1. Дорожная терминология. Справочник под ред. М.И. Вейцмана, 1985.

2. СН 528-80. Перечень единиц физических величин, подлежащих применению в строительстве.

3. ГОСТ Р 1.0-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения.

4. ГОСТ Р 1.5-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, формирования и обозначения.

5. ГОСТ Р 1.4-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

6. ГОСТ Р 21.1207-97 СПДС. Условные графические обозначения на чертежах автомобильных дорог.

7. ГОСТ Р 21.1701-97 СПДС. Правила выполнения рабочей документации автомобильных дорог.

8. ГОСТ 7.32-2001. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

9. ОСТ 218.0.001-2002. Система отраслевых нормативных и методических документов дорожного хозяйства. Основные положения. Минтранс России, Росавтодор.

10. СНиП II-7-81*. Строительство в сейсмических районах.

11. СНиП 23-01-99. Строительная климатология.

12. СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия.

13. СП 11-101-95. Порядок разработки, согласования, утверждения и состав обоснований инвестиций в строительство предприятий, зданий и сооружений. Минстрой России.

1.2. Грунты, земляное полотно, торф

1. ВСН 55-69. Инструкция по определению требуемой плотности и контролю за уплотнением земляного полотна автомобильных дорог. Минтрансстрой СССР.

2. ВСН 22-75. Временные технические указания по контролю влажности и плотности грунтов земляного полотна радиоизотопными методами.

3. Руководство по сооружению земляного полотна автомобильных дорог. Минтрансстрой СССР, 1982.

4. ГОСТ 10834-76. Жидкость гидрофобизирующая 136-41.

5. ГОСТ 23061-90. Грунты. Методы радиоизотопных измерений плотности и влажности.

6. ГОСТ 23161-78. Грунты. Метод лабораторного определения характеристик просадочности.

7. ГОСТ 23253-78. Грунты. Методы полевых испытаний мерзлых грунтов.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

8. ГОСТ 23740-79. Грунты. Методы лабораторного определения содержания органических веществ.

9. ГОСТ 23741-79. Грунты. Методы полевых испытаний на срез в горных выработках.

10. ГОСТ 23908-79. Грунты. Метод лабораторного определения сжимаемости.

11. ГОСТ 12536-79. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.

12. ГОСТ 24143-80. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик набухания и усадки.

13. ГОСТ 24181-80. Грунты. Нейтронный метод измерения влажности.

14. ГОСТ 21719-80. Грунты. Метод полевого испытания вращательным срезом.

15. ГОСТ 24586-81. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости мерзлых грунтов.

16. ГОСТ 24846-81. Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений.

17. ГОСТ 24847-81. Грунты. Методы определения глубины сезонного промерзания.

18. ГОСТ 25358-82. Грунты. Метод полевого определения температуры.

19. ГОСТ 25638-83. Грунты. Метод лабораторного испытания мерзлых грунтов на одноосное сжатие.

20. ГОСТ 26262-84. Грунты. Методы полевого определения глубины сезонного оттаивания.

21. ГОСТ 26263-84. Грунты. Метод лабораторного определения теплопроводности мерзлых грунтов.

22. ГОСТ 5180-84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.

23. ГОСТ 26518-85. Грунты. Метод лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости при трехосном сжатии.

24. ГОСТ 26447-85. Породы горные. Метод определения механических свойств глинистых пород при одноосном сжатии.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

25. ГОСТ 25584-90. Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации. Изменение № 1 от 01.07. 94 г.

26. ГОСТ 28622-90. Грунты. Метод лабораторного определения степени пучинистости.

27. ГОСТ 28514-90. Строительная геотехника. Определение плотности грунтов методом замещения объема.

28. ГОСТ 8735-93. Песок для строительных работ. Методы испытаний.

29. ГОСТ 8736-93. Песок для строительных работ. Технические условия.

30. ГОСТ 5686-94. Грунты. Методы полевых испытаний сваями.

31. ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация.

32. ГОСТ 30416-96. Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения.

33. ГОСТ 12248-96. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.

34. ГОСТ 20522-96. Грунты. Метод статистической обработки результатов испытаний.

35. ГОСТ 20276-99. Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости.

36. ГОСТ 30672-99. Грунты. Полевые испытания. Общие положения.

37. ГОСТ 12071-2000. Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов.

38. ГОСТ 19912-2001. Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием.

39. ГОСТ 22733-2002. Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности.

40. ГОСТ 10650-72. Торф. Метод определения степени разложения.

41. ГОСТ 5396-77. Торф. Методы отбора проб.

42. ГОСТ 24160-80. Торф. Методы определения влагоёмкости.

43. ГОСТ 24701-81. Торф. Метод определения плотности.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

44. ГОСТ 11306-83. Торф. Методы определения зольности.

45. ГОСТ 17644-83. Торф. Методы отбора проб из залежи и обработка их для лабораторных испытаний.

1.3. Асфальтобетонные смеси, битум

1. ВСН 113-65. Технические указания по производству активированных минеральных порошков и применению их в асфальтовом бетоне. Оргтрансстрой.

2. Руководство по применению поверхностно-активных веществ при устройстве асфальтобетонных покрытий (взамен ВСН 59-68). Минтранс России, 2003.

3. ВСН 93-73. Инструкция по строительству дорожных асфальтобетонных покрытий.

4. ГОСТ 13302-77. Кислоты нефтяные. Технические условия.

5. ТУ 218 РСФСР 36.639-91. Смеси асфальтобетонные дорожные на основе продуктов дробления доломитизированных известняков карьеров «Сок» и «Яблоневый овраг».

6. ГОСТ 23558-94. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия.

7. ГОСТ 9128-97. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия.

8. ГОСТ 30491-97. Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия.

9. ВСН 60-97. Инструкция по устройству и ремонту дорожных покрытий с применением литого асфальта. Управление развития генплана г. Москвы.

1.3. Бетон, железобетон. Бетонные смеси, щебень, гравий, песок, цемент, шлаки, шламы и другие материалы

1. ГОСТ 12730.1-78. Бетоны. Методы определения плотности.

2. ГОСТ 19804.4-78. Сваи забивные железобетонные квадратного сечения без поперечного армирования ствола. Конструкция и размеры.

3. ГОСТ 24316-80. Бетоны. Метод определения тепловыделения при твердении.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

4. ГОСТ 24452-80. Бетоны. Методы определения призменной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона.

5. ГОСТ 24544-81. Бетоны. Методы определения деформаций усадки и ползучести.

6. ГОСТ 24545-81. Бетоны. Методы испытаний на выносливость.

7. ГОСТ 10181-2000. Смеси бетонные. Методы испытаний.

8. ГОСТ 13087-81. Бетоны. Методы определения истираемости.

9. ГОСТ 25192-82. Бетоны. Классификация и общие технические требования.

10. ГОСТ 12730.5-84. Бетоны. Методы определения водонепроницаемости.

11. ГОСТ 18105-86. Бетоны. Правила контроля прочности.

12. ГОСТ 17624-87. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности.

13. ГОСТ 22690-88. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля.

14. ГОСТ 10180-90 (СТ СЭВ 3978-83). Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.

15. ГОСТ 26633-91. Бетоны тяжелые и мелкозернистые.

16. ГОСТ 17608-91. Плиты бетонные тротуарные. Технические условия.

17. ГОСТ 19804-91. Сваи железобетонные. Технические условия.

18. ГОСТ 10060.3-95. Бетоны. Дилатометрический метод ускоренного определения морозостойкости.

19. ГОСТ 10060.4-95. Бетоны. Структурно-механический метод ускоренного определения морозостойкости.

21. ГОСТ 10060.0-95. Бетоны. Методы определения морозостойкости. Общие требования.

22. ГОСТ 51263-99. Полистиролбетон. Технические условия.

23. СНиП 3.09.01-85. Производство сборных железобетонных конструкций и изделий.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

24. ВСН 139-80. Инструкция по строительству цементобетонных покрытий автомобильных дорог. Минтрансстрой СССР.

25. ВСН 32-89. Инструкция по определению грузоподъемности железобетонных балочных пролетных строений эксплуатируемых мостов.

26. ВСН 150-93. Указания по повышению морозостойкости бетона транспортных сооружений. Корпорация «Трансстрой».

27. ВСН 56-97. Проектирование и основные положения технологий производства фибробетонных конструкций. Научно-техническое управление Департамента строительства.

28. ГЭСН 81-02-37-2001. Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений. Книга 1. Разделы 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07. Книга 2. Разделы 02, 03, 04.

29. ГОСТ 3344-83. Щебень и песок шлаковые для дорожного строительства. Технические условия.

30. ГОСТ 8269.0-97. Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний.

31. Методические рекомендации по ремонту цементобетонных покрытий автомобильных дорог. Минтранс России, Росавтодор, 2003.

1.5. Автомобильные, железные дороги, аэродромы, земляное полотно дорог, мосты и трубы, укрепительные работы (изыскания, проектирование, строительство)

1. СНиП 2.05.02-85*. Автомобильные дороги.

2. СНиП 3.06.03-85*. Автомобильные дороги. Правила производства и приемки работ.

3. СНиП 12-01-2004. Организация строительства.

4. СНиП 2.05.03-84*. Мосты и трубы.

5. СНиП 3.06.07-86. Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний.

6. СНиП 3.06.04-91. Мосты и трубы.

7. СНиП 2.05.07-91*. Промышленный транспорт.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

8. СНиП 32-03-96. Аэродромы.

9. ГОСТ Р 52398-2005. Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования.

10. ГОСТ Р 52399-2005. Геометрические элементы автомобильных дорог.

11. ГОСТ 21.511-83. Автомобильные дороги. Земляное полотно и дорожная одежда. Система проектной документации для строительства. Рабочие чертежи.

12. ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия.

13. СП 32-101-95. Проектирование и устройство фундаментов опор мостов в районах распространения вечномерзлых грунтов. Корпорация «Трансстрой».

14. СП 32-102-95. Сооружения мостовых переходов и подтопляемых насыпей. Методы расчета местных размывов. Корпорация «Трансстрой».

15. СП 32-104-98. Проектирование земляного полотна железных дорог колеи 1520 мм. ЦНИИС.

16. СН 449-72. Указания по проектированию земляного полотна железных и автомобильных дорог. (Заменены на СНиП 2.05.02-85 в части норм проектирования земляного полотна автомобильных дорог).

17. СН 121-73. Указания по производству и приемке аэродромно-строительных работ. Госстрой СССР.

18. ВСН 120-65. Технические указания по строительству автомобильных дорог в зимних условиях. Минтрансстрой СССР.

19. ВСН 2-65. Указания по определению допускаемых (неразмывающих) скоростей водного потока для различных грунтов и облицовок.

20. ВСН 40-68. Временная инструкция по устройству и содержанию ледовых переправ. Минавтошосдор РСФСР.

21. ВСН 38-60. Технические указания по производству аэронивелирования на изысканиях железных и автомобильных дорог. ЦНИИС.

22. ВСН 84-89. Изыскание, проектирование и строительство автомобильных дорог в районах распространения вечной мерзлоты. Минтрансстрой СССР.

23. ВСН 84-75. Инструкция по изысканию, проектированию и строительству автомобильных дорог в районах вечной мерзлоты. Минтрансстрой СССР.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

24. ВСН 84-75. Инструкция по изысканию, проектированию и строительству автомобильных дорог в районах вечной мерзлоты. Дополнение № 1. Омский филиал Союздорнии, Союздорнии, Минтрансстрой СССР.

25. ВСН 184-75. Технические указания по устройству оснований дорожных одежд из каменных материалов, не укрепленных и укрепленных неорганическими вяжущими.

26. ВСН 123-77. Инструкция по устройству покрытий и оснований из щебеночных, гравийных и песчаных материалов, обработанных органическими вяжущими. Минтрансстрой СССР.

27. ВСН 176-78. Инструкция по проектированию и постройке металлических гофрированных водопропускных труб. Минтрансстрой СССР, 1979.

28. ВСН 2-105-78. Инструкция по строительству временных дорог для трубопроводного строительства в сложных условиях (на обводненной и заболоченной местности). Миннефтегазстрой СССР.

29. ОДН 218.3.039-2003. Укрепление обочин автомобильных дорог (взамен ВСН 39-79). Минтранс России, Росавтодор.

30. ВСН 192-79. Инструкция по оценке качества строительно-монтажных работ в дорожном строительстве.

31. ВСН 4-81. Инструкция по проведению осмотров мостов и труб на автомобильных дорогах.

32. ВСН 2-134-81. Инструкция по проектированию и строительству автомобильных дорог для обустройства нефтяных и газовых месторождений на севере Тюменской области.

33. ВСН-ВС-82. Инструкция по проектированию и строительству автомобильных дорог во вновь осваиваемых территориально-производственных комплексах Восточной Сибири. Минэнерго СССР.

34. ВСН 46-83. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа. Минтрансстрой СССР.

35. Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд (взамен ВСН 197-91). Минтранс России, Росавтодор, 2004.

36. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд. Государственная служба дорожного хозяйства Минтранса России.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

37. ОДН 218.1.052-2002. Оценка прочности нежестких дорожных одежд (взамен ВСН 52-89). Минтранс России, Росавтодор.

38. ВСН 18-84. Указания по архитектурно-ландшафтному проектированию автомобильных дорог. Минавтодор РСФСР.

39. ВСН 30-84. Инструкция по применению фотограмметрических методов при ландшафтном проектировании автомобильных дорог. Минавтодор РСФСР.

40. ВСН 37-84. Инструкция по организации движения и ограждению мест производства дорожных работ. Минавтодор РСФСР.

41. ВСН 200-85. Проектирование и сооружение земляного полотна ж/д линий Ягельная - Ямбург. ЦНИИС.

42. ВСН 165-85. Устройство свайных фундаментов мостов (из буровых свай). Минтрансстрой СССР.

43. ВСН 84-89. Изыскание, проектирование и строительство автомобильных дорог в районах распространения вечной мерзлоты. Минтрансстрой СССР.

44. ВСН 203-85. Специальные нормы и технические условия на проектирование и строительство железных дорог на полуострове Ямал. Минтрансстрой СССР.

45. ОДМ. Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог (взамен ВСН 49-86 с 01.08.2003). Минтранс России, Росавтодор.

46. ВСН 206-87. Параметры ветровых волн, воздействующих на откосы транспортных сооружений на реках. Минтрансстрой СССР.

47. ВСН 51-88. Инструкция по уширению автодорожных мостов и путепроводов. Минавтодор РСФСР.

48. ВСН 204-88. Специальные нормы и технические условия на проектирование и строительство автомобильных дорог на полуострове Ямал. Минтрансстрой СССР.

49. ВСН 19-89. Правила приемки работ при строительстве и ремонте автомобильных дорог. Минтрансстрой СССР.

50. Временные технические условия на изыскания, проектирование и сооружение железных дорог в условиях вечной мерзлоты. Ленинградский институт инженеров транспорта, 1939.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

51. ВСН 61-61. Технические указания по изысканиям, проектированию и постройке железных дорог в районах вечной мерзлоты. Минтрансстрой СССР.

52. ВСН 61-89 (взамен ВСН 61-61). Изыскания, проектирование и строительство железных дорог в районах вечной мерзлоты. Минтрансстрой СССР.

53. ВСН 203-89. Нормы и технические условия на проектирование и строительство железных дорог на полуострове Ямал. Минтрансстрой СССР.

54. ВСН 137-89. Инструкция по проектированию, строительству и содержанию зимних автомобильных дорог в условиях Сибири и Северо-Востока СССР. Минтрансстрой СССР.

55. ВСН 26-90. Инструкция по проектированию и строительству автомобильных дорог нефтяных и газовых промыслов Западной Сибири. Минтрансстрой СССР.

56. ВСН 38-90. Технические указания по устройству дорожных покрытий с шероховатой поверхностью. Минтрансстрой СССР.

57. ВСН 178-91. Нормы проектирования и производства буровзрывных работ при сооружении земляного полотна. Минтрансстрой СССР.

58. ВСН 182-91. Технические указания по изысканиям, проектированию и разработке притрассовых карьеров для автодорожного строительства. Минтрансстрой СССР.

59. ВСН 210-91. Нормы проектирования, строительства и эксплуатации противоналедных сооружений и устройств. Минтрансстрой СССР.

60. Указания по борьбе с наледями на автомобильных дорогах. Минтрансстрой СССР.

61. ВСН 214-93. Нормы проектирования и производства гидромеханизированных работ в транспортном строительстве. Минтрансстрой СССР.

62. ВСН 449-00. Инструкция по проектированию земляного полотна железных дорог. Минтрансстрой СССР.

63. Методические рекомендации по конструированию, строительству и содержанию временных автомобильных дорог в условиях строительства БАМ. Союздорнии, Минтрансстрой СССР, 1975.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

64. Методические рекомендации по применению радиоизотопных плотномеров для контроля уплотнения грунтов при строительстве автомобильных дорог. Союздорнии, Минтрансстрой СССР, 1977.

65. Методические рекомендации по конструкциям и технологии сооружения земляного полотна при прохождении обводненных болот, озер и грядово-озерковых болотных комплексов в условиях севера Западной Сибири. Союздорнии, Минтрансстрой СССР, 1978.

66. ВСН 32-81. Инструкция по устройству гидроизоляции конструкций мостов и труб на железных, автомобильных и городских дорогах. Минтрансстрой СССР.

67. ОДН 218.012-99. Общие технические требования к ограждающим устройствам на мостовых сооружениях, расположенных на магистральных автомобильных дорогах. Минтранс России, Росавтодор.

68. Методические рекомендации по конструкциям и технологии сооружения земляного полотна автомобильных дорог в заболоченных районах с островным распространением вечномерзлых грунтов Западной Сибири. Союздорнии, Минтрансстрой СССР, 1984.

69. Порядок разработки, согласования и утверждения проектной документации для дорожных работ, финансируемых из федерального дорожного фонда. Ассоциация дорожных проектно-изыскательских организаций «РОДОС» Федеральной дорожной службы России Минтранса России, 1999.

70. МДС 12-1.98 (на базе стандартов ИСО 9000). Рекомендации по созданию систем качества в строительно-монтажных организациях. Центр по Международным системам качества.

71. Р 439-81. Рекомендации по конструкции и технологии сооружения ледяных переправ, усиленных намораживанием с помощью двухфазных термосифонов. ВНИИСТ.

72. Руководство по строительству оснований и покрытий автомобильных дорог из щебеночных и гравийных материалов. Союздорнии, Минтрансстрой СССР, 1999.

73. ОДМ. Методические рекомендации по применению металлических гофрированных труб. Минтранс России, Росавтодор, 2002.

1.6. Основания и фундаменты

1. Технические рекомендации на изыскания, проектирование, строительство и эксплуатацию зданий и сооружений в Воркутинском районе, 1962.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

2. Руководство по устройству свайных фундаментов в вечномерзлых грунтах с предварительным охлаждением оснований, 1979.

3. СНиП 2.02.01-83*. Основания зданий и сооружений.

4. СНиП 3.02.01-87. Земляные сооружения, основания и фундаменты.

5. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции.

6. СНиП 2.02.04-88. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах.

1.7. Изыскания автомобильных, железных дорог, аэродромов

1. РСН 31-69. Указания по производству инженерно-геологических изысканий в районах распространения вечномерзлых грунтов. Центральный трест инженерно-строительных изысканий.

2. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Общие положения.

3. СП 11-102-97. Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. Инженерно-

экологические изыскания для строительства.

4. СП 11-103-97. Свод правил по инженерным изысканиям для строительства.

5. СП 11-104-97. Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. Инженерно-геодезические изыскания для строительства.

6. СП 11-105-97. Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ.

7. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов.

8. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть III. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов.

9. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть IV. Правила производства работ в районах распространения многолетнемерзлых грунтов.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

10. СП 11-109-98. Изыскания грунтовых строительных материалов.

1.8. Эксплуатация автомобильных дорог

1. ОДМ. Руководство по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах. Минтранс России, Росавтодор, 2003.

2. ВСН 24-88. Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог. Минавтодор РСФСР.

3. ВСН 7-89. Указания по строительству, ремонту и содержанию гравийных покрытий. Минавтодор РСФСР.

4. ВСН 33-87. Указания по производству изысканий и проектированию лесонасаждений вдоль автомобильных дорог. Минавтодор РСФСР.

5. ВСН 50-87. Инструкция по ремонту, содержанию и эксплуатации паромных переправ и наплавных мостов. Минтрансстрой СССР.

6. ОДН 218.012-99. Общие технические требования к ограждающим устройствам на мостовых сооружениях, расположенных на магистральных автомобильных дорогах. Федеральная дорожная служба России, 1999.

7. ОДН 218.010-98. Инструкция по проектированию, строительству и эксплуатации ледовых переправ. Минтранс России, Росавтодор, 1998.

8. ОДМ. Методические рекомендации по разработке проекта содержания автомобильных дорог. Минтранс России, Росавтодор, 2003.

9. СНиП 2.07.01-89*. Градостроительство. Планировка в застройках городских и сельских поселений.

10. ОСТ 218.1.002-03. Автобусные остановки на автомобильных дорогах. Общие технические требования. Минтранс России, Росавтодор.

11. СН 467-74. Нормы отвода земель для автомобильных дорог.

1.9. Геотекстиль

1. ГОСТ 15902.2-79. Полотна текстильные нетканые. Методы определения структурных характеристик.

2. ГОСТ 15902.3-79. Полотна текстильные нетканые. Методы определения прочности.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

3. ГОСТ 11358-89. Полотна текстильные нетканые. Правила приемки и методы отбора образцов.

1.10. Экология, климатология

1. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ.

2. Закон Российской Федерации «О недрах» от 21 февраля 1992 г. № 2395-1.

3. Федеральный закон «О животном мире» от 24 апреля 1995 г. № 52-ФЗ.

4. Федеральный закон «Об особо охраняемых природных территориях» от 14 марта 1995 г. № 33-ФЗ.

5. Федеральный закон «О безопасности гидротехнических сооружений» от 21 июля 1997 г. № 117-ФЗ.

6. Федеральный закон «Об экологической экспертизе» от 23 ноября 1995 г. № 174-ФЗ.

7. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ.

8. Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ.

9. Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» от 4 мая 1999 г. № 96-ФЗ.

10. Водный кодекс Российской Федерации от 16 ноября 1995 г. № 167-ФЗ.

11. Лесной кодекс Российской Федерации от 29 января 1997 г. № 22-ФЗ.

12. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

13. ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

14. ГОСТ 17.5.3.02-90. Охрана природы. Земли. Нормы выделения на землях государственного лесного фонда защитных полос лесов вдоль железных и автомобильных дорог.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

15. ГОСТ 17.4.3.02-85. Охрана природы. Почвы. Требования к охране плодородного слоя почвы при производстве земляных работ.

16. ГОСТ 17.5.3.06-85. Охрана природы. Требования к определению норм снятия плодородного слоя почвы при производстве земляных работ.

17. ГОСТ Р ИСО 14001-98. Система управления окружающей средой. Требования и руководство по применению.

18. ГОСТ Р ИСО 14004-98. Система управления окружающей средой. Общие руководящие указания по принципам, системам и средствам обеспечения функционирования.

19. ВСН 8-89. Инструкция по охране природной среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог. Минавтодор РСФСР.

20. СанПиН 42-128-4433-87. Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почвах. Минздрав СССР.

21. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1031-01. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.

22. Постановление Правительства Российской Федерации от 11 июня 1996 г. № 698 «Об утверждении Положения о порядке проведения государственной экологической экспертизы».

23. Постановление Правительства Российской Федерации от 12 июня 2003 г. № 344 «О нормах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещения отходов производства и потребления».

24. Правила охраны поверхностных вод. Введены в действие с 1 марта 1991 г.

25. Проектирование сооружений для очистки сточных вод. Справочное пособие к СНиП, 1990.

26. СанПиН 6229-91. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно-допустимых количеств (ОДК) химических веществ в почве. Минздрав СССР.

27. Инструкция по экологическому обоснованию хозяйственной и иной деятельности. Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации, 1995.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

28. Рекомендации по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов. Минтранс России, Федеральный дорожный департамент, 1995.

29. Санитарная очистка и уборка населенных мест. Справочник под ред. А.Н. Мирного, 1997.

30. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для АБЗ (расчетным методом). НИИАТ, 1998.

31. ГН 2.1.5.689-98. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

32. ГН 2.1.5.690-98. Ориентировочно-допустимые уровни (ОБУВ) химических веществ в воде водньх объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

33. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для баз дорожной техники (расчетным методом). НИИАТ, 1998.

34. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий (расчетным методом). НИИАТ, 1998.

35. ОДМ 218.011-98. Методические рекомендации по озеленению автомобильных дорог. Федеральная дорожная служба России, 1998.

36. СНиП 2.04.03-85. Канализация, наружные сети и сооружения.

37. СНиП 23-01-99. Строительная климатология.

38. СНиП 11-01-95. Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе документации на строительство предприятий, зданий и сооружений.

39. Экологические требования и меры по защите водоемов от загрязнения водами поверхностного стока с автомобильных дорог, 1992.

40. ОДН 218.5.016-2002. Показатели и нормы экологической безопасности автомобильной дороги. МАДИ-ГТУ, 2003.

41. ОДМ. Методические рекомендации по оценке необходимого снижения звука у населенных пунктов и определению требований акустической эффективности экранов с учетом звукопоглощения. Минтранс России, Росавтодор, 2003.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

1.11. Безопасность движения и техника безопасности

1. ГОСТ Р 52290-2004. Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования.

2. ГОСТ 23457-86. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения.

3. ГОСТ Р 52282-2004. Технические средства организации дорожного движения. Светофоры дорожного движения. Типы и основные параметры. Общие технические требования. Методы испытаний.

4. ГОСТ Р 52289-2004. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств.

5. ВСН 25-86. Указания по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах. Минавтодор РСФСР.

6. ГОСТ Р 50597-93. Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности движения.

7. СНиП III-4-80. Техника безопасности в строительстве.

8. ВСН 3-81. Инструкция по учету потерь народного хозяйства от дорожно-транспортных происшествий при проектировании и реконструкции автомобильных дорог. Минавтодор РСФСР.

9. СНиП 2.03.11-85*. Защита строительных конструкций от коррозии.

10. СНиП 3.04.03-85. Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии.

11. СНиП 12-03-2001. Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования.

12. СНиП 12-04-2002. Безопасность труда в строительстве. Часть II. Строительное производство.

13. ВП 110-58. Правила безопасности при работе на дорожных машинах.

14. ВСН 23-75. Указания по разметке автомобильных дорог. Минавтодор РСФСР, 1975.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

15. Рекомендации по подготовке строительных площадок к производству строительно-монтажных работ в условиях Крайнего Севера, 1969.

16. Правила приемки в эксплуатацию законченных строительством автомобильных дорог. Минтрансстрой СССР, 1983.

17. Правила приемки в эксплуатацию законченных строительством федеральных автомобильных дорог. Минтранс России, 1994.

18. СНиП 12-01-2004. Организация строительства.

ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

2.1. Общие положения

Проектирование инженерных сооружений регламентируется соответствующими нормативными документами: общими - для инженерного строительства, частными - для конкретного вида строительства.

В настоящей справочной энциклопедии приведены основополагающие положения из СНиП и ГОСТов как для общего строительства, так и для транспортного в тех случаях, когда необходимы дополнения позиций и пояснений, касающихся правовых, финансовых отношений, а также состава и объема проектной документации при проектировании автомобильных дорог.

Основным документом, регулирующим правовые и финансовые отношения, взаимные обязательства и ответственность сторон, является договор (контракт), заключаемый Заказчиком с привлечением им для разработки проектной документации проектно-изыскательских, строительных и других организаций. Заказчик на договорной основе может делегировать соответствующие права юридическим или физическим лицам (имеющим право на такого рода деятельность), возложив на них ответственность за разработку и реализацию проекта. Неотъемлемой частью договора (контракта) является задание на проектирование. В качестве примера в приложении 2.1. приведено Задание на разработку инженерного проекта на капитальный ремонт автомобильной дороги, составленное ФГУП «Союздорпроект».

Во все проектные материалы необходимо своевременно вносить изменения, связанные с новыми нормативными документами.

Порядок разработки, согласования, утверждения и состав проектной документации на строительство инженерных сооружений изложены в СНиП

11-01-95 «Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий, сооружений».

Проекты, рабочие проекты на строительство объектов, независимо от источников финансирования, форм собственности и принадлежности, подлежат государственной экспертизе в соответствии с порядком, установленным в Российской Федерации. Порядок утверждения проектной документации представлен в СНиП 11-01-95.

Основными принципами современной технологии проектирования являются:

комплексность выполнения проектно-изыскательских работ с использованием современной вычислительной техники и средств автоматизации, применением аэрокосмических методов, лазерных и электронных приборов с автоматической регистрацией результатов измерений;

широкое применение математических методов оптимизации и моделирования процессов при проектировании;

применение многовариантного проектирования.

Проектирование инженерных сооружений выполняют в несколько стадий:

разработка предпроектной документации;

разработка инженерного проекта;

разработка рабочей документации.

Инженерное строительство включает в себя и транспортное строительство. Поэтому проектирование автомобильных дорог проводят также по указанным выше стадиям.

Предпроектное проектирование предполагает на основе анализа многих вариантов выбрать наиболее рациональный вариант трассы дороги (или сети дорог) с учетом природно-климатических и инженерно-геологических факторов, экономических расчетов и технологических возможностей.

Разработку предпроектной документации на строительство осуществляют в три этапа:

определение цели инвестирования;

разработка ходатайства о намерениях;

разработка обоснования инвестиций в строительство объекта.

Основными целями и задачами **инженерного проекта** являются:

обоснование рациональных технических решений для намеченных в обосновании инвестиций участков дороги (дорог), подлежащих строительству, реконструкции или капитальному ремонту;

определение технических решений и объемов строительных работ;

подготовка тендерной документации для проведения конкурса подряда;

разработка материалов и подготовка документов для отвода земель и компенсации по сносу существующих сооружений и насаждений.

Основными целями и задачами разработки **рабочей документации** являются:

обоснование наилучших технических решений для наиболее сложных участков трассы;

разработка дополнительной документации на индивидуальные инженерные решения;

подготовка тендерной документации на проведение конкурса подряда (при необходимости в дополнение к стадии разработки инженерного проекта).

Таким образом, основным проектным документом на строительство объектов является технико-экономическое обоснование (проект)* строительства.

* Примечание: Двойное обозначение стадии, единой по составу и содержанию, принято в целях преемственности нормативной базы.

На его основании разрабатывают проектную документацию.

Для технически сложных объектов и в случае сложных природных условий проектирования по решению заказчика (или заключению государственной экспертизы) одновременно с разработкой документации и осуществлением строительства могут выполняться дополнительные проработки проектных решений по отдельным вопросам.

2.2. Предпроектное проектирование

Предпроектное проектирование выполняют при составлении схем развития автомобильных дорог, при разработке обоснования инвестиций (в том числе и для конкретного дорожного объекта).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

На этом этапе используют имеющиеся фондовые материалы инженерных изысканий, имеющиеся аэрофотоматериалы. При необходимости производят рекогносцировочные обследования. При строительстве на слабых грунтах вопрос об их сохранении в основании сооружений решают на основе инженерно-геологических изысканий, выполняемых в сокращенном объеме и с минимумом исследований грунтов (см. главу 6).

Исходные данные для разработки обоснования инвестиций, передаваемые Заказчику, следующие:

ранее оформленные и оформленные с разработкой обоснования инвестиций решения администрации Правительства республики, края или области о предварительном согласовании земельных участков для строительства дороги и акты выбора земельных участков к ним (при их наличии).

Перечень документов, которые могут быть использованы при разработке обоснования инвестиций приведены в приложении 2.2.

Перечень материалов, включаемых в состав обоснования инвестиций, приведен в приложении 2.3.

2.3. Разработка проектной документации

Разработку проектной документации на строительство дорожного объекта (объектов) осуществляют на основе утвержденного (одобренного) обоснования инвестиций. Проектной документацией детализируют принятые в обосновании решения и уточняют основные технико-экономические показатели.

Проектную документацию разрабатывают преимущественно на конкурсной основе, в том числе через торги подряда (тендер).

Инженерный проект состоит из трех частей:

обосновывающие материалы, предназначенные для Заказчика и экспертизы инженерного проекта;

контрактные материалы, предназначенные для включения в тендерную документацию для конкурса подряда и исполнения инженерного проекта;

материалы для оформления отвода земель.

Обосновывающие материалы состоят из следующих разделов:

пояснительная записка;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

обосновывающие материалы и документы;

расчет стоимости работ.

Контрактные материалы состоят из следующих разделов:

технические спецификации (привязка к отраслевым стандартам, СНиП, ГОСТам и т.д.);

основные чертежи;

ведомости проектируемых сооружений и видов работ;

ведомости объемов работ и потребных материалов.

Детальный перечень материалов и документов, включаемых в состав обосновывающих материалов инженерного проекта, приведен в приложении 2.4.

Для разработки инженерного проекта выполняют следующие виды изысканий: инженерно-геодезические, инженерно-геологические, инженерно-гидрологические, инженерно-экологические, изыскания грунтовых и других дорожно-строительных материалов.

Дополнительная информация для проектирования объекта на данной стадии может быть взята из Рекомендаций по разработке инженерного проекта на строительство, реконструкцию и ремонт федеральной автомобильной дороги (Минтранс России, Фед. дор. департамент. - М., 1996).

2.4. Разработка рабочих чертежей

Разработку рабочих чертежей по согласованию с Заказчиком производят при окончательном выборе технических решений для сложных участков трассы, в том числе для разработки индивидуальных инженерных решений с подготовкой тендерной документации на проведение конкурса подряда.

При проектировании особо сложных и уникальных сооружений Заказчик совместно с научно-исследовательскими и специализированными организациями должен разрабатывать специальные технические условия, отражающие специфику их проектирования, строительства и эксплуатации.

На этой стадии проектирования могут быть назначены дополнительные инженерно-геологические изыскания, проведение лабораторных испытаний грунтов (см. главу 6) для индивидуального проектирования конструкции насыпи (на основе специально разработанного технического задания). Особенности

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

проектирования в сложных инженерно-геологических условиях изложены в соответствующих главах справочной энциклопедии.

2.5. Состав проектной документации

Состав проектной документации на строительство (реконструкцию) федеральных автомобильных дорог включает следующие разделы и необходимое их содержание:

Раздел 1. Общая пояснительная записка.

1. Общие сведения.

2. Характеристика действующей дороги (фотоматериалы), данные паспорта дороги, данные диагностики, данные об уровнях удобства и безопасности движения, скоростном режиме, пропускной способности на отдельных участках, данные о ДТП.

3. Природно-климатические факторы, влияющие на выбор проектных решений.

4. Перспективная интенсивность и состав движения в соответствии с утвержденным обоснованием инвестиций, сводная ведомость грузонапряженности, грузооборота, интенсивности движения за отчетный год и на перспективу, в случае разработки проекта более чем через пять лет после утверждения обоснования инвестиций или в случае существенных изменений в интенсивности движения - сравнение данных утвержденных в обосновании инвестиций с данными экономических изысканий.

5. Обоснование проектных решений:

5.1. Категория дороги, основные технические нормативы, предложения по стадийности развития по обоснованию инвестиций (ОИ).

5.2. Схема вариантов трассы в М 1:100 000-1:50 000. Варианты трассы проектируемой дороги:

принятые в соответствии с утвержденным обоснованием инвестиций (ОИ);

дополнительно разработанные варианты трассы, учитывающие изменение условий после утверждения обоснования инвестиций (ОИ) или детализирующие его;

продольный профиль, руководящая рабочая отметка, варианты проектной линии на отдельных участках в виде чертежей;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

геодезическое обоснование по направлению принятого варианта. Инженерно-геологические и гидрологические условия проложения трассы, учет природоохранных и других местных особенностей.

5.3. Подготовка территории строительства. Необходимость разборки существующих искусственных сооружений, сноса или переноса зданий, сооружений и насаждений. Мероприятия по переустройству или защите коммуникаций.

5.4. Земляное полотно. Пространственное положение трассы и его оценка с учетом особенностей рельефа местности на прилегающей полосе, ландшафта, обеспечения видимости и зрительной ясности и плавности дороги. Типы земляного полотна. Грунты земляного полотна. Укрепление земляного полотна (откосов, кюветов и т.д.).

5.5. Дорожная одежда. Варианты конструкции дорожной одежды.

Укрепление обочин. Обоснование выбора конструкций для различных условий с учетом наличия местных дорожно-строительных материалов. Чертеж вариантов конструкций дорожной одежды с таблицей сравнения вариантов.

5.6. Водоотвод с проезжей части, полотна дороги и прилегающей территории. Обоснование. Сводная ведомость искусственных сооружений.

5.7. Искусственные сооружения. Обоснование. Сводная ведомость искусственных сооружений.

5.7.1. Инженерно-геологические и гидрогеологические условия.

5.7.2. Технические условия проектирования. Габариты и расчетные нагрузки на сооружения. Габариты мостов и путепроводов.

5.7.3. Вариантные проработки и обоснование конструктивных решений. Технико-экономическое сравнение вариантов (с использованием аналогов или укрупненных расценок).

5.7.4. Ссылка на типовые и повторно применяемые проекты. Мероприятия по защите конструкции от агрессивных вод, обеспечение долговечности сооружения.

5.7.5. Обеспечение смотровыми приспособлениями. Освещение.

5.7.6. Водоотводные сооружения, лестничные сходы, укрепительные работы. Выбор и обоснование типа барьерного ограждения.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

5.8. Принятые методы строительства (реконструкции). Сложные вспомогательные сооружения и устройства.

5.9. Специальные инженерные сооружения, обоснование их необходимости.

5.10. Пересечения и примыкания. Схема размещения пересечений и примыканий. Обоснование. Варианты.

5.11. Обстановка, обустройство, безопасность движения.

5.12. Природоохранные мероприятия. Проектные решения, направленные на сокращение площади занимаемых земель, на охрану рыбных запасов, на предотвращение отрицательного воздействия дороги на растительный и животный мир. Водоочистные сооружения. Рекультивация земель.

5.13. Новые технологии, конструкции, материалы.

5.14. Организация строительства. Основные положения по организации строительства. Организация движения на время производства работ. Предложения по разбивке на пусковые комплексы. Решения по охране труда и безопасности в соответствии с СП 12-136-2002.

5.15. Стоимость строительства объекта в целом и по пусковым комплексам.

5.16. Организация работ по содержанию и эксплуатации автомобильной дороги.

5.17. Экономическая и социальная эффективность инвестиций.

5.18. Основные технико-экономические показатели. Таблица сравнения основных технико-экономических показателей объекта, удельных показателей, основных объемов работ и стоимости на единицу протяжения дороги, на единицу площади искусственного сооружения с нормативами удельных затрат, утвержденными в установленном порядке.

Раздел 2. Документы согласований.

1. Перечень технических условий и документов согласований.

2. Копии технических условий и документов согласований.

Раздел 3. Отвод земель.

1. Пояснительная записка. Обоснование ширины полосы отвода, придорожной полосы.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

2. Акты выбора земельных участков с приложением проекта их границ, каталога координат поворотных точек полос отвода и высот нивелирных пунктов, а также решения о предварительном согласовании места размещения объекта.

3. Ведомость площадей земель, подлежащих отводу в бессрочное и срочное пользование с распределением по землепользователям и угодьям.

4. Ведомость строящихся и переустраиваемых объектов, не относящихся к имуществу федеральных дорог и подлежащих передаче на баланс сторонних балансодержателей.

5. Ведомость имущества строящихся и переустраиваемых объектов, относящихся к имуществу федеральных дорог.

6. Расчет убытков, полученных за счет убыли земель из фонда, учет их; подсчет объемов затрат по переносу сооружений и инженерных коммуникаций.

7. Отчет об оценке рыночной стоимости земельных участков и объектов недвижимого имущества, подлежащего выкупу для целей строительства (реконструкции) автомобильной дороги.

8. Соглашения с собственниками земельных участков и недвижимого имущества, изымаемых для государственных нужд с установлением выкупной цены, сроков и других условий выкупа.

Раздел 4. Разделение собственности и стоимости строительства (реконструкции) по балансодержателям.

Раздел 5. Охрана окружающей среды.

1. Пояснительная записка (при необходимости).

2. Обоснование природоохранных мероприятий.

3. Ведомость строительства запроектированных сооружений.

4. Рекультивация земель.

5. Объемы работ, распределение по пусковым комплексам.

6. Перечень чертежей. Чертежи природоохранных сооружений.

7. Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны и предупреждения чрезвычайных ситуаций (при наличии специальных требований).

Раздел 6. Строительные решения по автомобильной дороге.

6.1. Подготовительные работы:

пояснительная записка (при необходимости);

сводный план переустройства коммуникаций;

спецификация оборудования (при необходимости);

ведомости пересечений и сближений с инженерными коммуникациями, сноса, переноса зданий и сооружений, переустройства коммуникаций, рубки леса, корчевки и т.д.;

объемы работ и распределение по пусковым комплексам;

перечень чертежей. Чертежи (при необходимости).

6.2. План дороги, земляное полотно и дорожная одежда:

пояснительная записка (при необходимости);

генеральный план дороги в М 1:1000 (при необходимости) - 1:2000. водоотводные сооружения;

продольный профиль (по ГОСТ Р 21.1707-97);

земляное полотно и водоотвод, поперечные профили типовых конструкций земляного полотна с учетом местных условий, попикетные поперечные профили по ГОСТ Р 21.1701-97 (при наличии в задании), покилометровые ведомости объемов земляных работ, укрепительных работ с распределением по пусковым комплексам;

дорожная одежда, ведомость проектируемой дорожной одежды, ведомость укрепления обочин, поперечные профили конструкций дорожных одежд с укреплениями обочин и разделительной полосы, ведомость водоотводных сооружений с поверхности дороги, ведомости работ с подразделением по пусковым комплексам;

малые искусственные сооружения, ведомости и объемы работ с распределением по пусковым комплексам, конструкции искусственных сооружений, чертежи.

6.3. Транспортные развязки:

пояснительная записка (при необходимости);

схема интенсивности и состава движения, типы пересечений, варианты транспортных развязок;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

принятый вариант, очередность строительства, ведомость пересечений и примыканий;

ведомости объемов работ с распределением по объектам и пусковым комплексам;

перечень чертежей, чертежи плана с таблицей объемов работ, поперечные и продольные профили, конструкции земляного полотна, дорожной одежды.

6.4. Обстановка дороги, организация и безопасность движения:

пояснительная записка (при необходимости);

схема размещения дорожных знаков, ограждений и разметки;

ведомости автобусных остановок и площадок отдыха;

ведомость устройства технологической связи;

ведомость устройства освещения дороги;

графики оценки проектируемой дороги по скорости движения, пропускной способности;

ведомости работ по пусковым комплексам;

перечень чертежей, чертежи.

6.5. Подъезды:

пояснительная записка (при необходимости);

планы, поперечные и продольные профили трассы подъезда, конструкции земляного полотна и дорожной одежды, другие чертежи (при необходимости);

ведомость искусственных сооружений;

ведомости работ по пусковым комплексам;

перечень чертежей.

6.6. Здания и сооружения дорожной службы:

пояснительная записка (при необходимости);

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

схема размещения комплексов существующей дорожно-эксплуатационной службы (ДЭС), предложения по развитию;

генеральные планы проектируемых комплексов ДЭС с планами внешних сетей;

схема размещения пунктов весового контроля, учета движения, метеорологических наблюдений и другие чертежи;

ведомости работ;

перечень чертежей, чертежи.

Раздел 7. Строительные решения по искусственным сооружениям:

пояснительная записка (при необходимости);

ведомости работ;

чертежи и результаты расчетов, в т.ч.:

план мостового перехода в М 1:500;

общий вид моста, общие и местные размывы, регуляционные сооружения, укрепления;

общие виды опор с размерами, указанием нагрузок на грунт или на свайное основание, несущей способности грунтов, армирования, данные о материалах, тип опорных частей;

общий вид пролетных строений с размерами, поперечным сечением, с данными о материалах, армировании, в случае индивидуального проекта - результаты расчетов;

водоотвод с искусственного сооружения, водоотвод по откосам насыпи.

Раздел 8. Организация строительства:

пусковые комплексы, последовательность и сроки ввода пусковых комплексов;

строительный генеральный план дороги;

календарные графики строительства автомобильной дороги, мостов и путепроводов;

ведомость потребности в основных ресурсах, строительных конструкциях, изделиях, материалах, оборудовании;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

ведомость источника получения основных строительных материалов;

технические условия на временное подключение к источникам водо- и энергоснабжения, график выполнения работ и очередность строительства;

генеральные планы площадок для строительных материалов, места утилизации отходов;

инженерные коммуникации, энергоснабжение строительства;

перечень чертежей, чертежи;

схема организации движения на время строительства;

сводка объемов работ.

Раздел 9. Сводный сметный расчет (уровень цен определяется заданием):

пояснительная записка;

сводка затрат с учетом иных балансодержателей;

сводные сметные расчеты по пусковым комплексам;

сводный сметный расчет на полное развитие;

единичные расценки по видам работ в текущем уровне цен, разработанные в соответствии с утвержденными техническими спецификациями;

обосновывающие материалы.

Раздел 10. Локальные и объектные сметные расчеты, в т.ч. ресурсные (раздельно по каждому пусковому комплексу при их наличии).

Раздел 11. Организация работ по содержанию дороги.

Раздел 12. Внедрение новых технологий, техники, конструкций и материалов.

Раздел 13. Тендерная документация:

пояснительная записка;

документы конкурсных торгов;

проектная документация, чертежи;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

технические спецификации;

ведомость объемов работ по объектам.

2.6. Оформление проектной документации

Оформление проектной документации регламентируется стандартами единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и системы проектной документации для строительства (СПДС). Основные требования к проектной и рабочей документации представлены в ГОСТ 21.101-97.

Основной текст ГОСТ 21.101-97 включает:

требования к составу документации;

требования к комплектации документации;

правила выполнения документации;

правила выполнения спецификаций на чертежи;

правила внесения изменений в рабочую документацию, выданную Заказчику;

правила привязки рабочей документации;

правила оформления сброшюрованной документации.

Приложения (обязательны):

марки основных комплектов рабочих чертежей;

ведомости общих данных по рабочим чертежам;

перечень стандартов ЕСКД;

перечень допускаемых сокращений слов;

основные надписи и графы.

В состав рабочих чертежей автомобильных дорог (основной комплект рабочих чертежей марки АД) входят:

общие данные по рабочим чертежам;

план автомобильных дорог;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

продольный профиль;

поперечные профили земляного полотна;

поперечные профили конструкции земляного полотна, продольные профили водоотводных и нагорных канав.

На плане автомобильных дорог наносят и указывают (рис. 2.1):

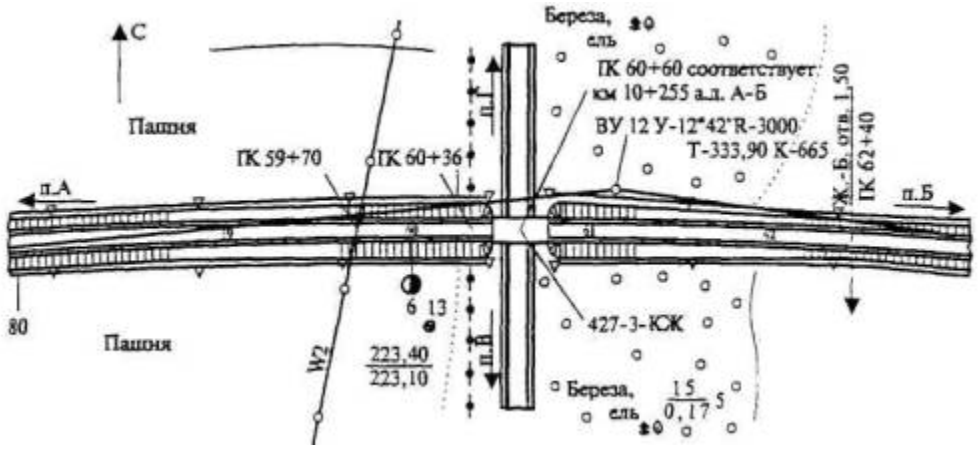


Рис. 2.1. Пример плана трассы

ситуацию местности, рельеф местности (при необходимости), «красные» линии;

вершины углов поворота автомобильных дорог или станции геодезического хода, пикеты, знаки и линии тангенсов, указатели километров;

числовые значения элементов кривых, углов поворота, радиусов, тангенсов, суммарных длин круговых и переходных кривых;

откосы насыпей и выемок (при необходимости);

здания и сооружения (без координационных осей), инженерные сети;

переезды через железнодорожные пути, транспортные развязки;

привязки к указателям километров или пикетам существующих автомобильных дорог, железнодорожных путей и инженерных сетей в местах их пересечений с проектируемой автомобильной дорогой;

указатель направления на север стрелкой с буквой «С» у острия (в левом верхнем углу листа).

На продольном профиле автомобильных дорог наносят и указывают:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

линию фактической поверхности земли по оси автомобильной дороги, линии ординат от точек ее переломов и линию проектируемой бровки земляного полотна. На продольных профилях городских и реконструируемых автомобильных дорог вместо линии проектируемой бровки земляного полотна наносят линию проектируемой поверхности дорожного покрытия по оси проезжей части;

разведочные геологические выработки, влажность и консистенцию слоев грунта (условным обозначением), отметки уровня грунтовых вод с датой замера;

наименования слоев грунта и номера их групп (например, суглинок 33а, песок 27б) в соответствии с классификацией грунта по трудности разработки.

Выше проектной линии наносят и указывают:

реперы;

надземные и наземные инженерные сети;

наименования проектируемых искусственных сооружений;

транспортные развязки;

съезды;

переезды через железнодорожные пути;

нагорные и водоотводные канавы, сбросы воды;

водораздельные дамбы;

рабочие отметки насыпи.

Ниже проектной линии наносят и указывают

линии ординат от точек переломов проектной линии;

рабочие отметки выемок;

обозначения искусственных сооружений и наименования существующих искусственных сооружений;

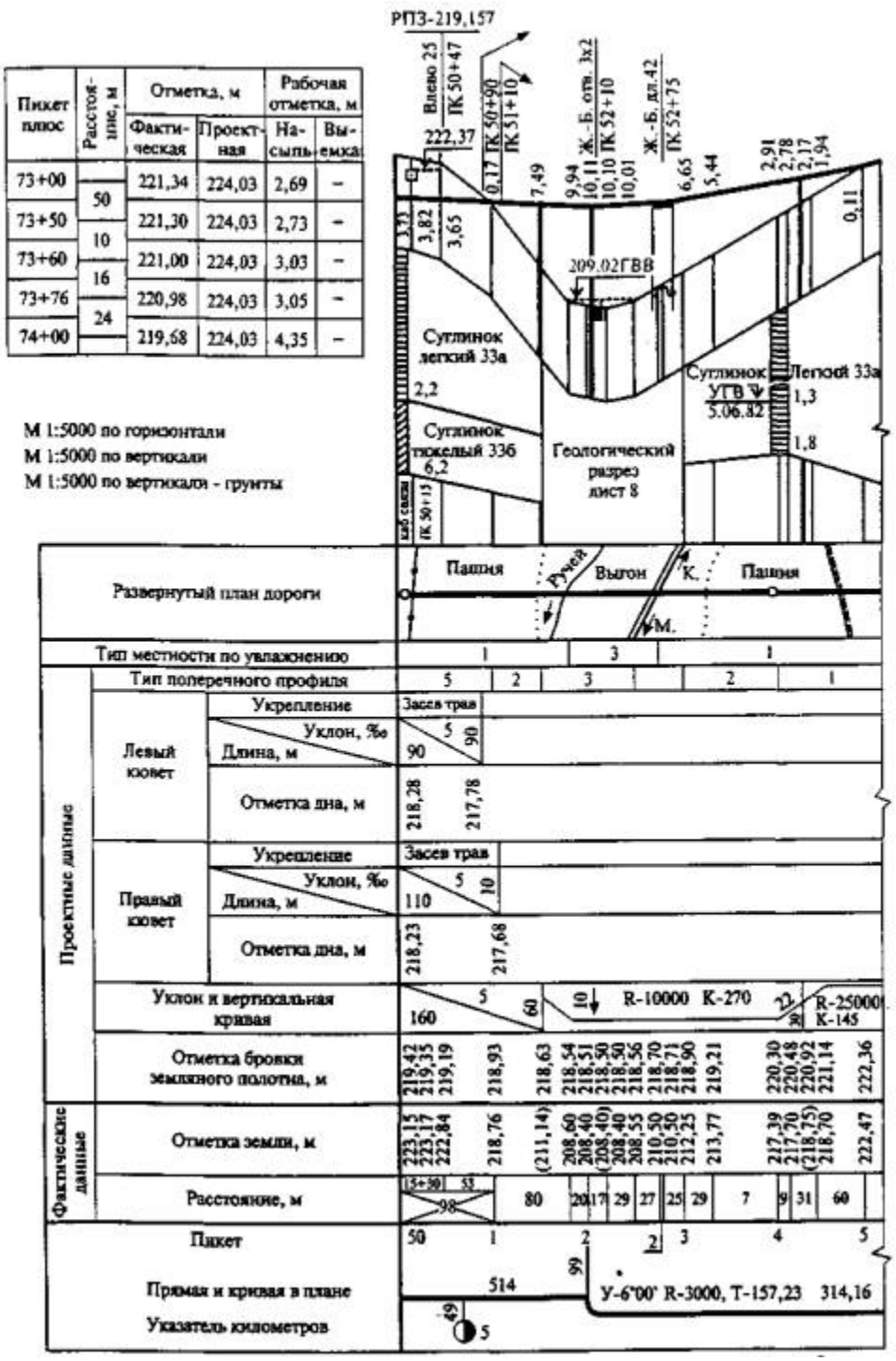
подземные инженерные сети.

Под продольным профилем помещают таблицу (сетку):

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

для вновь проектируемых автомобильных дорог (рис. 2.2), для реконструируемых (рис. 2.3), для проектируемых на базе САПР (рис. 2.4). При большом количестве плюсовых точек на отдельных пикетах на листе, где помещен продольный профиль, помещают таблицу выноски отметок и расстояний (см. рис. 2.2).



Пикет плюс	Расстояние, м	Отметка, м		Рабочая отметка, м	
		Фактическая	Проектная	Насыпь	Выемка
73+00		221,34	224,03	2,69	–
	50				
73+50		221,30	224,03	2,73	–
	10				
73+60		221,00	224,03	3,03	–
	16				
73+76		220,98	224,03	3,05	–
	24				
74+00		219,68	224,03	4,35	–

2.2. Пример продольного профиля вновь проектируемых автомобильных дорог

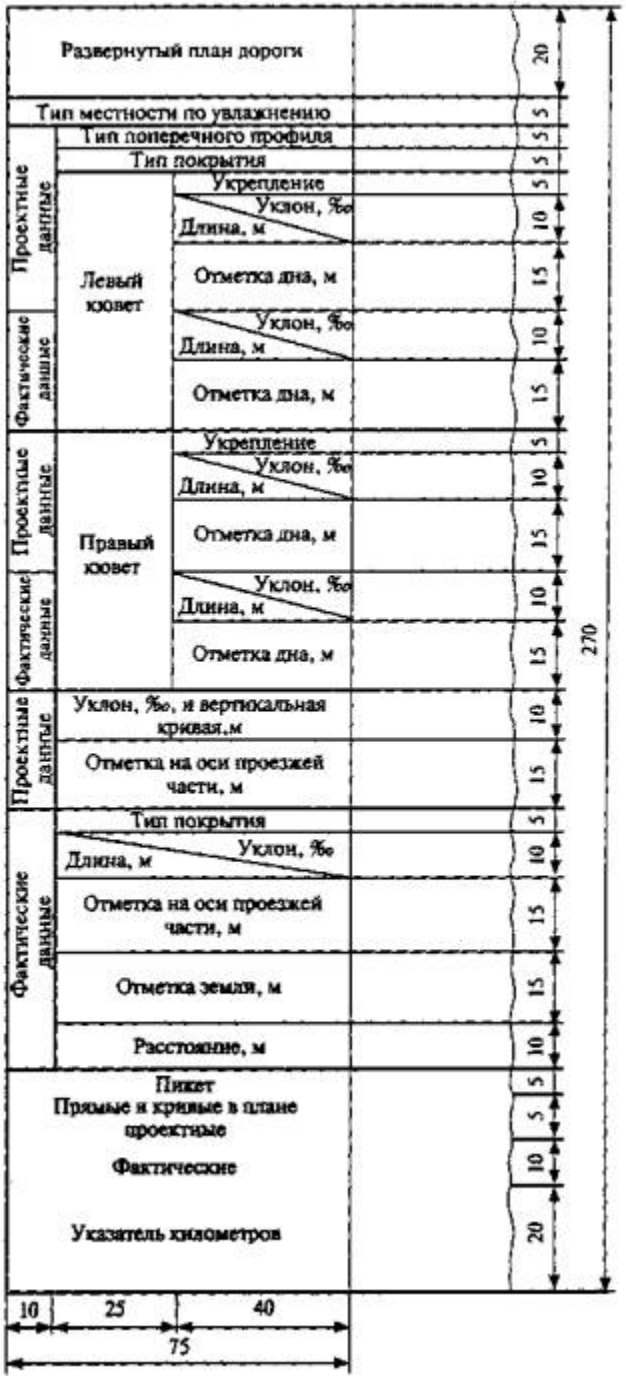


Рис. 2.3. Размеры граф сетки продольного профиля реконструируемых автомобильных дорог

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

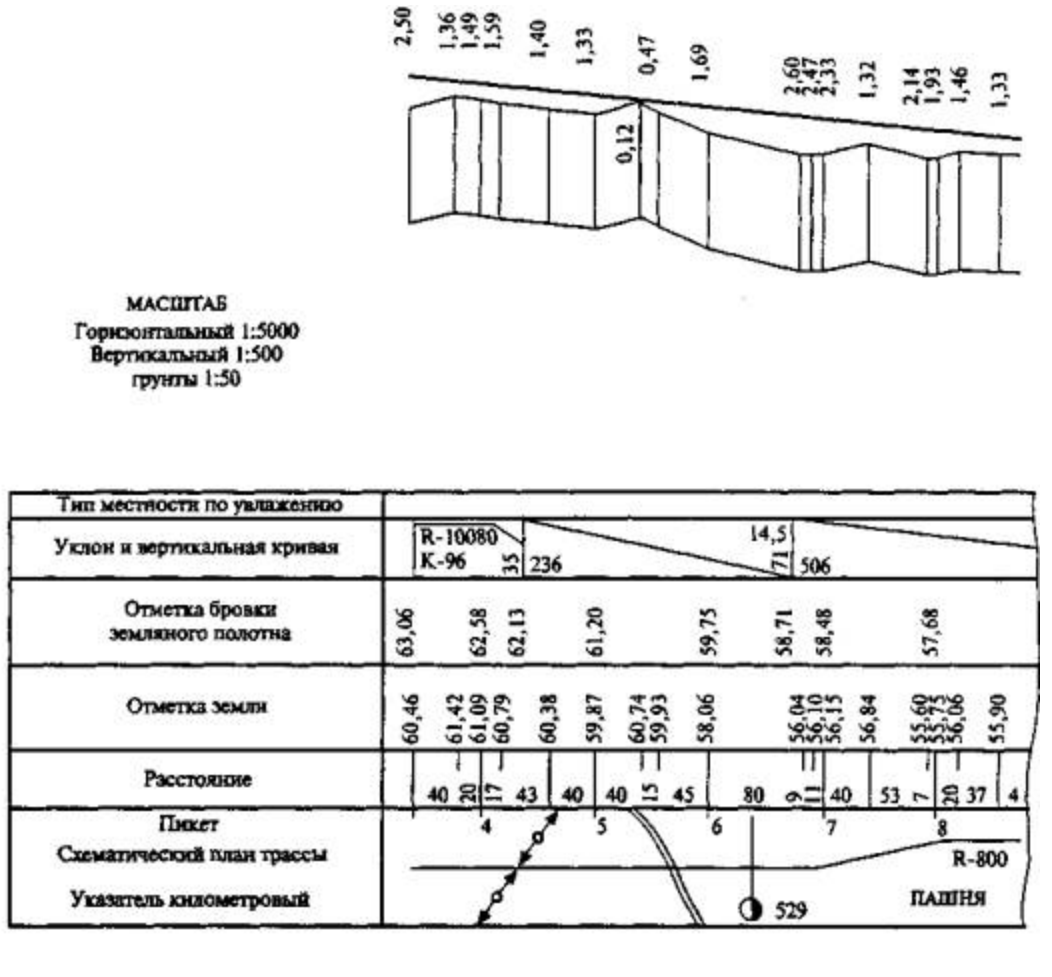


Рис. 2.4. Пример продольного профиля, запроектированного на базе САПР-АД

На поперечном профиле земляного полотна автомобильных дорог (рис. 2.5) наносят и указывают:

линию фактической поверхности земли, линии ординат от точек перелома линии фактической поверхности земли. При реконструкции, кроме того, - контур существующего земляного полотна;

ось проектируемой автомобильной дороги, а при реконструкции, кроме того, - существующей, дороги (при необходимости);

инженерные сети и их наименование;

подошвы слоев грунта, разведочные геологические выработки, влажность и консистенцию слоев грунта, отметки уровня грунтовых вод с датой замера (при необходимости);

наименования слоев грунта и номера их групп (например, суглинок 33а, песок 27б) в соответствии с классификацией грунта по трудности разработки;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

контур проектируемого земляного полотна, линии ординат от точки перелома указанного контура, крутизну откосов;

контур срезки плодородного слоя грунта, удаления торфа и замены непригодного грунта;

привязку поперечного профиля к пикетам.



Рис. 2.5. Пример поперечного профиля земляного полотна

Над каждым поперечным профилем земляного полотна, изображенным на листе, слева помещают числовые значения площадей поперечных сечений, например насыпей ($А_н$); выемок ($А_в$); кюветов ($А_к$); банкетов ($А_б$) с указанием номера групп слоев грунта в соответствии с классификацией грунта по трудности разработки.



Рис. 2.6. Пример типового поперечного профиля конструкции земляного полотна

На типовом поперечном профиле конструкции земляного полотна (рис. 2.6) автомобильных дорог наносят и указывают:

ось проектируемой автомобильной дороги;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

линию фактической поверхности земли (условно);

контур проектируемого земляного полотна с указанием крутизны откосов. При реконструкции, кроме того, - контур существующего земляного полотна;

укрепление обочин и откосов (схематично);

ширину земляного полотна и его элементов;

направление и значение уклонов верха земляного полотна;

контур и размер срезки плодородного слоя, удаления торфа и замены непригодного грунта;

границы отвода земли;

конструкцию дорожной одежды, направление и значение уклона по ее поверхности, ширину проезжей части и краевых полос.

Конструкцию дорожной одежды на изображении поперечного профиля конструкции земляного полотна указывают схематично.

На детальном изображении конструкции дорожной одежды наносят и указывают:

материал и толщину слоев, входящих в ее состав, а также дренажные устройства. Материал слоев, входящих в состав дорожной одежды, указывают условным графическим обозначением;

обозначения дорожных одежд, различающихся материалами слоев или другими характеристиками. В обозначение включают слово «Тип» и порядковый номер арабскими цифрами, например «Тип 1», «Тип 2» и т.д.;

границы участков автомобильной дороги, на которых применяется конструкция дорожной одежды (тип дорожной одежды).

На продольном профиле водоотводных и нагорных канав автомобильных дорог наносят и указывают:

линию фактической поверхности земли по оси канав, линии ординат от точек перелома этой линии;

проектную линию дна канавы, линии ординат от точек перелома этой линии;

водопропускные сооружения с отметками входных лотков;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

дамбы;

инженерные сети, места выпусков канав, рабочие отметки канав.

В последние годы большое развитие получили методы автоматизированного изготовления проектной документации, что позволяет в несколько раз сократить затраты труда при выполнении графических работ, повысить качество чертежей, сократить сроки их выполнения.

Приложение 2.1.

УТВЕРЖДАЮ

ЗАДАНИЕ
на разработку инженерного проекта капитального ремонта автомобильной дороги М-10 «Россия» в Новгородской области

1. Основание для проектирования	Программа капитального ремонта автодороги Москва - Санкт-Петербург на 2003-2005г.г.
2. Исходные данные для проектирования	Материал диагностики автодороги 2002г. Сбор исходных данных в необходимой номенклатуре, включая цены на материалы, механизмы и услуги; получение технических условий и согласований с заинтересованными организациями и ГИБДД производит проектная организация.
3. Необходимость выделения пусковых комплексов	Не требуется
4. Необходимость выполнения изысканий	Произвести инженерные изыскания в необходимом объеме
5. Технико-экономические показатели проектируемого объекта:	

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

5.1. Категория дороги	- II (три полосы движения), согласно СНиП 2.05.02-85
5.2. Протяженность участка автодороги	- 12,0 км (уточняется проектом)
5.3. Начальный пункт	- км 432 + 000
5.4. Конечный пункт	- км 444 + 000
5.5. Расчетная скорость	- 120 км/час
5.6. Ширина земляного полотна	- в населенных пунктах по существующему земляному полотну; вне населенных пунктов 18,75 м
5.6.1. Ширина обочин	- Вне населенных пунктов 3,75м (с учетом укрепительных полос) В населенных пунктах 2,0-3,5 м с учетом укрепительных полос по 0,75м (по согласованию с ГУ ГИБДД МВД РФ)
5.6.2. Откосы насыпи	- Согласно СНиП 2.05.02-85
5.7. Ширина проезжей части	- 12,75 (с учетом укрепительных полос)
5.8. Тип конструкции дорожной одежды, вид покрытия, расчетная нагрузка	- Капитальный. Асфальтобетон. А-115кН
5.9. Укрепление обочин	- В местах установки ограждения и в населенных пунктах асфальтобетоном, на остальных участках щебнем
5.10. Габариты мостов и путепроводов.	- Габариты - существующие

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Расчетные нагрузки.	А-11, НК-80
5.11. Ориентировочный объем инвестиций в ценах на 01.01.2003 г.	- 220,0 млн.руб. (уточняется проектом)
6. Здания и сооружения дорожной и автотранспортной служб	- Предусмотреть реконструкцию мастерских при комплексе УГП ДРСУ-7 в г.Валдай (объемы и вид работ согласовать с Заказчиком)
7. Год начала капитального ремонта	- 2004 г.
8. Метод определения стоимости капитального ремонта	- по ГЭСН-2001
9. Особые условия проектирования и капитального ремонта	1. Провести усиление дорожной одежды (включая съезды, переходно-скоростные полосы, площадки для остановки автобусов, площадки отдыха и стоянки автотранспорта и т.д.) с укладкой дополнительных слоев покрытия и основания, с исправлением продольных и поперечных неровностей путем фрезерования и выравнивания. Требуемый (общий) модуль упругости определить по ОДН 218-046-01. Фактический модуль упругости дорожной одежды принять по результатам диагностики 2002 года. Предусмотреть доведение ширины проезжей части до указанной в пункте 5.7 (технологию и объемы работ по уширению согласовать с заказчиком), устранение деформаций и разрушений (выбоин, просадок и др.), остановку и предупреждение развития трещин, ликвидацию колей 2. Асфальтобетон для нижнего слоя тип Б1 Марки, верхнего слоя тип А1 Марки на полимерно-битумных вяжущих по ОСТ 218.010-98 3. Расчистка полосы отвода от дикорастущих кустарников и деревьев с необходимой планировкой и сохранением декоративных и снегозащитных посадок, санитарная чистка от сухостоя, сломанных и деформированных деревьев в пределах полосы отвода 4. Обеспечить продольный и поперечный водоотвод

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

5. Произвести необходимый ремонт и перестройку труб с восстановлением входных и выходных русел

6. Заменить дорожные знаки со второго на третий типоразмер с установкой недостающих знаков по ГОСТ Р 52290-2004

7. Заменить деформированные и несоответствующие ГОСТу ограждения и установить вновь в необходимых местах

8. Горизонтальную разметку выполнить термопластиком, с разработкой и согласованием с областным ГИБДД схемы разметки. Ширину разметки принять, краевые полосы - 20 см, остальные - 15 см

9. Разработать и согласовать с областным ГИБДД и ГУ ГИБДД МВД РФ проект организации движения

10. Предусмотреть применение дорожно-строительных материалов, имеющих сертификат качества

11. Разработать раздел внедрения новых технологий, техники, конструкций и материалов. Отдельно рассмотреть технологию разделки трещин с учетом современного оборудования и материалов

12. Восстановление и ремонт линий электроосвещения в населенных пунктах, на мостах и путепроводах

13. На мостовых сооружениях предусмотреть перечень видов работ, необходимых для приведения их в нормативное техническое состояние, отвечающее безопасным условиям движения (ремонт покрытия, деформационных швов, замена ограждения, восстановление регуляционных сооружений и защитного слоя бетонных конструкций и т.д. по результатам обследования).

14. Определить перечень, состав и балансодержателей объектов (включая наземные и подземные коммуникации и сооружения), подлежащих сносу (переустройству), новому строительству и не относящихся к имуществу федеральных автомобильных дорог. При согласовании с организациями - балансодержателями устраиваемых вновь и переустраиваемых сооружений и коммуникаций получить их обязательства по приемке указанных объектов на свой баланс или внесению изменений в балансовую стоимость объектов.

15. Предусмотреть в схеме водоотведения поверхностных вод с рассматриваемого участка дороги технические решения по водоотведению, очищению стоков с дороги и противоэрозийной защите в соответствии с требованиями СанПиН 2.1.5.980-00

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

	«Гигиенические требования к охране поверхностных вод» и Федерального закона Российской Федерации «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002г. № 7-ФЗ.
10. Источник финансирования	- Федеральный бюджет
11. Вид договора подряда	- Государственный контракт с фиксированной ценой
12. Вид надзора за производством работ	- Авторский надзор генпроектировщика, инженерное сопровождение, технический надзор службы Заказчика
13. Срок окончания разработки инженерного проекта	- По договору, согласно календарному графику не позднее 15 сентября 2003 года
14. Количество экземпляров предоставляемых заказчику	- 5 экземпляров

ЗАКАЗЧИК: **СОГЛАСОВАНО:**

Приложение 2.2.

Перечень технических документов, подлежащих использованию при разработке обоснования инвестиций

1. СНиП 23-01-99*. Строительная климатология.

2. СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия.

3. СНиП II-7-81 *. Строительство в сейсмических районах.

4. СНиП 2.03.11-85*. Защита строительных конструкций от коррозии.

5. СНиП 2.07.01-89*. Градостроительство. Планировка в застройках городских и сельских поселений.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

6. СНиП 12-01-2004. Организация строительства.

7. СНиП 3.04.03-85. Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии.

8. СНиП 2.05.02-85*. Автомобильные дороги.

9. СНиП 3.06.03-85. Автомобильные дороги.

10. СНиП 2.05.03-84*. Мосты и трубы.

11. СНиП 3.06.04-91. Мосты и трубы.

12. СНиП 12-03-2001. Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования.

13. СН 467-74. Нормы отвода земель для автомобильных дорог.

14. ВСН 3-81. Инструкция по учету потерь народного хозяйства от дорожно-транспортных происшествий при проектировании автомобильных дорог. Минавтодор РСФСР.

15. ВСН 25-86. Указания по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах. Минавтодор РСФСР.

16. ВСН 18-84. Указания по архитектурно-ландшафтному проектированию автомобильных дорог. Минавтодор РСФСР.

17. ВСН 84-89. Изыскания, проектирование и строительство автомобильных дорог в районах распространения вечной мерзлоты. Минтрансстрой СССР.

18. ВСН 178-91. Нормы проектирования и производства буровзрывных работ при сооружении земляного полотна. Минтрансстрой СССР.

19. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд. Государственная служба дорожного хозяйства Минтранса России.

20. Методические рекомендации по проектированию дорожных одежд жесткого типа. Минтранс России, Росавтодор, 2004.

21. ОДН 218.1.052-2002. Оценка прочности нежестких дорожных одежд (взамен ВСН 52-89). Минтранс России, Росавтодор.

22. ОДМ. Рекомендации по выявлению и устранению колей на нежестких дорожных одеждах. Минтранс России, Росавтодор, 2002.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

23. ОДМ. Методические рекомендации по ремонту цементобетонных покрытий автомобильных дорог. Минтранс России, Росавтодор, 2003.

24. Методические рекомендации по устройству покрытий и оснований из щебеночных, гравийных и песчаных материалов, обработанных неорганическими вяжущими. Минтранс России, Росавтодор, 2003.

25. ОДМ. Руководство по применению поверхностно-активных веществ при устройстве асфальтобетонных покрытий (взамен ВСН 59-68). Минтранс России, Росавтодор, 2003.

26. ОДМ. Руководство по грунтам и материалам, укрепленным органическими вяжущими. Минтранс России, Росавтодор, 2003.

27. ОДН 218.3.039-2003. Укрепление обочин автомобильных дорог (взамен ВСН 39-79). Минтранс России, Росавтодор.

28. ОДМ. Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог. Минтранс России, Росавтодор, 2003.

29. ВСН 23-75. Указания по разметке автомобильных дорог. Минавтодор РСФСР.

30. Требования к автомобильным дорогам с регулярным автобусным сообщением. Федеральная дорожная служба России, 1999.

31. ОСТ 218.1.002-2003. Автобусные остановки на автомобильных дорогах. Общие технические требования. Минтранс России, Росавтодор, 2003.

32. ВСН 103-74. Технические указания по проектированию пересечений и примыканий автомобильных дорог. Минтрансстрой СССР.

33. ВСН 33-87. Указания по производству изысканий и проектированию лесонасаждений вдоль автомобильных дорог. Минавтодор РСФСР.

34. ОДМ. Руководство по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах. Минтранс России, Росавтодор, 2003.

35. ВСН 24-88. Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог. Минавтодор РСФСР.

36. ОДН 218.012-99. Общие технические требования к ограждающим устройствам на мостовых сооружениях, расположенных на магистральных автомобильных дорогах. Федеральная дорожная служба России, 1999.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

37. ВСН 32-81. Инструкция по устройству гидроизоляции конструкций мостов и труб на железных, автомобильных и городских дорогах. Минтрансстрой СССР.

38. ВСН 51-88. Инструкция по уширению автодорожных мостов и путепроводов. Минавтодор РСФСР.

39. ВСН 165-85. Устройство свайных фундаментов мостов (из буровых свай). Минтрансстрой СССР.

40. ОДМ. Руководство по защите металлоконструкций от коррозии и ремонту лакокрасочных покрытий металлических пролетных строений эксплуатируемых автодорожных мостов. Минтранс России, Росавтодор, 2002.

41. ВСН 2-65. Указания по определению допускаемых (неразмывающих) скоростей водного потока для различных грунтов и облицовок.

42. ВСН 206-87. Нормы проектирования. Параметры ветровых волн, воздействующих на откосы транспортных сооружений на реках. Минтрансстрой СССР.

43. ВСН 8-89. Инструкция по охране природной среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог. Минавтодор РСФСР.

44. Рекомендации по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов. Минтранс России, Федеральный дорожный департамент, 1995.

45. ОДМ. Методические рекомендации по оценке необходимого снижения звука у населенных пунктов и определению требуемой акустической эффективности экранов с учетом звукопоглощения. Минтранс России, Росавтодор, 2003.

46. ОДН 218.5.016-2002. Показатели и нормы экологической безопасности автомобильных дорог. Минтранс России, Росавтодор.

47. ОДМ. Методические рекомендации по разработке проекта содержания автомобильных дорог. Минтранс России, Росавтодор, 2003.

Приложение 2.3.

Перечень материалов и документов, включаемых в состав обоснования инвестиций (ОИ).

1. Карта-схема транспортной сети района тяготения.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

2. Сводная ведомость грузонапряженности, грузооборота, интенсивности движения.

3. Таблица основных технико-экономических показателей.

4. План трассы.

5. Сокращенный продольный профиль (при необходимости).

6. Типовые поперечные профили.

7. Чертеж принятого варианта конструкции дорожной одежды.

8. Ведомость проектируемой дорожной одежды.

9. Покилометровая ведомость оплачиваемых земляных работ.

10. Ведомость мостов и путепроводов.

11. Ведомость основных пересечений, примыканий и транспортных развязок.

12. Ведомость автобусных остановок.

13. Ведомость площадок отдыха (при необходимости).

14. Ведомость грунтовых резервов и месторождений дорожно-строительных материалов (при необходимости).

15. Перечень документов согласований.

16. Копии документов согласований.

17. Ведомость переустройства крупных коммуникаций.

18. Ведомость сноса, переноса зданий и сооружений.

19. Схема сравнения вариантов трассы.

20. Схема временно занимаемых земель (при необходимости).

Примечание: Состав обоснования инвестиций в зависимости от конкретных условий может быть изменен по договоренности Заказчика и проектной организации.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Приложение 2.4.

Перечень материалов и документов, включаемых в состав обосновывающих материалов инженерного проекта (ИП).

1. Копия задания.
2. Карта-схема транспортной сети района тяготения.
3. Сводная ведомость грузонапряженности.
4. Таблица основных технико-экономических показателей
5. План трассы.
6. Продольный профиль.
7. Типовые поперечные профили.
8. Индивидуальные поперечные профили (при необходимости).
9. Варианты конструкций дорожной одежды.
10. Ведомость проектируемой дорожной одежды.
11. Покилометровая ведомость оплачиваемых земляных работ
12. Ведомость искусственных сооружений.
13. Варианты схем мостов, путепроводов длиной более 100 м
14. Варианты схем опор для мостов (при необходимости)
15. Ведомость пересечений и примыканий
16. Варианты схем развязок в разных уровнях.
17. Ведомость автобусных остановок.
18. Ведомость площадок отдыха.
19. Ведомость рубки и корчевки пней.
20. Ведомость переустройства коммуникаций.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

21. Чертежи конструкций и сооружений.

22. Технические спецификации

23. Спецификации оборудования представляемого Заказчиком.

24. Ведомость грунтовых резервов представляемых Заказчиком.

25. Инвесторский расчет.

26. График обстановки дороги.

27. График коэффициента аварийности

28. Ведомость сноса, переноса зданий и сооружений

29. Перечень документов согласований

30. Копия документов согласований

31. Схема сравнения вариантов трассы

32. Схема занимаемых земель

33. Технические условия на рекультивацию

ГЛАВА 3. СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗЫСКАНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

3.1. Особенности традиционной технологии изысканий автомобильных дорог и ее анализ

Комплекс изысканий дорог и сооружений на них включает экономические, инженерно-геодезические, инженерно-геологические, инженерно-гидрометеорологические изыскания, поиск и разведку местных дорожно-строительных материалов, проведение детальных обследований в районе проектируемой дороги для сбора всех исходных данных, необходимых для составления проекта.

В соответствии со старой (традиционной) технологией проектно-изыскательских работ сбор исходной информации, необходимой для разработки проекта, обычно производят в следующей последовательности.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Перед выездом в поле осуществляют вариантное трассирование автомобильной дороги по топографическим картам М 1:25 000-1:10 000, по топографическим планам М 1:5000-1:2000, а также по материалам старых аэрофотосъемок. В зависимости от стадии проектирования: обоснование инвестиций (ОИ) или технико-экономическая часть проекта (ТЭЧ), инженерный проект (ИП), рабочая документация (РД) или рабочий проект (РП) рассматривают различное количество вариантов и подвариантов трассы. При этом, наименьшим числом вариантов ограничиваются на поздних (предпостроечных) стадиях проектирования.

Осуществляют сопоставление вариантов и подвариантов трассы по весьма ограниченному набору показателей: длина трассы, геометрические характеристики плана и продольного профиля, ориентировочные объемы строительных работ, количество водопропускных труб и малых мостов, средних и больших мостов и путепроводов, развязок движения в разных уровнях, условия пересечения средних и больших водотоков, ориентировочная площадь занимаемых угодий и т.д. При этом, сопоставление вариантов трассы осуществляют при ограниченном объеме, либо при полном отсутствии совершенно обязательной информации о почвенно-грунтовом, гидрогеологическом и инженерно-геологическом строении местности, качестве и стоимостях отчуждаемых земель, состоянии существующих автомобильных дорог и мостовых переходов при их реконструкции и т.д. Тем не менее, на этой стадии уже принимают окончательное решение о выносе в натуру, как правило, одного единственного варианта с выполнением по нему всего комплекса полевых изыскательских работ.

В полевой период осуществляют сбор информации о местности по единственному априорно выбранному варианту трассы:

трассирование (вешение) принятого варианта автомобильной дороги с рубкой (если необходимо) просек и обозначением трассы на местности заменками. Вешение прямых направлений трассы осуществляют с использованием оптических теодолитов типа 2Т-30П, 4Т-30П, 2Т-5КП и т.д. Вешение наиболее надежно и просто осуществляют, сведя к минимуму коллимационную погрешность, переводом трубы «через зенит» при двух кругах теодолита;

закрепление трассы стандартными деревянными или железобетонными осевыми столбами, земляными конусами, привязкой к постоянным предметам при реконструкции (методом линейных засечек) и притрассовыми реперами;

разбивка пикетажа с использованием землемерных 20-и метровых стальных лент типа ЛЗ и в отдельных случаях шкаловых типа ЛЗШ. В ходе разбивки пикетажа осуществляют установку пикетных и плюсовых точек в характерных местах трассы, в главных точках трассы (начало, середина, конец кривых). В ходе разбивки пикетажа ведут пикетажный журнал, в который заносят: пикетные и плюсовые точки, положение вершин углов и направления поворота трассы, съемку притрассовой полосы по 100 м в обе стороны в М 1:2000 (в пределах будущей

полосы отвода - инструментально, далее - глазомерно), направление поверхностного стока, знаки закрепления трассы и их схемы и т.д. В пикетажном журнале осуществляют расчеты элементов горизонтальных кривых и пикетажного положения их главных точек.

В последние годы при традиционных изысканиях стал находить распространение «беспикетный» метод полевых работ с применением электронных тахеометров типа Та3М, 3Та5, Sokkia и т.д. и безотражательных светодальномеров.

При изысканиях реконструкции существующих дорог при разбивке пикетажа в последнее время стали широко применять измерительные колеса (полевые курвиметры), механические, типа SK3 или электронные, типа F20;

двойное нивелирование по оси трассы (по разбитому пикетажу) с использованием точных и технических нивелиров с цилиндрическими уровнями при трубе, типа Н-3, 2Н-3Л, с компенсаторами типа 3Н-2КЛ, Н-10КЛ, а также электронных (регистрирующих) нивелиров типа RENI 002A, DL-102C и т.д.

В ходе продольного нивелирования трассы первый нивелир фиксирует все точки трассы: пикеты, плюсы, главные точки, репера и т.д., в то время как второй нивелир - только связующие точки;

съемку поперечников иногда осуществляют геометрическим нивелированием (в равнинной местности), но чаще тригонометрическим нивелированием с использованием малогабаритных оптических теодолитов типа 2Т-30, 2Т-30Н, 4Т-30П;

тахеометрические съемки сложных мест (мостовые переходы, развязки движения, участки сложного водоотвода и т.д.). Обычно выполняют крупномасштабные съемки М 1:1000, 1:500 и даже 1:200 с использованием оптических теодолитов или электронных тахеометров;

инженерно-гидрологические работы: морфометрические, гидрометрические, аэрогидрометрические. В рамках старой (традиционной) технологии проектно-изыскательских работ, тем не менее, уже находят эпизодическое применение такие современные методы сбора гидрометрической информации, как ультразвуковое эхолотирование с использованием модернизированного инж. Ю.М. Митрофановым портативного эхолота «Язь», применение электронных скоростемеров, использование методов аэрогидрометрии и т.д.;

инженерно-геологическое обследование по оси трассы: шурфовочные работы, ручное бурение, механическое бурение с использованием легких, переносных станков типа М-1, легких прицепных станков типа БУКС-ЛГТ, самоходных буровых установок типа АВБ-2М (вибрационного бурения), УКБ-12/25 (ударно-канатного бурения) и т.д.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Методы геофизической разведки при традиционных изысканиях автомобильных дорог находят лишь эпизодическое применение и, главным образом, вертикальное электрозондирование (ВЭЗ), а также динамическое и статическое зондирование;

разведка местных дорожно-строительных материалов, где методы геофизической разведки используют чаще и более широко;

согласование проектных решений с землепользователями, заинтересованными организациями и ведомствами. В рамках традиционной технологии проектно-изыскательских работ согласования выполняют путем непосредственных контактов изыскателей с представителями соответствующих организаций и ведомств.

Основные принципиальные недостатки традиционной технологии технических изысканий автомобильных дорог сводятся к следующему:

информация о местности в рамках традиционных изысканий собирается на узкой полосе (60-200 м) вдоль априорно выбранного варианта трассы (как, правило, единственного);

невозможность при последующей разработке проектов использования в полной мере систем автоматизированного проектирования автомобильных дорог и сооружений на них (САПР-АД), поскольку отсутствует информация о местности в объеме, достаточном для многовариантной проработки многих принципиальных направлений трассы;

получение при последующем проектировании во многом случайных, неоптимальных инженерных решений;

низкая производительность изыскательских работ, их высокая стоимость и недопустимо длительные сроки производства изысканий, что связано, прежде всего, с недостаточно широким использованием современных методов и технологий сбора изыскательской информации о местности: ГИС-технологий, GPS-технологий, аэрокосмических изысканий, цифровой фотограмметрии, электронной тахеометрии, аэро- и электронной гидрометрии, ультразвукового эхолотирования, геофизических методов инженерно-геологической разведки и т.д.;

невысокая точность получаемой изыскательской информации;

получение изыскательской информации в виде топографических планов, продольных и поперечных профилей, инженерно-геологических разрезов, отчетов о проведенных экономических изысканиях, топографо-геодезических, гидрометеорологических, инженерно-геологических и т.д. работах в виде, требующем последующей обработки для ее представления в электронном (цифровом) виде.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

3.2. Особенности технологии изысканий автомобильных дорог при проектировании на уровне САПР-АД

В связи с произошедшим в стране в последние десятилетия реальным переходом на технологию и методы производства проектно-изыскательских работ на уровне САПР-АД старая традиционная технология производства изыскательских работ стала неприемлемой для обеспечения современного качественного проектирования автомобильных дорог и во многом стала сдерживающим фактором для дальнейшего развития проектно-сметного дела.

Быстрое развитие средств автоматизации и вычислительной техники предопределило качественное изменение технологии и методов производства проектно-изыскательских работ для разработки проектов новых и реконструируемых автомобильных дорог.

Системное, автоматизированное проектирование предопределяет обязательную многовариантность проработки принципиальных инженерных решений (при автоматизированном проектировании рассматриваемое число вариантов существенно больше по сравнению с традиционной технологией). Это, прежде всего, касается плана трассы, положения проектной линии продольного профиля, конструктивных элементов автомобильных дорог и т.д. Объем исходной изыскательской информации в связи с этим многократно возрастает и, учитывая сжатые (фиксированные) сроки проектирования, эта информация в необходимом объеме уже не может быть получена традиционными методами производства изыскательских работ с использованием морально устаревшего геодезического и инженерно-геологического оборудования. Кроме того, форма представления изыскательской информации не отвечает требованиям системного автоматизированного проектирования.

При многовариантной проработке на уровне САПР-АД большого числа возможных направлений трассы автомобильной дороги уже недостаточно информации, собираемой на узкой полосе вдоль априорно принятого варианта автомобильной дороги, а необходима информация в весьма широкой полосе варьирования, где могут разместиться конкурирующие варианты автомобильной дороги. Эта информация (экономическая, топографическая, почвенно-грунтовая, гидрогеологическая, инженерно-геологическая, гидрометеорологическая и т.д.) не может быть получена в сжатые сроки при использовании традиционных методов и технологий наземных изысканий.

Технология и методы производства изыскательских работ на уровне САПР-АД получили широкое развитие в большинстве стран ближнего и дальнего зарубежья. В Российской Федерации в последние годы также произошел переход в проектно-изыскательском деле на технологию и методы системного, автоматизированного проектирования автомобильных дорог и сооружений на них.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Отличительными особенностями производства изыскательских работ при проектировании на уровне САПР-АД являются:

применение при экономических изысканиях автомобильных дорог и сооружений на них баз данных и геоинформационных систем (ГИС);

получение топографо-геодезической, инженерно-геологической, гидрометеорологической и других видов изыскательской информации в пределах широкой полосы варьирования трассы, без выноса в натуру конкретного варианта трассы. Ширина полосы варьирования может быть особенно значительной (до 1/3 длины трассы) на ранних стадиях проектирования (ОИ), когда рассматриваются принципиальные, конкурирующие направления автомобильной дороги. На этой стадии нередко используют разобщенные зоны варьирования по принципиальным направлениям трассы будущей дороги;

широкое использование методов аэрокосмических изысканий: аэросъемочных, аэрогеодезических, аэрогеологических, аэрогидрометрических и т.д.;

широкое применение методов наземной стереофотограмметрии (фототеодолитных съемок);

широкое применение методов электронной стереофотограмметрии с обработкой материалов аэрокосмических и наземных съемок с использованием автоматизированных систем цифровой фотограмметрии АСЦФ типа «Photomod». Использование при производстве наземных и аэросъемок электронной (цифровой) съемочной аппаратуры;

повсеместное применение методов электронной тахеометрии (т.е. использование электронных тахеометров, светодальномеров, регистрирующих нивелиров и других электронных приборов, автоматически регистрирующих результаты полевых измерений на магнитные носители информации для прямого ввода в память компьютеров);

автоматизация обработки и регистрация полевой изыскательской информации;

подготовка изыскательской информации в виде, пригодном для оперативного использования при системном автоматизированном проектировании, т.е. получение цифровых (ЦММ) и математических (МММ) моделей местности на полосе варьирования трассы;

широкое применение геофизических методов при инженерно-геологических изысканиях с рациональным использованием всего арсенала методов и средств геофизики (электро-, сейсморазведки и т.д.);

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

широкое применение методов лазерного сканирования (особенно при изысканиях для разработки проектов реконструкции и капитального ремонта автомобильных дорог);

повсеместное использование в изысканиях автомобильных дорог (экономических, топогеодезических, инженерно-геологических, геологоразведочных, гидрометеорологических и т.д.) технологий и методов, основанных на применении систем спутниковой навигации «GPS».

Перечисленные выше особенности изысканий позволяют получать громадную по объему информацию для автоматизированного проектирования автомобильных дорог с необходимой точностью и в сжатые (фиксированные) сроки.

Основными задачами дальнейших исследований является разработка новых технологий и методов производства изыскательских работ на базе использования новейшей высокоточной и высокопроизводительной аппаратуры, являющейся продуктом стремительного развития научно-технического прогресса: цифровых и электронных карт, ГИС-технологий, GPS-технологий, лазерного сканирования местности, электронной геофизики, электронной гидрометрии и т.д.

3.3. ГИС-технологии в изысканиях автомобильных дорог

Геоинформационной системой (ГИС) называют интегрированную автоматизированную систему и комплексную компьютерную технологию, базирующуюся на последних достижениях науки и техники в области информатики, космической навигации, электронной тахеометрии, электронной аэрокосмической и наземной стереофотограмметрии, подповерхностного зондирования, связи, организации баз данных и предназначенную для получения, ввода, хранения, обновления, обработки, визуализации различных видов географически привязанной информации для оперативного комплексного анализа, прогнозирования и принятия решений по широкому кругу вопросов, связанных с картографированием, изысканиями, проектированием, строительством и эксплуатацией инженерных объектов, диагностикой, паспортизацией, экономикой, экологией, сервисом, демографией, безопасностью и т.д.

Анализ места ГИС (Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. - М: Финансы и статистика, 1998. - 285 с.) среди других автоматизированных систем позволяет сделать вывод о том, что комплексная автоматизированная обработка информации в ГИС не имеет аналогов с технологиями обработки информации в других автоматизированных системах.

Современные геоинформационные системы представляют собой новый тип автоматизированных интегрированных систем, которые включают в себя как методы обработки данных многих существующих или ранее существовавших систем, таких как АСНИ (научных исследований), САПР (проектирования), АСИС

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

(информационные системы), СУБД (управления базами данных), АСК (картографирования), АСЦФ (фотограмметрические системы), АКС (кадастровые системы) и т.д., так и обладают уникальной спецификой в организации и обработке данных, поставивших их на качественно более высокий уровень как многоцелевых, многоаспектных систем.

Существовавшее до недавнего времени представление о ГИС как об автоматизированных системах управления компьютеризованными базами данных следует считать устаревшим, поскольку в ГИС может входить много баз данных, а полная технология обработки в ГИС значительно шире, чем при работе с конкретной базой данных. Кроме того, любая ГИС обязательно включает в себя систему экспертных оценок, которую реализовать на уровне баз данных не представляется возможным. И, наконец, базы данных в ГИС имеют не только пространственную, но и временную характеристику, что важно, прежде всего, для географических данных.

На основе анализа целей и задач существующих ГИС более правильным следует считать определение ГИС как **геоинформационных** систем, а не как географических информационных систем, поскольку процент чисто географических данных в них относительно невелик. Поэтому можно дать более короткое определение геоинформационным системам (ГИС).

ГИС - это автоматизированная интегрированная информационная система, предназначенная для обработки пространственно-временных данных, основой интеграции которых служит географическая информация.

С точки зрения функционального назначения ГИС можно рассматривать как:

систему управления, предназначенную для обеспечения принятия решений по оптимальному управлению разнообразными пространственными объектами (земельные угодья, природные ресурсы, городские хозяйства, транспорт, экология и т.д.);

автоматизированную информационную систему, объединяющую технологии и технологические процессы известных информационных систем типа САПР, АСНИ, АСИС;

геосистему, включающую технологии (прежде всего технологии сбора информации) таких систем как системы картографической информации (СКИ), автоматизированные системы картографирования (АСК), автоматизированные фотограмметрические системы (АСЦФ), земельные информационные системы (ЗИС), автоматизированные кадастровые системы (АКС) и т.д.;

систему, использующую базы данных, характеризуемую широким набором данных, собираемых с помощью различных методов и технологий, и

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

объединяющие в себе как базы данных обычной (цифровой) информации, так и графические базы данных. При этом особую роль здесь приобретают экспертные системы;

систему моделирования, использующую в максимальном объеме методы и процессы математического моделирования, разработанные и применяемые в рамках других автоматизированных систем;

систему получения проектных решений, использующую методы автоматизированного проектирования в САПР, но и решающую ряд других специфических задач, например, согласование принципиальных проектных решений с землепользователями, заинтересованными ведомствами и организациями;

систему представления информации, являющуюся развитием автоматизированных систем документационного обеспечения (АСДО) и предназначенную, прежде всего, для получения картографической информации с различными нагрузками и в различных масштабах;

интегрированную систему, объединяющую в единый комплекс многообразный набор методов и технологий на базе единой географической информации;

прикладную систему, не имеющую себе равных по широте применения, в частности, на транспорте, навигации, военном деле, топографии, географии, геологии, экономике, экологии, демографии и т.д.;

систему массового пользования, позволяющую применять картографическую информацию на уровне деловой графики для широкого круга пользователей, когда используют картографические данные, далеко не всегда создавая для этой цели топографические карты.

Одним из основных принципов организации пространственной информации в ГИС является **послойный** принцип (рис. 3.1).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru



Рис. 3.1. Пример совокупности тематических слоев, как интегрированной основы графической части ГИС

Концепция послойного представления графической информации была заимствована из систем САПР, однако в ГИС она получила новое качественное развитие, так, например:

тематические слои в ГИС могут быть представлены не только в векторной форме (как в САПР), но и в растровой форме;

векторные данные в ГИС обязательно являются объектными, т.е. несут информацию об объектах, а не об отдельных их элементах, как в САПР;

тематические слои в ГИС являются определенными типами цифровых картографических моделей, построенными на основе объединения пространственных объектов, имеющих общие свойства или функциональные признаки.

Совокупность тематических слоев образует интегрированную основу графической части ГИС, в которых объединяющей основой (подложкой) являются цифровые и электронные карты.

При разработке инженерных проектов (ИП), обоснований инвестиций (ОИ) или технико-экономических частей проектов (ТЭЧ) с непосредственным использованием ГИС решают следующие разделы:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

природно-климатические условия района проектирования: климат, рельеф, гидрография, растительность и почвы, инженерно-геологические и гидрогеологические условия;

транспортная сеть района тяготения (автомобильные дороги, железные дороги, трубопроводы, воздушный транспорт, внутренние водные пути сообщения);

состояние сети автомобильных дорог: годы постройки, категория дорог, состояние дорожных покрытий, земляного полотна, обочин, мостов, путепроводов, водопропускных труб и малых мостов, системы поверхностного водоотвода, обстановки и принадлежностей дорог и т.д.;

экономика района тяготения (промышленность, сельское хозяйство, транспорт и т.д.);

грузооборот, пассажирооборот, грузонапряженность на существующей транспортной сети в существующих условиях;

распределение общего объема грузоперевозок по видам грузов: промышленные, сельскохозяйственные, строительные, лесные, торгово-снабженческие;

распределение объемов перевозок по видам транспортных связей: межобластные, межрайонные, внутрирайонные;

транспортно-эксплуатационные показатели участков автомобильных дорог объемы грузовых перевозок, интенсивность и состав существующих транспортных потоков, средняя скорость транспортных потоков;

потери от ДТП;

себестоимость перевозок;

существующие показатели работы автотранспорта: коэффициент использования пробега, коэффициент использования грузоподъемности автотранспорта, средняя грузоподъемность грузового автотранспорта, количество дней работы автотранспорта в году;

существующая интенсивность движения и состав транспортных потоков в узлах и на перегонах существующей транспортной сети.

Одной из главных задач использования ГИС-технологий в изысканиях автомобильных дорог является обеспечение автоматизированных согласований принципиальных проектных решений (план трассы, продольный профиль, условия пересечений существующих железных, автомобильных дорог, коммуникаций,

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

водотоков, снос, отвод земель и т.д.) с заинтересованными организациями, ведомствами, частными пользователями и владельцами.

3.4. Методы обоснования полосы варьирования конкурирующих вариантов трассы

Размеры полосы варьирования конкурирующих вариантов трассы в значительной степени определяют как объемы аэро- и наземных изысканий, так и объемы проектных работ по поиску наилучшего положения трассы. Назначение излишне широкой полосы варьирования приводит к неоправданному увеличению объемов проектно-изыскательских работ и сильно осложняет поиск наилучшего проектного решения. При занижении ширины полосы варьирования возникает опасность, что наилучший вариант трассы может оказаться за пределами зоны, освещенной материалами изысканий.

В связи с этим обоснованию размеров зоны варьирования трассы должно уделяться исключительное внимание. Выбранная зона варьирования должна охватывать все участки местности, где могут пройти конкурирующие варианты автомобильной дороги.

Ширину полосы варьирования трассы до недавнего времени устанавливали по топографическим картам (обычно М 1:25 000-1:10 000), по материалам аэросъемок прошлых лет и по результатам воздушных обследований с учетом топографо-геодезических, ситуационных, инженерно-геологических, почвенно-грунтовых, гидрогеологических, гидрометеорологических и других условий. При этом обоснование полосы варьирования осуществлялось, как правило, субъективно без использования аналитических программ и компьютерной техники.

В практике изысканий и проектирования дорог за рубежом (например, в США, Канаде и др.) выбору полосы варьирования трассы на стадии подготовительных работ, предшествующих собственно изысканиям, уделяется огромное внимание. И это не случайно, поскольку при обоснованной полосе варьирования трассы в ходе последующего проектирования удается находить проектные решения, строительная стоимость которых до 10 % ниже стоимости вариантов без предварительного детального обоснования полосы варьирования, при одновременном снижении стоимости изысканий и проектирования, трудовых затрат и сокращения сроков выполнения проектно-изыскательских работ. В США, например, в связи с этим затраты на рекогносцировочные изыскания и обследования полосы варьирования составляют около 50 % от суммы затрат на весь комплекс изыскательских работ.

В связи с произошедшим в стране переходом на технологию и методы системного, автоматизированного проектирования автомобильных дорог все большее значение начинают приобретать методы аналитического обоснования

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

полосы варьирования трассы с использованием компьютерных программ. Первый аналитический метод обоснования полосы варьирования трассы в нашей стране был разработан Д.Г. Румянцевым (Федоров В.И., Румянцев Д.Г. Инженерные аэроизыскания автомобильных дорог. - М.: Транспорт, 1984. - 240 с. Федотов Г.А. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог. - М.: Транспорт, 1986. - 318 с). Суть его сводится к следующему.

С использованием имеющихся топографических карт, цифровых и электронных карт, материалов аэроизысканий прошлых лет, материалов изысканий, выполненных на предшествующих стадиях проектирования, а также результатов воздушных обследований строят предварительную цифровую модель местности (ЦММ), которой охватывают заведомо большую территорию, чем это требуется для установления наилучшего направления трассы. Особенно часто для этой цели используют материалы изысканий предшествующих стадий проектирования, например, материалы рекогносцировочных изысканий на стадии обоснования инвестиций (ОИ), для обоснования полосы варьирования, для разработки инженерного проекта (ИП) и т.д.

При подготовке предварительной ЦММ и аналитического определения границ полосы варьирования конкурирующих вариантов трассы из рассмотрения сразу же исключают объекты и участки местности, проход трассы автомобильной дороги через которые либо заведомо нецелесообразен (ценные сельскохозяйственные угодья, болота, оползни, осыпи, засоленные почвы, закарстованные участки местности, вечномерзлые грунты и т.д.), либо вовсе невозможен (территории промышленных предприятий, населенные пункты, территории оборонных объектов, заповедные зоны и т.д.), а также устанавливают фиксированные точки и направления, проход трассы через которые обязателен. Рассматривают также участки местности, где в ходе аналитического трассирования необходимо решить вопрос возможности их обхода, либо пропуска через них трассы автомобильной дороги. К таким участкам относят отмеченные выше ценные сельскохозяйственные угодья, болота, оползни, осыпи, засоленные почвы, закарстованные участки и, кроме того, пучинистые участки местности, конусы выноса и т.д. Им придают соответствующие стоимостные значения возведения земляного полотна автомобильной дороги, и появляется возможность автоматического альтернативного решения трассы в пользу обхода участка местности с высокой стоимостью строительных работ, либо в пользу прохождения с трассой по этому участку, если его обход связан со значительным удлинением трассы.

Границы полосы варьирования устанавливают путем аналитического предварительного компьютерного трассирования с использованием предварительной ЦММ, на которой отмечают границы участков, прохождение трассы через которые заведомо нецелесообразно (рис. 3.2, зона а); границы зон с различными стоимостными показателями возведения земляного полотна автомобильной дороги (рис. 3.2, зоны б-д); структурные линии с точками

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

характерных изломов местности. При этом точки излома контуров и рельефа нумеруют по линиям, располагаемым поперек направления воздушной линии.

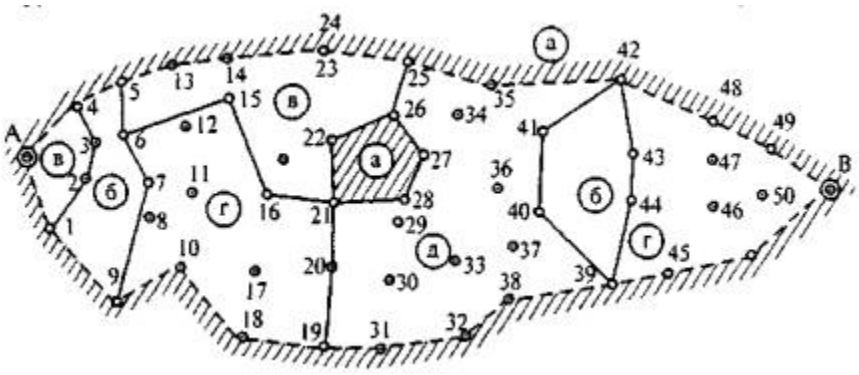


Рис. 3.2. Предварительная цифровая модель местности для обоснования окончательных границ полосы варьирования трассы

Компьютерное определение границ полосы варьирования производится в следующей последовательности (рис. 3.3):

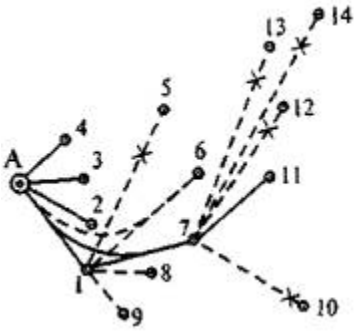


Рис. 3.3. Вариантный перебор возможных направлений трассы

в каждый образованный угол поворота трассы и в каждый перелом продольного профиля вписывают горизонтальные и вертикальные кривые минимальных радиусов, сообразно категории дороги. Зоны размещения кривых ограничивают концом предыдущей и началом последующей кривых;

все варианты, для которых допустимые радиусы кривых в плане и продольном профиле вписаны быть не могут, а продольные уклоны оказываются больше допустимых, из рассмотрения исключаются;

в пределах полученной таким образом зоны осуществляют перебор всех возможных вариантов с сопоставлением их между собой по укрупненным приведенным затратам. К дальнейшему рассмотрению принимают зону, разместившуюся между лучшим вариантом и прилегающими к нему вариантами,

приведенные затраты для которых не отличаются более чем на 15 % от лучшего варианта трассы. При этом могут быть получены разобщенные зоны, каждая из которых определяет свое принципиальное направление трассы. Появление разобщенных зон варьирования характерно для ранних стадий проектирования (ОИ).

Детальный сбор изыскательской информации осуществляют после этого уже только в пределах обоснованной полосы (или полос) варьирования наилучших вариантов трассы. На ранних стадиях проектирования (ОИ) нередко приходится рассматривать значительное число принципиальных направлений трассы.

В связи с необходимостью при проектировании на уровне САПР-АД получения исходной экономической, топографической, инженерно-геологической, гидрогеологической, почвенно-грунтовой, гидрометеорологической и других видов обязательной изыскательской информации на полосе варьирования трассы значительной ширины самой важной на стадии производства полевых работ становится проблема

использования современных, высокопроизводительных и достаточно точных методов автоматизированного сбора, регистрации и обработки исходных данных о местности. Эта задача может быть решена лишь при условии выполнения изыскательских работ силами специализированных организаций, оснащенных парком современного аэросъемочного, электронного геодезического, электронного стереофотограмметрического, навигационно-космического, инженерно-геологического оборудования, а также вычислительной техники, укомплектованной развитым парком периферийного оборудования (лазерными и струйными принтерами, сканерами, плоттерами и т.д.).

Основными задачами дальнейших исследований в этой важнейшей области изысканий являются: научное обоснование дифференцированных в зависимости от стадий проектирования значений отклонений укрупненных приведенных затрат между лучшим вариантом трассы и двумя крайними, оконтуривающими границы зоны варьирования (в настоящее время это 15 %). Очевидно эти отклонения должны быть меньшими для более поздних стадий проектирования;

разработка нового метода обоснования полосы варьирований трассы, основанного на построении экономической модели местности (ЭММ) - «экономической лощины» с использованием принципов сплайн-трассирования.

3.5. Цифровое моделирование рельефа, ситуации и геологического строения местности

Цифровой моделью местности (ЦММ) называют совокупность точек местности с известными трехмерными координатами и различными кодовыми

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

обозначениями, предназначенную для аппроксимации местности с ее природными характеристиками, условиями и объектами.

Кодовые обозначения характеризуют связи между соответствующими точками ЦММ.

Общая ЦММ - это многослойная модель, которая в зависимости от назначения может быть представлена сочетанием частных цифровых моделей (слоев): рельефа, ситуационных особенностей, почвенно-грунтовых, гидрогеологических, инженерно-геологических, гидрометеорологических условий, технико-экономических показателей и других характеристик местности.

Математической моделью местности (МММ) называют математическую интерпретацию цифровых моделей для компьютерного решения конкретных инженерных задач.

В зависимости от инженерного назначения математической модели для одной и той же ЦММ может быть использовано несколько различных МММ.

В рамках системного автоматизированного проектирования (САПР) рациональным образом распределяются функции между инженером-проектировщиком, компьютером и другими средствами автоматизации. Поэтому при решении ряда инженерных задач строительства инженер работает с доступными ему топографическими картами и планами, поручая компьютеру работу с доступными ему цифровыми и математическими моделями тех же участков местности.

Конечным результатом инженерных изысканий при проектировании (САПР) по этой причине является получение крупномасштабных топографических планов и ЦММ на один и тот же участок местности в единой системе координат. Однако нужно иметь в виду, что информационная емкость обшей ЦММ при этом существенно больше информационной емкости самых подробных крупномасштабных топографических планов.

ЦММ и МММ используют, прежде всего, для получения необходимой исходной информации для автоматизированного проектирования (продольного профиля земли по оси трассы («черного» профиля), поперечных профилей, инженерно-геологических разрезов и т.д.).

Возможности цифрового и математического моделирования позволили, в частности, в корне изменить технологию проектирования автомобильных дорог и потребовали изменения технологии и методов сбора, регистрации и представления исходных данных при изысканиях.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

3.6. Виды цифровых моделей местности

Конечной целью изысканий автомобильных дорог при проектировании на уровне САПР-АД является, прежде всего, получение крупномасштабного топографического плана местности в пределах широкой полосы варьирования конкурентных вариантов трассы и цифровой модели рельефа, геологического и гидрогеологического строения того же участка местности (ЦММ) в единой системе координат. По ЦММ и получаемым на их основе математическим моделям местности (МММ) в конечном итоге осуществляют системное, автоматизированное проектирование конкурентных вариантов трассы автомобильных дорог. Трудовые затраты на получение с помощью ЦММ необходимой для проектирования информации (профили земли по оси трассы, поперечные профили земли, инженерно-геологические разрезы и т.д.) оказываются в несколько десятков раз меньшими, по сравнению с получением той же информации при использовании топографических планов и стереоскопических моделей по традиционной технологии.

При цифровом моделировании рельефа, геологического и гидрогеологического строения местности в зависимости от сложности рельефа, ситуационных особенностей местности; способа производства изысканий, задач проектирования, наличия парка современных геодезических приборов, приборов спутниковой навигации, средств геофизической подповерхностной разведки, средств автоматизации и вычислительной техники могут быть сформированы ЦММ с использованием самых разнообразных принципов.

Вопросами разработки различных видов ЦММ было посвящено большое количество исследований. При этом, все известные виды ЦММ можно разбить на три большие группы: регулярные, нерегулярные и статистические.

Регулярные ЦММ создают путем размещения точек в узлах геометрически правильных сеток различной формы (треугольных, прямоугольных, шестиугольных), накладываемых на аппроксимируемую поверхность с заданным шагом. Наиболее часто применяют ЦММ с размещением исходных точек в узлах сеток квадратов (рис. 3.4, а) или равносторонних треугольников (рис. 3.4, б). Регулярные ЦММ в узлах правильных шестиугольных сеток (рис. 3.4, в) нашли применение при проектировании нефтепромысловых дорог в условиях равнинного рельефа Западной Сибири.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

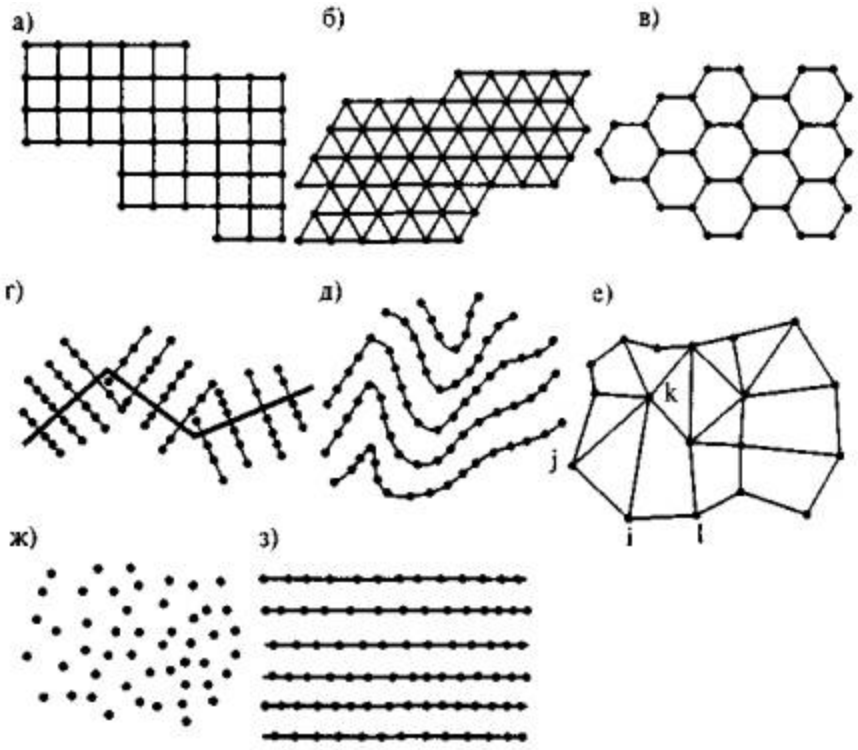


Рис. 3.4. Виды цифровых моделей местности:
а - в узлах правильных прямоугольных сеток; б - в узлах треугольных сеток; в - в узлах шестиугольных сеток; г -на поперечниках к магистральному ходу; д - на горизонталях; е - на структурных линиях; ж - статистическая; з - на линиях, параллельных оси фотограмметрических координат

Массив исходных данных для регулярных ЦММ (рис. 3,4 а-в) может быть представлен в следующем виде:

$$F, m, n, x_0, y_0, H_{11}, ..., H_{1m}, ..., H_{nm} \qquad (3.1)$$

F - шаг сетки;

m - число точек по горизонтали;

n - число строк по вертикали;

$H_{11}, ..., H_{1m}, ..., H_{nm}$ - высоты точек в узлах сетки.

Регулярные модели (3.1) весьма эффективно использовать при проектировании вертикальной планировки городских улиц, площадей, аэродромов и других инженерных объектов на участках местности с равнинным рельефом. Опыт использования ЦММ с регулярным массивом исходных данных показал, что

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

требуемая точность аппроксимации рельефа достигается лишь при очень высокой плотности исходных точек местности, которая в зависимости от категории рельефа должна быть в 5-20 раз выше по сравнению с нерегулярными ЦММ. Появление высокопроизводительных дигитайзеров и координиметров с автоматической регистрацией информации по заданным интервалам длины или времени, тем не менее, делает использование регулярных моделей (3.1) весьма перспективным.

Нерегулярные ЦММ, представленные большим числом типов нашли широкое применение в практике автоматизированного проектирования объектов строительства.

Весьма часто используют ЦММ, построенные по поперечникам к магистральному ходу (рис. 3.4, г). Массив исходных данных для ЦММ этого типа представляют в следующем виде:

$$y_1, x_{11}, H_{11}, x_{12}, H_{12}, \ldots, x_{1j}, H_{1j};$$
$$y_2, x_{21}, H_{21}, x_{22}, H_{22}, \ldots, x_{2k}, H_{2k};$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$y_i, x_{i1}, H_{i1}, x_{i2}, H_{i2}, \ldots, x_{il}, H_{il}; \quad \text{где} \qquad (3.2)$$

$y_1, y_2, \ldots, y_i$ - расстояние между началом трассы и точками пересечения ее оси и соответствующими поперечниками;

$x_{11}, x_{12}, \ldots, x_{il}$ - расстояния между исходными точками ЦММ на поперечниках и осью трассы, принимаемые положительными влево от трассы и отрицательными - вправо;

$H_{11}, H_{12}, \ldots, H_{il}$ - высоты исходных точек.

Поскольку магистральный ход в общем случае может иметь углы поворота для представления нерегулярного массива (3.2) необходимо еще задавать и координаты вершин углов поворота. Информацию для криволинейной трассы представляют уже в трехкоординатном виде.

ЦММ, построенные по поперечникам к оси магистрального хода или к оси трассы, находили широкое применение в начальный период перехода на системное автоматизированное проектирование линейных инженерных объектов, когда исходная изыскательская информация собирается в соответствии со старой традиционной технологией изысканий, а также при разработке проектов реконструкции автомобильных дорог.

При наличии крупномасштабных топографических планов и карт часто оказывается весьма эффективным создание ЦММ с массивом исходных точек,

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

размещаемых на горизонталях с регистрацией их плановых координат дигитайзером через определенные интервалы длины (рис. 3.4, д). Массив исходных данных модели записывают в следующем виде:

$$H_1, x_{11}, y_{11}, x_{12}, y_{12}, \ldots, x_{1j}, y_{1j};$$
$$H_2, x_{21}, y_{21}, x_{22}, y_{22}, \ldots, x_{2j}, y_{2j};$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$H_i, x_{i1}, y_{y1}, x_{i2}, y_{i2}, \ldots, x_{ij}, y_{ij}; \quad \text{где}$$

(3.3)

H_1, H_2, ... , H_i - высоты соответствующих горизонталей;

$x_{11}, y_{11}, \ldots , x_{21}, y_{21}, \ldots , x_{ij}, y_{ij}$ - плановые координаты точек на горизонталях.

Массив точек (3.3) может быть сформирован также в ходе рисовки горизонталей на стереофотограмметрическом приборе. Весьма перспективным для создания ЦММ данного типа является использование сканирующих дигитайзеров - автоматов и координиметров.

При автоматизированном проектировании инженерных сооружений широко используют также цифровые модели на структурных линиях (структурные ЦММ), размещаемых по характерным изломам местности и с учетом ее ситуационных особенностей. Эти ЦММ обладают наименьшей исходной информационной плотностью точек местности (рис. 3.4, е).

Массив исходных точек структурных ЦММ задают:

в явном виде

$x_i, y_i, H_i, j, k, l, \ldots$, где

(3.4)

x_i, y_i, H_i - координаты i-й точки массива характерных точек рельефа и ситуации;

$j, k, l, \ldots$ - номера других точек того же массива, в направлении которых можно вести линейную интерполяцию высот; в неявном виде

$$x_1, y_1, H_1, \ldots, x_i, y_i, H_i, ПР;$$
$$x_{i+1}, y_{i+1}, H_{i+1}, \ldots, x_j, y_j, H_j, ПР;$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$x_m, y_m, H_m, \ldots, x_n, y_n, H_n, ПР; \quad \text{где}$$

(3.5)

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

ПР - признак, определяющий ту или иную последовательность исходных точек той или иной структурной линии рельефа.

Структурные ЦММ (3.4, 3.5) используют главным образом при невысокой степени автоматизации процесса сбора и регистрации исходной информации (например, при использовании материалов обычной тахеометрической съемки, при ручной, либо полуавтоматической фотограмметрической обработке снимков, при дигитализации топографических планов и карт и т.д.).

В зависимости от вида исходного материала, используемого для формирования ЦММ, в практике автоматизированного проектирования применяют и другие виды нерегулярных цифровых моделей, например, ЦММ, построенные на линиях, параллельных координатным осям стереофотограмметрического прибора (рис. 3.4, ж), при использовании для формирования массивов точек материалов аэрофотосъемок.

Статистические ЦММ (3.6) предполагают в своей основе нелинейную интерполяцию второго и третьего и т.д. порядков. При создании массива исходных данных статистической ЦММ точки для ее формирования выбирают в зависимости от случайного распределения, близкого к равномерному (рис. 3.4, д).

Статистические модели являются во многом универсальными. Сфера их применения весьма широка и не ограничивается какими-либо категориями рельефа местности, наличием того или иного исходного материала для создания ЦММ и наличием тех или иных приборов.

Массив исходных данных статистической ЦММ представляют в виде:

$x_1, y_1, H_2, x_2, y_2, H_2, \ldots, x_n, y_n, H_n$, где (3.6)

$x_1, y_1, H_2, \ldots, x_n, y_n, H_n$ - координаты точек статистической модели.

3.7. Методы построения цифровых моделей местности

Цифровые модели рельефа и инженерно-геологического строения местности формируют на основе использования материалов наземных и аэрокосмических изысканий. Целесообразно использовать те методы топографических съемок, которые обеспечивают получение информации о местности в электронном виде, что позволяет максимально автоматизировать процесс подготовки топографических планов и ЦММ.

Тахеометрические съемки особенно эффективны, если их выполняют с использованием электронных тахеометров или компьютерных геодезических станций с регистрацией снимаемой информации непосредственно на магнитные

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

носители в режиме реального времени или последующем ее вводе в память базового компьютера.

Фототеодолитные съемки. Обработку результатов фототеодолитных съемок целесообразно выполнять на универсальных стереофотограмметрических приборах с автоматической регистрацией измеряемых координат точек местности или выполнять системную компьютерную обработку, используя для этой цели автоматизированные системы типа «Fotomod».

Наземное лазерное сканирование трехмерным лазерным сканером, измеряющим трехмерные координаты точек впередилежащей местности с помощью лазерного импульсного безотражательного дальномера, который поворачивается по вертикали и горизонтали с получением плотного массива точек. Это современный оперативный вид съемки местности, который вобрал в себя последние достижения компьютерных технологий. Применение лазерного сканирования местности в настоящее время оказывается особенно эффективным в связи с большими объемами полевых работ по сбору информации для разработки проектов реконструкции и капитального ремонта существующих автомобильных дорог.

Аэрофотосъемки. Определение координат точек местности при обработке стереопар целесообразно производить на универсальных стереофотограмметрических приборах с автоматической регистрацией измеряемых координат на магнитных носителях, либо производить системную компьютерную обработку, используя для этой цели автоматизированные системы типа «Fotomod», предварительно сканировав стереопары или используя для этой цели электронные фотографии.

Наземно-космические съемки с использованием систем спутниковой навигации «GPS» наилучшим образом подходят для создания ЦММ, поскольку обеспечивают получение информации о местности непосредственно в электронном виде на магнитных носителях, что позволяет максимально автоматизировать процесс подготовки моделей.

Инженерно-геологические изыскания выполняют комплексно с использованием методов традиционной инженерно-геологической разведки (механическое бурение, шурфование, устройство расчисток и т.д.), аэрогеологической разведки (цветные, спектрозональные, тепловые аэросъемки) и методов воздушной и наземной геофизики с автоматической регистрацией измерений на магнитные носители (вертикальное электрозондирование, электропрофилирование, сейсморазведка, статическое и динамическое зондирование и т.д.). Использование средств автоматизации и компьютерной обработки данных инженерно-геологических изысканий является совершенно обязательным.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Цифровые и математические модели, представляемые в геодезических прямоугольных координатах без искажения масштабов, тем не менее, могут характеризоваться различной точностью и степенью детализации элементов рельефа, ситуации и геологического строения местности, что связано с категорией рельефа, ситуационными особенностями аппроксимируемого участка местности, масштабами используемых для построения ЦММ топографических планов и материалов аэросъемок, принятым типом цифровой модели, плотностью исходных точек и методикой аппроксимации поверхности.

Необходимая точность модели обязательно должна быть увязана с требуемой точностью решаемых по ней инженерных задач.

При использовании для построения ЦММ материалов традиционных топографических съемок точность ситуационных контуров принимают в соответствии с точностью выполняемых топографических съемок равной 1 мм в масштабе плана. Точность представления рельефа не должна выходить за пределы ¼высоты сечения горизонталей в равнинной местности, ½ высоты сечения - в пересеченной местности и 1 высоты сечения - в горной. Точность ЦММ при использовании материалов топографических съемок, выполняемых с помощью электронных тахеометров или приемников спутниковой навигации «GPS», учитывая, что запись информации ведется безошибочно на магнитные носители, зависит главным образом от точности используемых приборов.

При построении ЦММ по существующим топографическим планам и картам характерные точки местности снимают с точностью, принимаемой равной: 0,5 мм - для отображения ситуационных особенностей местности и 0,2, 0,3 и 0,5 высоты сечения - для отображения соответственно равнинного, пересеченного и горного рельефов.

При создании ЦММ по материалам аэросъемок или фототеодолитных съемок точность отображения ситуационных особенностей местности и рельефа определяется точностью считывания фотограмметрических координат, которую обеспечивает тот или иной используемый стереофотограмметрический прибор.

Для обеспечения необходимой точности аппроксимации рельефа местности плотность исходного массива точек (среднюю удаленность друг от друга) для регулярных и нерегулярных (статистических) моделей принимают:

в равнинной местности.....20-30 м;

в пересеченной местности.....10-15 м;

в горной местности.....5-7 м.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

3.8. Математическое моделирование местности

Математические связи между исходными точками цифровых моделей описывают линейными, либо нелинейными (степенными) зависимостями. В первом случае связь между смежными точками модели описывается уравнениями плоскостей, проходящими через каждые три смежные точки модели, во втором - криволинейными поверхностями разного порядка, и, таким образом, рельеф местности задается либо множеством пересекающихся между собой плоскостей, либо поверхностей различного порядка кривизны.

Решение наиболее актуальной задачи при математическом моделировании рельефа и инженерно-геологического строения местности заключается в определении высот точек местности, а также уровней грунтовых вод и соответствующих геологических напластований в пикетных и плюсовых точках по оси запроектированных вариантов трассы и на поперечниках.

Подавляющее число регулярных и нерегулярных ЦММ предполагают при последующем математическом моделировании линейную интерполяцию высот между смежными точками модели.

Задача определения высот точек трассы, уровней грунтовых вод и поверхностей геологических напластований сводится к нахождению в каждом случае тех смежных исходных точек модели, между которыми попадает соответствующая искомая точка трассы, в нахождении коэффициентов уравнения плоскости, проходящей через эти три точки, и, наконец, в определении по полученному уравнению искомой высоты заданной точки (рис. 3.5).

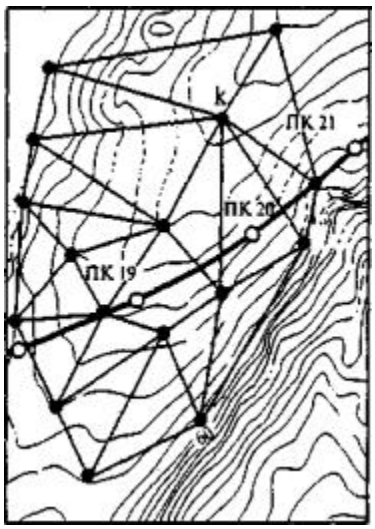


Рис. 3.5. Линейная интерполяция высот между смежными точками ЦММ

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Если искомая точка трассы (например, ПК 20) попадает между смежными исходными точками ЦММ с номерами *j*, *k* и *l*, то уравнение искомой плоскости в общем виде может быть представлено:

$$H = AX + BY + C.$$
(3.7)

В уравнении (3.7) известны проектные координаты *X* и *Y* точки трассы (например, ПК 20), высоту которой нужно определить, но не известны коэффициент *A*, *B* и *C* уравнения плоскости, проходящей через исходные точки *j*, *k* и *l* цифровой модели.

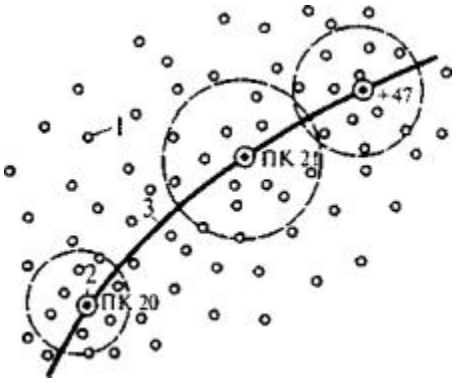
Если в уравнение (3.7) подставить известные координаты трех исходных точек цифровой модели, то получим три уравнения, в которых не известны только три коэффициента *A*, *B* и *C*:

$$H_j = Ax_j + By_j + C;$$
$$H_k = Ax_k + By_k + C;$$
$$H_l = Ax_l + By_l + C;$$
(3.8)

Система уравнений (3.8) решается в матричной форме или методом «прогонки», в результате чего определяются неизвестные коэффициенты *A*, *B* и *C*.

Уравнение (3.7), подставив в которое проектные координаты *X* и *Y* искомой точки трассы, определяет ее высоту *H*.

Наиболее универсальными являются статистические ЦММ (3.6), математическая реализация которых заключается в использовании метода «плавающего квадрата» или «плавающего круга», в пределах которого строится криволинейная поверхность *n*-го порядка (рис. 3.6).



Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Рис. 3.6. Математическое моделирование рельефа «плавающей» криволинейной поверхностью:
1 - точки статистической ЦММ; 2 - точки трассы; 3 - трасса

Наиболее часто для математического моделирования рельефа используют уравнения поверхности 2-го порядка:

$H = AX^2 + BXY + CY^2 + DX + EY + F$, где
(3.9)

X, Y - известные проектные координаты точки, высоту которой требуется определить; A, B, C, D, E, F - коэффициенты уравнения аппроксимирующей поверхности 2-го порядка.

Основная идея «плавающей» аппроксимации заключается в том, что по трассе дороги от точки к точке перемещается круг или квадрат таким образом, что каждая точка трассы, высоту которой требуется определить, размещается в его центре (например, ПК 20 на рис. 3.6). Радиус круга или размеры стороны квадрата автоматически устанавливаются такими, чтобы в их пределы попало не менее 10 исходных точек модели. Поскольку радиус круга или размеры стороны квадрата меняются с дискретным шагом, соответственно Dr и Db, то в пределах выделяемых ими площадей может оказаться и более 10 точек модели (например, 11, 12, 13 и т.д.).

Поскольку коэффициенты A, B, C, D, E, F в аппроксимирующем уравнении (3.9) не известны, то для каждой точки модели, попавшей в пределы круга или квадрата, записывают уравнения:

$$H_j = Ax_j^2 + Bx_jy_j + Cy_j^2 + Dx_j + Ey_j + F;$$
$$H_k = Ax_k^2 + Bx_ky_k + Cy_k^2 + Dx_k + Ey_k + F;$$
$$\ldots\ldots\ldots

H_j, x_j, y_j,... , H_n, x_n, y_n - известные координаты точек модели, попавших в пределы круга или квадрата.

Поскольку число неизвестных в системе (3.10) меньше числа уравнений (которых не менее 10), то система решается методом «наименьших квадратов». Таким образом, определяют неизвестные коэффициенты аппроксимирующего уравнения (3.9), подставив в которое известные проектные координаты *X* и *У* точки трассы (например, ПК 20), определяют ее высоту *Н*.

Далее центр круга или квадрата перемешают в очередную точку трассы (например, на ПК 21) и процедура повторяется. При этом, если плотность исходных точек модели в районе очередной точки трассы уменьшилась, то размеры круга или квадрата автоматически возрастут, а если плотность возросла - то наоборот уменьшатся.

Для математического описания ситуационных, почвенно-грунтовых, гидрогеологических и других условий местности используют контурную индексацию объектов местности с перечнем номеров точек вдоль каждого контура (граница пашни, лес, река, ЛЭП, газопровод и т.д., например: $К_3$; 3; 21; 43; 24; 26. Для замкнутых контуров (здание, сад, огород, пруд и т.д.) точки замыкания повторяются, например: $С_7$; 13; 15; 52; 16; 13.

3.9. Задачи, решаемые с использованием цифровых и математических моделей

В рамках системного автоматизированного проектирования (САПР) автомобильных дорог с помощью цифровых и математических моделей решается широкий круг инженерных задач, которые ранее частично находили решение другими методами и средствами:

оптимальное пространственное трассирование автомобильных дорог. Решение этой актуальной задачи с привлечением математического аппарата оптимизации проектных решений стало возможным благодаря развитию методов цифрового и математического моделирования местности;

получение продольных профилей земли по оси вариантов трассы, запроектированных с использованием крупномасштабных топографических планов. В рамках изысканий при традиционном проектировании продольный профиль по оси трассы получали в результате выполнения трудоемкого комплекса полевых геодезических работ, как правило, средствами традиционной наземной геодезии (трассирование. закрепление трассы, разбивка пикетажа, двойное геометрическое нивелирование и т.д.);

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

получение поперечных профилей земли. Эта работа при традиционных изысканиях выполнялась, как правило, методом тригонометрического нивелирования (иногда, геометрическим нивелированием);

получение продольных по оси трассы и поперечных инженерно-геологических разрезов. При традиционных изысканиях эту совершенно необходимую для проектирования информацию получали в результате выполнения комплекса чрезвычайно трудоемких и дорогих инженерно-геологических работ путем механического бурения, шурфования, устройства расчисток и т.д.;

получение исходной инженерно-гидрологической информации для проектирования водопропускных сооружений и системы поверхностного водоотвода (площади водосбора, живые сечения, морфостворы и гидростворы, уклоны логов и их склонов и т.д. для математического моделирования стока ливневых и талых вод и т.д.);

проектирование системы дорожного поверхностного водоотвода (кюветы, быстротоки, нагорные и водоотводные канавы и т.д.);

решение задачи распределения земляных масс и подсчеты объемов земляных работ;

решение задач вертикальной планировки при проектировании городских площадей, строительных площадок, городских улиц и дорог;

пространственное моделирование полотна автомобильных дорог и прилегающего ландшафта. Решение этой задачи широко используют при ландшафтном проектировании автомобильных дорог для обеспечения зрительной плавности и ясности трассы и обеспечения гармоничного вписывания полотна автомобильных дорог в прилегающий ландшафт с обеспечением высоких уровней удобства и безопасности движения;

проектирование транспортных развязок автомобильных дорог в одном и разных уровнях.

Развитие и совершенствование методов цифрового и математического моделирования местности во многом предопределили и повлияли на изменение технологии и методов изысканий и проектирования автомобильных дорог, и дальнейший прогресс проектно-изыскательского дела невозможен без широкого использования в ходе выработки проектных решений, их оценки и корректировки цифровых и математических моделей местности.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

ГЛАВА 4. ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

4.1. Структура экономического обоснования дорожного строительства

Кардинальные изменения социально-экономических условий, произошедшие в нашей стране, требуют корректировки подходов, ранее применявшихся при разработке экономического обоснования дорожного строительства. Необходимо использовать методики расчета экономической эффективности инвестиционных проектов дорожного строительства в соответствии с общепринятыми в мировой практике подходами. С вводом в экономику страны рыночных механизмов существенно усложнилось проведение сбора исходных данных. Нестабильность российской экономики порождает существенную неопределенность прогнозов, особенно долгосрочных. Бурный рост парка легковых автомобилей на фоне падения объемов инвестиций в отрасль приводит к ухудшению качества обслуживания автотранспортных потоков, увеличению экономических потерь от задержек в заторах, особенно в больших городах.

Для повышения качества экономического проектирования, прежде всего, необходимо отказаться от ложного представления об экономии государственных средств за счет необоснованного уменьшения количества полос движения с соответствующим уменьшением ширины проезжей части, земляного полотна и ухудшения других технических параметров дорожных объектов. Негативно на экономические показатели эффективности влияет искусственное увеличение сроков строительства из-за ошибочных подходов к финансированию дорожного строительства. С экономической точки зрения, очевидно, что объект, принятый к реализации, должен вводиться в эксплуатацию в кратчайшие сроки, чтобы общество как можно быстрее стало получать выгоды от сделанных затрат.

Традиционная методика сбора исходных данных не может быть применена в современных условиях, и необходимо использовать более сложные модельные подходы, базирующиеся на методах современного математического, компьютерного моделирования.

Данный раздел призван помочь экономистам транспортного строительства сформировать научные подходы, отвечающие современным требованиям к проведению экономических обоснований инвестиционных проектов дорожного строительства и носит рекомендательный характер. Раздел подготовлен под руководством главного специалиста ОАО "Гипротрансмост" Миножетдинова Х.К.,

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

канд. эконом. наук Бушанским С.П., канд. техн. наук Рябиковым Н.А. и д-ром. геогр. наук, проф. Гольцем Г.А.

С целью повышения качества экономического обоснования в настоящее время рекомендуется принимать следующую последовательность экономических исследований:

составление предпроектного предложения, которое должно включать предварительные расчеты стоимости и экономической эффективности проекта;

составление сметы на выполнение экономических изысканий, которая должна соответствовать масштабу проекта;

проведение комплексного обследования района проектирования. Результаты обследования оформляют как и обоснование инвестиций (ОИ) проекта;

ОИ рассматривает экспертиза, которая и принимает решение о целесообразности реализации проекта.

Для повышения качества принимаемых решений в нормативных документах должны найти отражение более жесткие требования к проведению обследований транспортных потоков в зоне тяготения нового дорожного объекта или реконструкции, без соблюдения которых проект не может пройти экспертизу.

Исследования по обоснованию инвестиционных проектов оформляют в виде документации, в которой находят отражение все аспекты проекта, включая организационные. Структура итогового документа должна отражать этапность и содержание проведенного исследования. Рекомендуемый состав экономической части обоснования инвестиций в строительство дорожного объекта следующий:

участники инвестиционного проекта;

аннотация;

история вопроса;

краткая социально-экономическая характеристика региона;

обследование существующих транспортных связей и условий автомобильного движения;

вариантный выбор оптимального местоположения нового дорожного объекта (принципиальные варианты направления трассы);

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

расчет 20-и летней перспективной интенсивности движения на рассматриваемой транспортной сети;

определение народнохозяйственной (общественной, экономической) эффективности инвестиций;

выводы.

Участники инвестиционного проекта.

Раздел содержит краткие характеристики Заказчика проекта и перечень исполнителей с указанием направлений их деятельности.

Аннотация.

Содержит краткую характеристику проекта с выводами и рекомендациями о целесообразности осуществления проекта. Содержит описание принятых проектных решений (начало строительства, продолжительность, стоимость, основные показатели народнохозяйственной эффективности проекта). Указываются заказчик проекта, предполагаемые источники финансирования, генеральная проектная организация, подрядная строительная организация, задание и основание для проектирования.

История вопроса.

Проектированию крупного транспортного объекта обычно предшествует длительный период обсуждений и разработки проектной документации (в составе генплана, комплексной транспортной схемы и в других проблемных работах), выполненных с разной степенью детализации и, следовательно, степенью обоснованности принимаемых решений. В разделе приводят мотивацию принятых проектных решений. Формулируют цели проекта. Освещают недостатки существующих условий и организации движения транспортных потоков на отдельных участках. Приводят описание ранее реализованных проектов дорожного строительства.

Краткая социально-экономическая характеристика региона.

В разделе анализируют динамику и осуществляют прогноз основных показателей социально-экономического развития региона, в котором намечена реализация проекта: валовой региональный продукт, численность населения, объемы пассажирских и грузовых перевозок, пассажиро- и грузооборот, объемы инвестиций, объемы жилищного строительства, характеристика существующего парка автомобилей.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В раздел включают описание существующих планов перспективного развития транспортных магистралей областей, районов, городов и пригородных зон.

Обследование существующих транспортных связей и условий автомобильного движения.

Сбор исходных данных является наиболее серьезной и трудно решаемой проблемой. Недостаточное внимание к этому вопросу во многом обусловливает низкое качество экономических и транспортных расчетов, а значит, и принимаемых принципиальных решений.

Изучение транспортных потоков обычно начинают с определения объемов зарождений и поглощений грузовых и пассажирских поездок. Для определения объемов зарождений и поглощений грузовых поездок важными являются оценка и прогноз объемов производства промышленной продукции, товаров и услуг для грузообразующих и грузопоглощающих пунктов, а также структуры грузопотоков и численности парка грузовых автомобилей. Для оценки объемов пассажирских перевозок используют следующие данные: численность населения; количество отдельных семей; численность населения, проживающего в личных домах; число работающих жителей; число семей с разбивкой по количеству принадлежащих им легковых автомобилей и доходу. Объемы поглощений пассажирских поездок оценивают на основе данных о численности работников, занятых в различных отраслях производства с распределением их по служащим и рабочим, количестве учащихся, характере использования территорий.

Исследование объемов зарождений и поглощений поездок все же, как правило, не дает полной картины, поскольку все данные о деятельности предприятий и населения собрать сложно. Поэтому всегда производят уточнение собранной информации обследованием сложившихся транспортных связей и потоков автомобилей. Здесь можно выделить четыре основных подхода:

контрольные учеты движения автомобилей;

обследования пассажиропотоков;

анкетирование;

сбор данных о выручке, направлениях, объемах и видах перевозок транспортных предприятий общего пользования.

Проведение контрольных учетов движения автомобилей - важнейший этап разработки инвестиционного проекта нового строительства и реконструкции автомобильных дорог.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

При проведении учета на пересечениях трассы основной или проектируемой дороги, в транспортных узлах составляют схемы размещения каждого учетного пункта с указанием дислокации каждого учетчика. Учетчик фиксирует движение по трем направлениям: автомобили идущие в прямом направлении, автомобили поворачивающие вправо и автомобили поворачивающие влево. Затем транспортные потоки по направлениям суммируют и определяется интенсивность движения автомобилей на дороге в целом.

Учет с опросом водителей дает возможность получить данные о направлениях и маршрутах поездок. Анализ государственных номерных знаков автомобилей позволяет приблизительно оценить доли транзитных поездок между регионами.

В последние годы в некоторых регионах стали устанавливать видеокамеры для автоматической круглосуточной регистрации проходящего автотранспорта с выводом информации на компьютер и выделением видов автомобилей и параметров, характеризующих условия движения автомобилей.

Хронометраж транспортных потоков проводят для расчета скоростей движения на отдельных участках дороги, на подходах к транспортным пересечениям, к мостовым переходам или на самих мостах.

Визуальные наблюдения позволяют определять задержки при прохождении транспорта на мостах и паромных переправах, устанавливать количество светофоров, пересечений дорог в одном или разных уровнях, спусков, подъемов, закрытых поворотов или участков с ограниченной видимостью, количество съездов и подъездов, выявлять участки с наиболее загруженным движением, состояние дорожного покрытия, качество содержания дороги, дорожные знаки, ширины проезжей части и обочин, количество ДТП и другие факторы, регулярно снижающие пропускную способность дороги. Визуально можно также оценить среднее количество пассажиров в одном легковом автомобиле. Визуальные наблюдения помогают также определить характер движения или состояние транспортных потоков (свободное движение, частично связанное, движение в колоннах, пачках и т.д.).

Получение более полной количественной информации, как показывает практика разработки ОИ, достигается при использовании ходовых дорожных лабораторий.

Данные хронометража и специальные исследования с помощью ходовых лабораторий помогают установить фактическую пропускную способность дороги и определить качественные и количественные характеристики транспортных потоков.

Цель обследования пассажиропотоков транспорта общего пользования это, прежде всего, сбор данных о количестве входящих и выходящих пассажиров на остановках и заполняемости общественного транспорта. Распределение

пассажиров по связям между начальными и конечными пунктами можно оценивать талонным методом учета пассажиропотоков.

Спектр вопросов, исследуемых с помощью анкетирования, очень широк. Далеко неполный их перечень приведен ниже:

виды и частота поездок анкетируемого пассажира (культурно-бытовые поездки, трудовые, деловые, учебные и пр.);

режим пользования собственным автомобилем, если таковой имеется;

пункты отправления и пункты назначения;

маршруты поездок;

используемые виды пассажирского транспорта и количество пересадок;

часы и длительность поездок;

денежные суммы, которые готов платить опрашиваемый за более быструю и/или комфортную поездку (предлагается гипотетический выбор различных видов поездок).

Недостаток метода анкетирования - это относительно небольшая статистическая выборка из-за трудоемкости проведения такого рода исследований.

Дополнительная информация о неравномерности распределения пассажирских и грузовых потоков по дням, неделям, месяцам может быть получена на основе анализа колебаний объемов выручки транспортных предприятий от пассажирских и грузовых перевозок.

Выбор оптимального местоположения нового дорожного объекта.

Выбор направления дороги или мостового перехода является одним из основных факторов, определяющих технико-экономические характеристики будущего сооружения. Предварительно выбор места нового строительства назначают на основании имеющихся архивных, картографических, инженерно-геологических, гидрологических и иных материалов. При этом руководствуются следующими показателями: протяженностью новой трассы, наличием транспортной сети и удобных подходов к предполагаемому месту строительства, стоимостью строительства.

В большинстве случаев рассматривают технические варианты возможных створов пересечения реки с ориентацией на предполагаемую стоимость строительства по каждому створу. При таком подходе не учитывают дорожные

условия, которые возникнут после ввода объекта в эксплуатацию. Между тем, более точный выбор предполагаемых зон строительства до начала подробных технических изысканий позволяет избежать лишних затрат на проведение изыскательских работ.

Определение оптимального местоположения новых дорожных объектов задача достаточно сложная, и хотя разработано много моделей оптимизации развития сетей автомобильных дорог, не до конца решенной остается проблема совмещения в одной модели подхода, описывающего поведение потребителей дорожных услуг (водителей, владельцев автомобилей), и нормативного подхода, который определяет перспективное развитие дорог, исходя из критерия максимизации общественных чистых выгод. Другой проблемой является ценовая недоступность соответствующих программных продуктов для большинства практиков-экономистов и сложность самостоятельной разработки таких систем. Ниже изложены упрощенные методы решения задачи выбора оптимального местоположения транспортных объектов.

Расположение нового дорожного объекта на геометрической прямой (обозначим ее как *X*), можно определить по формуле (Болдаков Е.В., Федотов Г.А., Перевозников Б.Ф. и др. Технико-экономическое обоснование при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов: Справочное пособие. - М.: Транспорт, 1981):

$$\eta = \sum_{p} \frac{Q_p l_p}{Q_s},$$ где

(4.1)

h - расстояние от искомой точки оптимального местоположения до заданной точки т, отложенной на прямой *X* (выбор точки m не влияет на решение);

l_p - расстояние от точки m до пересечения прямой *X* и отрезка, соединяющего начальный и конечный пункты корреспонденции p;

Q_p - объемы перевозок грузов или пассажиров между пунктами корреспонденции p;

Q_s - суммарные объемы перевозок между корреспонденциями, пересекающими прямую *X*.

Формула (4.1) удобна для определения оптимального местоположения мостового перехода, где в качестве прямой *X* принимают русло реки. Для расчетов по формуле (4.1) необходимо, прежде всего, составить ведомость распределения

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

транспортных связей по видам перевозок на отчетный и перспективные годы. На рис. 4.1. представлен пример определения оптимального месторасположения мостового перехода через р. Каму.

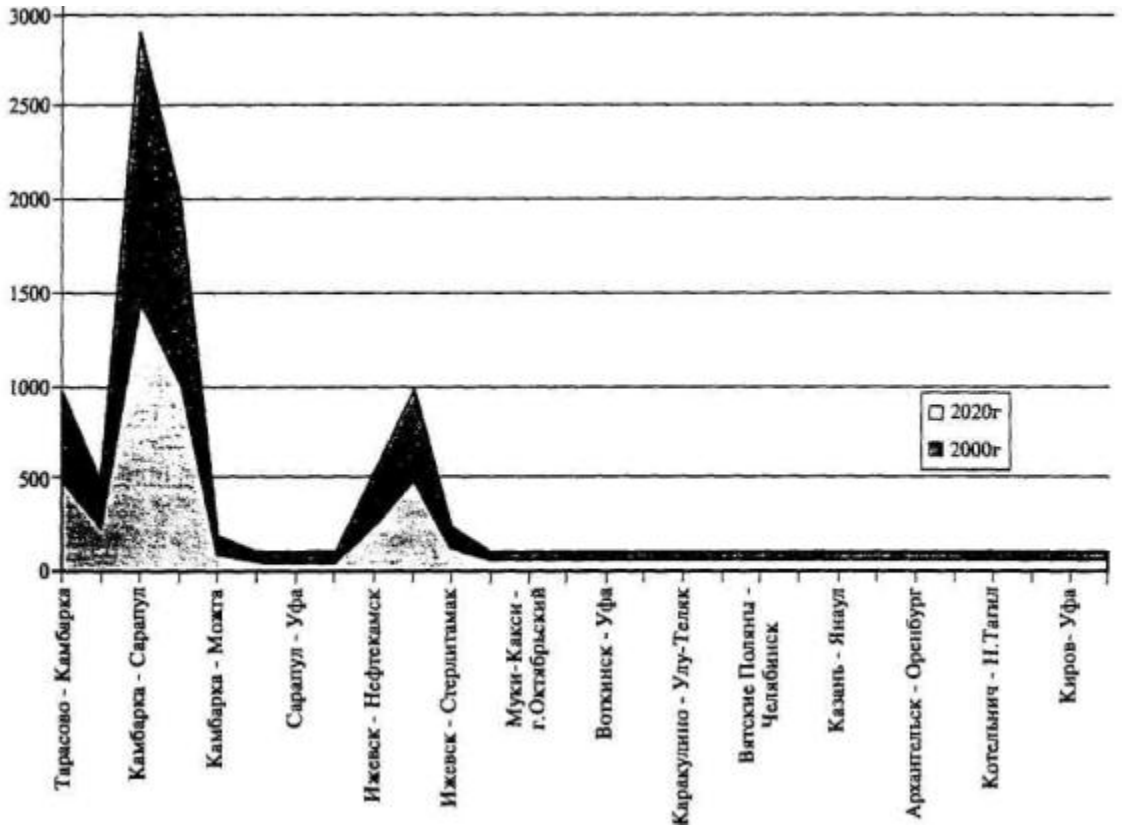


Рис. 4.1. Определение оптимального местоположения мостового перехода через р. Каму в республике Удмуртия

Из рис. 4.1 видно, что большинство транспортных связей сосредоточено в зоне, лежащей южнее г. Камбарка, на оси Ижевск-Сарапул-Камбарка-Бирск-Уфа. В перспективе при появлении транспортных коридоров, особенно в широтном направлении, центр тяжести поездок может сместиться севернее Камбарки. Следовательно, экономически обоснованная зона пересечения р. Камы, где целесообразно строительство мостового перехода на 2000 год, находится в районе с. Межная вверх от Камбарки, и на 2020 г. эта зона смещается в междуречье рр. Буй и Белая.

Определив по формуле (4.1) возможные зоны нового строительства, необходимо выбрать из альтернативных проектов наилучший. Выбирается вариант *i* нового строительства, по которому сокращение грузо- или пассажирооборота на единицу инвестиций достигает своего максимума:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$\frac{\max\left\{P_i^5 \cdot k_N \cdot \sum_{m \in M} Q_m\right\} \sum_{m \in M} Q_m \cdot (z_{mi} - z_{m0})}{K_i \cdot \sum_{m \in M} Q_m} \Rightarrow \max, \quad \text{где} \tag{4.2}$$

P_i^5 - оценка дополнительно введенной по *i*-му варианту фактической пропускной способности в час;

Q_m - объемы перевозок по направлению m (между парами пунктов) на расчетный год;

k_N - коэффициент перевода объемов перевозок в количество поездок автомобилей в часы-пик;

z_{mi} - затраты на перевозку 1 т (1 пассажира) для направления *m* по *i*-му варианту;

z_{m0} - затраты на перевозку 1 т (1 пассажира) для направления *m* в существующих условиях;

M - множество направлений, для которых *i*-й вариант строительства сокращает транспортные затраты, $z_{mi} < z_{m0}$;

K_i - инвестиции на осуществление *i*-го варианта строительства. Возможную интенсивность движения на новой дороге принимают максимальной из двух величин: допустимого уровня интенсивности движения в часы-пик, который не должен превышать фактическую пропускную способность дороги, и количества поездок, для которых новый проект дает экономию транспортных затрат.

Расчет перспективной интенсивности движения на рассматриваемой транспортной сети.

На ранних стадиях исследования можно и нужно широко применять принцип многовариантного проектирования. Отбор наилучшего комплексного проекта, состоящего из ряда частных проектных решений, проводят из множества

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

альтернатив. При этом должны быть проанализированы те варианты развития сети, которые могут быть рекомендованы к осуществлению. На основании расчетов перспективной интенсивности движения должен быть решен вопрос о категории проектируемой дороги, определяющей основные технические параметры (количество полос движения, ширину обочин, ширину земляного полотна и т.д.) проекта. Можно производить оценку характеристик, трудно поддающихся количественной оценке (например, архитектура нового сооружения, сочетание с ландшафтом местности). Для этого можно использовать метод весов, где каждому из значимых факторов придается определенное весовое значение, например в пределах от 1 до 10, или от 0,1 до 1. Значение каждого фактора определяют методом экспертных оценок.

Определение народнохозяйственной (общественной, экономической) эффективности инвестиций.

В разделе рассматривают варианты, отобранные на основе уже проведенного анализа транспортных характеристик проектов (см. выше). Рассчитывают показатели общественной эффективности, производят учет рисков и неопределенности.

4.2. Перспективный парк автомобилей

Структурные сдвиги, произошедшие в экономике страны и, прежде всего, изменение форм собственности, повлияли на развитие автомобильного парка как в количественном, так и в качественном отношении. Разгосударствление, приватизация и появление рынка транспортных услуг, лицензируемых малых частных и акционерных перевозчиков с использованием договорных тарифов, привело к формированию новых требований к автомобильному парку. Эти требования сводятся, прежде всего, к тому, что выпускаемые и используемые транспортные средства должны отличаться от старого автомобильного парка более широкой номенклатурой транспортных средств при одновременном снижении их грузоподъемности и пассажировместимости.

Уровень транспортной работы, приходящийся на одного жителя страны, составил: в 2000 г. - 25,0 тыс. ткм, на 2010 г. прогнозируется на уровне 32-33 тыс. ткм. Это означает, что рынок грузовых транспортных услуг увеличится с 3,6 трлн. ткм в 2000 г. до 4,3-4,6 трлн. ткм в 2010 г.

Следует ожидать, что по мере становления «нормальных» механизмов регулирования экономики (как рыночных, так и государственных) доля автомобильного транспорта в междугородных и международных перевозках существенно увеличится. Это связано с тем, что в сравнении с железнодорожным транспортом при дальности 300-350 км сроки доставки на автомобильном транспорте по сравнению с конкурирующим железнодорожным транспортом в 10 раз меньше с учетом участия автомобильных перевозок при подвозе и вывозе

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

грузов и пассажиров со станций. В 2000 г. среднее расстояние доставки тонны груза в международных сообщениях составляло 175 км, к 2010 г. эта дальность увеличится до 200-250 км. В пассажирских перевозках подвижность населения в 2000 г. составляла - 6,23 тыс. пасс.-км на каждого жителя в год. С учетом демографических изменений прогнозируется уровень подвижности в 2010 г. в интервале 8-9 тыс. пасс.-км. Это означает, что пассажирооборот транспортного комплекса увеличится с 0,9 в 2000 г. до 1,2-1,3 трлн. пасс.-км в 2010 г.

Парк грузовых автомобилей.

В перспективе следует ожидать увеличения объемов транспортной работы грузовых автомобилей, особенно, в междугородных и международных логистических цепях. Прогноз развития парка грузовых автомобилей связан с ожидаемой динамикой рынка транспортных услуг по мере восстановления экономики страны, а также с колебаниями технико-эксплуатационных параметров подвижного состава. В последнее время наблюдается резкое снижение технико-эксплуатационных показателей грузового парка. Так, например, в 2000 г. коэффициент использования грузового парка составлял всего 35,2 %, а эксплуатационная скорость 21 км/ч. Перспективный рынок транспортных услуг в 2010 г. прогнозируется в объеме 180-190 млрд. ткм (138,6 млрд. ткм в 2000 г.), что соответствует 3 % темпу прироста ежегодно.

Если полученный парк (табл. 4.1) умножить на коэффициент использования (выпуска) и число ездок в год, то можно прогнозировать транспортный грузовой поток. Для обеспечения пополнения такого парка отечественное производство грузовых автомобилей должно увеличиться с 184 тыс. ед. (2001 г.) до 270-280 тыс.ед. в 2010 г. (без учета импорта, который в 2000 г. составил 23 тыс.ед.).

Таблица 4.1.

Сценарии развития грузового автомобильного парка России на конец года, включая специальные

Наименование	1990 г. отчет	1995 г. отчет	2000 г. отчет	2005 г. прогноз		2010 г. прогноз		2015 г. прогноз		2020 г. прогноз	
				I	II	I	II	I	II	I	II
Численность парка, тыс. шт.	3744	3860	3856	4500	4600	4800	5200	5400	5600	5800	6000

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Структура парка по грузоподъемности, %							
до 3,0 т	20,1	31,5	46,1	62,6	75,0	79,5	86,0
от 3,1 до 10,0 т	64,3	55,7	41,6	27,2	17,5	13,9	8,9
10,1 т и более	15,6	12,8	12,3	10.2	7,5	6.6	5,1

Основными разновидностями парка автомобилей будут следующие классы транспортных средств по грузоподъемности: до 2 т (ВАЗ-2233, ИжМЗ-2717, Москвич-2335, УАЗ-3303, ГАЗ-2310 и др.); 2,1-5,0 т (ГАЗ-3310, ЗИЛ-5301 и др.); 5,1-8,0 т (ЗИЛ-4331, КамАЗ-4311, Урал-4320 и др.); 8,1-15,0 т (ЗИЛ-133, КамАЗ-53212, УралАЗ-5423 и др.) и более 15 т (КамАЗ-6520, Ивеко-УралАЗ и др.) и карьерные БелАЗы грузоподъемностью до 200 т.

Проведенные статистические исследования партионности перевозок показали, что основной частью грузового парка будут транспортные средства грузоподъемностью до 3 т, которые составят до 80 % в 2010 г. Единственной сложной проблемой для отечественного грузового парка является его пополнение магистральными тягачами с полуприцепами для обеспечения международных экспортно-импортных перевозок грузоподъемностью до 25-29 т. Парк полуприцепов должен составить 260-290 тыс.ед., а прицепов не менее 1,7 млн. ед. Основными направлениями научно-технического прогресса в области грузового автомобилестроения является выпуск конкурентоспособных автомобилей малой и большой грузоподъемности с весьма широкой номенклатурой специализированных кузовов.

Автобусный парк.

Основным видом муниципального транспорта являются автобусы особо большие, большие и, частично, средние. Так как автобусы обслуживают в основном малообеспеченные слои населения, то определить парк автобусов, исходя из платежеспособного спроса пассажиров, весьма затруднительно. Автобусы используют во внегородском и туристическом обслуживании, а также в виде специальных и школьных транспортных средств.

На основании выполненных расчетов установлено, что к 2010 г. рынок автобусных пассажирских услуг (в основном общего пользования) достигнет 250-270 млрд. пасс.-км (при 204,4 млрд. пасс.-км в 2000 г.) с прогнозируемым 2,5 % ежегодным приростом. Установлен общий прогнозируемый парк (табл. 4.2).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Если полученный парк умножить на коэффициент использования (сейчас он равен 0,623) и число рейсов в год, то получим автобусный транспортный поток. Для реализации указанного прогноза парка с учетом коэффициента выбытия и обновления, равного 1,0 %, производство автобусов должно увеличится с 54 тыс.ед. в 2000 г. до 65-70 тыс.ед. в 2010 г. (без учета импорта, который в 2000 г. составил 3,96 тыс. ед.).

Основными разновидностями автобусов в прогнозируемом парке будут: особо малого класса (длиной до 6 м и вместимостью до 16 чел. - УАЗ, ГАЗ, ЗИЛ, иномарки); малого класса (длиной 6-8 м и вместимостью до 30 чел. - ПАЗ, КАвЗ); среднего класса (длиной 8-10 м и вместимостью до 90 чел. - ПАЗ, иномарки); большого класса (длиной 10-12 м и вместимостью до 120 чел. - ЛиАЗ, Тушино-Авто, ГолАЗ) и особо большого класса (длиной до 18 м и вместимостью до 180-200 чел. - ГолАЗ, Тушино-Авто).

В общем парке основной частью будут автобусы особо малого и малого класса, доля которых составит 65-70 %. Доля автобусов особо большого класса не будет превышать 2-2,3 %. Остальная часть парка будет состоять из автобусов среднего и большого класса. Научно-технический прогресс в области автобусостроения заключается в создании конкурентоспособных автобусов для деловых поездок, городских особо больших автобусов, школьных, а также туристических автобусов 3,4 и 5 классов (табл. 4.2).

Таблица 4.2.

Сценарии развития автобусного парка

Наименование	1990 г. отчет	1995 г. отчет	2000 г. отчет	2005 г. прогноз		2010 г. прогноз		2015 г. прогноз		2020 г. прогноз	
				I	II	I	II	I	II	I	II
Численность парка, тыс. шт.	445	631	640	670	690	700	730	750	780	800	820
Структура парка по классам, %											
Особо малый (длина до 6,0 м)	9,2	10,8	28,4	35,2		36,8		38,4		40,0	

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Малый и средний (6,1-10,0 м)	68,0	67,0	54,4	47,5	45,1	42,6	39,9
большой и особо большой (10,1-18,0 м)	22,4	22,2	17,2	17,3	18,1	19,0	20,1

Парк легковых автомобилей.

Развитие парка легковых автомобилей - личных, служебных, такси и специальных автомобилей происходит под воздействием различных факторов. Причем, для Российской Федерации характерно применение легкового автомобиля не индивидуального, а семейного потребления. В современных условиях весьма многообещающим выглядят попытки прогнозировать легковой парк, исходя из платежеспособного спроса населения, учитывая сегментацию статистического среднедушевого дохода. В индустриально развитых странах каждые три года потенциальный владелец имеет возможность накопить на покупку нового автомобиля или возврат кредита за этот срок. Однако, как показал выполненный анализ, нельзя обнаружить функциональную связь между среднедушевым доходом (за вычетом на продукты питания и предметы первой необходимости) и темпами роста парка легковых автомобилей, составляющим 1-1,2 млн.ед. в год. Очевидно, что в этом случае работают «быстрые» деньги.

На основании разработанной методической процедуры расчета производительности и прогнозируемого пассажирооборота в объеме 640-680 млрд. пасс.-км в 2010 г. выполнен расчет легкового парка. В табл. 4.3 приведен сценарий развития легкового автомобильного парка до 2020 г.

Таблица 4.3.

Сценарии развития легкового автомобильного парка России на конец года

Наименование	1990 г. отчет	1995 г. отчет	2000 г. отчет	2005 г. прогноз		2010 г. прогноз		2015 г. прогноз		2020 г. прогноз	
				I	II	I	II	I	II	I	II
Численность парка, тыс.шт	8964	14195	20247	24500	26000	32000	35000	38000	42000	46000	52000

Структура парка по классам, %											
A, B, длина до 3900 мм	17,0	17,1	18,2	19,3		20,0		21,0		22,0	
C, Д, 3900-4600 мм	78,7	76,5	73,9	71,5		69,7		67,4		65,0	
E - 4600-4900 мм, F+S; SUV; MPV	4,3	6,4	7,9	9,2		10,3		11,6		13,0	
Насыщение легковыми автомобилями, ед./ 1000 чел.	61	116	140	173	182	231	249	274	290	330	370

Если полученный перспективный парк умножить на коэффициент использования, равный 0,6, и число ездок в год, то получим прогнозируемый транспортный поток (без учета числа полос движения).

Для реализации этого прогноза выпуск легковых автомобилей должен увеличится с 969 тыс. в 2001 г. до 1,8-2,0 млн.ед. в 2010 г. (без учета импорта, который в 2000 г. составлял 72 тыс.ед.). Основными разновидностями в парке легковых автомобилей будут следующие классы:

«А» с габаритной длиной до 3,5 м.....«Ока»;

«В» с габаритной длиной 3,5-3,9 м.....ВАЗ-1119;

«С» с габаритной длиной 3,9-4,3 м.....ВАЗ-2105, 2110 и др.;

«D»с габаритной длиной 4,3-4,6 м.....Москвич 2141, 2142, Донинвести др.;

«Е» с габаритной длиной 4,6-4,9 м.....ГАЗ-3110, 3111 и др.;

«F+S» высший класс.....ЗИЛ-4110 и др.;

«SUV» - автомобили повышенной проходимости ВАЗ-2123, УАЗ-3160 и др.;

«MPV» - автомобили повышенной вместимости типа «Минивэн» ВАЗ-2120 и др.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В легковом парке будут преобладать автомобили класса «А», «В» и «С» и «Д». Технический прогресс в области отечественного легкового автомобилестроения будет заключаться в выпуске конкурентоспособных транспортных средств по стоимости, топливно-экологическим параметрам, надежности, безопасности и внедрения параметров комфортабельности для автомобилей класса ОКА, ВАЗ и Москвич в стоимостном диапазоне не более 4-9 тыс. долларов.

Прогнозируется, что общий автомобильный парк увеличится с 24,74 млн.ед. в 2000 г. до 37,5-41,0 млн.ед. в 2010 г. Изменение структуры автомобильного парка приведено в табл. 4.4.

Таблица 4.4.

Динамика структуры автомобильного парка России, %

Наименование	1990 г. отчет	1995 г. отчет	2000 г. отчет	2005 г. прогноз		2010 г. прогноз		2015 г. прогноз		2020 г. прогноз	
				I	II	I	II	I	II	I	II
Легковые	68,2	76,0	81,9	82,5		85,8		86,8		88,3	
Грузовые	28,4	20,7	15,5	15,1		12,3		11,5		10,2	
Автобусы	3,4	3,3	2,6	2,4		1,9		1,7		1,5	
ИТОГО	100	100	100	100		100		100		100	
Всего автомобилей, тыс.шт.	13153	18686	24743	29670-31290		37500-40930		44150-48380		52600-58820	

Общими направлениями научно-технического прогресса в автомобилестроительной промышленности является учет отечественных специфических особенностей дорожной сети, допускающих осевые нагрузки 6 тс и 10 тс (в странах ЕС - 11,5 тс) и полную массу автопоезда до 38 тс (в ЕС - 40-44 тс), а также выпуск транспортных средств и горюче-смазочных материалов, приспособленных к работе в Северных условиях (за пределами средней январской

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

изотермы России - -20°С). Параметры «безвредности», регулируемые государством, должны рассматриваться как ограничения в развитии легковых парков.

Прогнозируемые показатели легкового парка были получены при использовании натурных критериев, поэтому их необходимо рассматривать с позиций потенциального спроса. После формирования «нормальной» регулируемой рыночной экономики формирование парков будет происходить автоматически, подчиняясь законам платежеспособного спроса. В этом случае будет формироваться платежеспособный спрос на все разновидности автомобилей.

В табл. 4.4. представлена динамика изменения структуры автомобильного парка на период с 2000 по 2020 гг.

4.3. Прогнозирование перспективной интенсивности движения

Важнейшим критерием при обосновании инвестиций в строительство новых или реконструкцию существующих автомобильных дорог является перспективная интенсивность движения. Ввод новых или повышение технического уровня существующих дорог сопровождается значительными изменениями сложившихся потоков автотранспорта по направлениям. Во многих случаях, когда происходит уменьшение времени сообщения между корреспондирующими пунктами, это оказывает влияние на структуру и размещение экономики, темпы экономического развития обслуживаемых дорогами территорий.

В настоящее время разработано много методов прогнозирования интенсивности движения на автомобильных дорогах. Имеются методы, предназначенные для прогнозирования интенсивности движения как на отдельных, конкретных дорогах, так и на сети автомобильных дорог. При этом методы прогноза основывают на учете различных факторов, которые, по мнению их авторов, оказывают существенное влияние на интенсивность движения автотранспорта.

В зависимости от подхода к прогнозированию интенсивности движения используемые методы можно разделить на три группы: методы экстраполяции; балансовые методы; модельные методы.

Методы экстраполяции являются наиболее простыми. Они основаны на условии сохранения во времени существующих тенденций изменения интенсивности движения. Наибольшее распространение среди них получил метод прямой экстраполяции, при использовании которого прогнозирование интенсивности движения осуществляют на основе установления существующей интенсивности, которая увеличивается в соответствии с выявленной за несколько предшествующих лет тенденцией ее изменения. В общем виде идея метода может быть представлена формулой:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$N(t) = N(0)(1 + m)t$, где
(4.3)

$N(t)$ - ожидаемая интенсивность движения на t-й перспективный год, авт./сут;

$N(0)$ - исходная интенсивность движения, авт./сут;

m - коэффициент среднегодового прироста интенсивности движения;

t - перспективный период, лет.

Метод экстраполяции целесообразно использовать в условиях сложившейся сети автомобильных дорог, когда в перспективе не предполагается выполнение работ по строительству новых и повышению технического уровня существующих дорог.

Балансовый метод определения перспективной интенсивности движения в Российской Федерации имеет примерно такое же распространение, как и метод экстраполяции. Согласно этому методу перспективную среднегодовую суточную интенсивность движения определяют как сумму интенсивностей движения различных типов автомобилей, которые определяют по формуле:

$$N = \frac{Q_л \cdot K_н \cdot K_s}{D \cdot q \cdot y \cdot b},$$ где
(4.4)

N - среднегодовая суточная интенсивность движения, авт./сут;

Q_l - грузо- или пассажиронапряженность участка дороги X по данным экономических изысканий на расчетный год в пересчете на 1 км, ткм, пасс.-км;

$K_н$ - коэффициент учета автомобилей, осуществляющих мелкопартионные, необъемные, повторные и дальние транзитные перевозки;

K_s - коэффициент учета в составе движения специальных транспортных средств;

D - число дней работы дороги в течение года;

q - средняя грузоподъемность или пассажировместимость автомобилей (автобусов), т или пасс;

y - коэффициент использования грузоподъемности или пассажировместимости;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

b - коэффициент использования пробега.

Одним из недостатков балансового метода является многоступенчатая система сбора информации обо всех автомобильных перевозках в районе изысканий за отчетный год и на перспективу. Эти данные получают у предприятии и организации, включенных в список грузоотправителей и грузополучателей.

Однако балансовый метод не только трудоемок, но и в ряде случаев не дает достоверных результатов. Причина неточности заключается в ориентировочном характере информации о грузовых перевозках, особенно на перспективу, которой располагают отправители и получатели грузов. Это обусловлено тем, что показатели об объемах и направлении грузовых перевозок не относятся к материалам статистической отчетности и их систематический учет не производится. Планы производства, определяющие перспективные объемы и направления перевозок, у поставщиков и получателей грузов, как правило, отсутствуют. К тому же мелкие грузоотправители и грузополучатели вообще практически не поддаются учету.

Модельные методы основаны на учете зависимости интенсивности движения от некоторых показателей. Они построены на рассмотрении связей между всеми парами населенных пунктов исследуемой территории и требуют выполнения большого количества вычислений, связанных как с рассмотрением всех пар населенных пунктов, так и с определением кратчайшего расстояния между ними. Поэтому разработка этих методов получила распространение только в последнее время в связи с появлением современной компьютерной техники.

Далее излагается один из модельных методов прогнозирования интенсивности движения, разработанный сотрудниками ОАО «Гипродорнии». Этот метод использовался на объектах различного уровня, начиная от обоснования мостовых переходов и обходов городов, до программ совершенствования и развития сети дорог отдельных территорий и России в целом и показал большое соответствие результатов расчета при существующем состоянии сети дорог с фактической интенсивностью движения.

Этот метод позволяет рассчитывать как существующие, так и ожидаемые на соответствующий перспективный период среднегодовую суточную интенсивность и среднюю скорость движения автотранспортных средств на участках сети автомобильных дорог общего пользования, а также объемов грузовых и пассажирских перевозок. При прогнозировании интенсивности движения на перспективной сети автомобильных дорог, включающей планируемые к строительству дороги, этот метод дает возможность оценить ожидаемую интенсивность движения на автомобильных дорогах задолго до их строительства без проведения детальных экономических изысканий в части сбора данных об объемах грузовых и пассажирских перевозок.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В соответствии с этим методом расчета существующей и прогнозирование перспективной интенсивности движения на автомобильных дорогах заключается в определении вероятного количества автотранспортных средств, совершающих поездки между парами корреспондирующих населенных пунктов рассматриваемой территории, корреспонденции между которыми являются значимыми. При этом прогнозирование интенсивности движения сводится к формированию работы имеющегося или перспективного парка автотранспортных средств на соответствующей сети автомобильных дорог рассматриваемой территории.

Реализация программ развития сети автомобильных дорог, особенно в части сокращения перепробега, оказывает существенное влияние на эффективность работы автотранспорта и сопровождается изменениями его интенсивности и маршрутов движения. Эти изменения связаны с генерацией автотранспортных потоков и их перераспределением между дорогами. Чем более существенны изменения в сети дорог, тем значительнее изменения в объемах и маршрутах автотранспортных потоков. Изменения последних могут быть выявлены только в результате учета изменений в условиях движения автотранспорта, совершающего поездки между корреспондирующими пунктами, в том числе и возможности использования более коротких и комфортабельных маршрутов.

При расчете интенсивности движения между парой корреспондирующих населенных пунктов кратчайшее расстояние между ними устанавливают, исходя из времени и комфортабельности сообщения. В связи с этим при расчетах используют приведенную длину участков автомобильных дорог. Коэффициент приведения длины участков дорог устанавливают по соотношению скорости движения на рассматриваемом участке к скорости движения при эталонных условиях движения. В качестве эталонных условий при определении коэффициента приведения длин участков автомобильных дорог принято считать движение по дороге I категории.

Интенсивность движения между корреспондирующими населенными пунктами определяют в зависимости от численности населения в этих пунктах. При прогнозировании интенсивности движения используют сумму численности населения в корреспондирующих пунктах. Однако при равной суммарной численности населения в корреспондирующих пунктах, но разном ее соотношении (300 тыс. чел. + 300 тыс. чел. и 590 тыс. чел. + 10 тыс. чел.), интенсивность движения будет разной. Поэтому интенсивность движения рассчитывают по приведенной суммарной численности населения в двух корреспондирующих населенных пунктах, определяемой по численности населения в меньшем из пунктов и по соотношению численности населения в них.

Интенсивность движения при прочих равных условиях зависит от административной значимости и подчиненности корреспондирующих населенных пунктов, т.е. от уровня их связанности. С целью учета этих факторов населенные пункты рекомендуется подразделять наследующие группы:

1 группа - территориальные центры и города федерального подчинения;

2 группа - районные центры и города территориального подчинения;

3 группа - прочие города, поселки городского типа и центральные усадьбы;

4 группа - прочие сельские населенные пункты.

Рассматриваемую территорию устанавливают с учетом возможности определения интенсивности движения транзитных относительно исследуемой территории автотранспортных средств в зависимости от численности населения в территориальных центрах, разрабатываемых программ развития и совершенствования сети автомобильных дорог или объектов дорожного строительства.

При обосновании инвестиций на развитие отдельной дороги рассматриваемая территория должна включать обслуживаемую дорогой территорию Российской Федерации, а для объектов, обеспечивающих внешние автотранспортные связи, - и территории соседних государств. Ширину обслуживаемой территории следует принимать до 100 км в каждую сторону от рассматриваемой дороги, а при отсутствии параллельных дорог в этой зоне - до параллельных дорог, но не более 500 км. Подлежащие при этом учету населенные пункты определяют по их удаленности от дороги и значимости последней. На территории, прилегающей к дороге, следует учитывать все населенные пункты, а по мере удаления от дороги - только населенные пункты более высокого ранга.

Интенсивность движения на конкретном участке автомобильной дороги формируется в результате суммирования интенсивности движения, рассчитанной между всеми парами населенных пунктов. связь между которыми осуществляется с использованием данного участка.

Формирование работы автотранспорта осуществляют с разделением по типам на легковые автомобили, автобусы и грузовые автотранспортные средства.

Интенсивность движения между парой рассматриваемых корреспондирующих пунктов определяют по формуле:

$$N_{ij} = \frac{P_y K_c Q_л V_л \tau_л K_л}{1000 \cdot L_{нр}^2} + \frac{P_y K_c Q_а V_а \tau_а K_а}{1000 \cdot L_{нр}^2} + \frac{P_y K_c Q_г V_г \tau_г K_г}{1000 \cdot L_{нр}^2},$$ где

(4.5)

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

N_{ij} - ожидаемая среднегодовая суточная интенсивность движения между *i*-м и *j*-м населенными пунктами, авт./сут;

P_p - суммарная приведенная численность населения в *i*-м и *j*-м населенных пунктах, чел.;

K_c - коэффициент связанности *i*-го и *j*-го населенных пунктов, определяемый в зависимости от их административной значимости и подчиненности;

$Q_л$, Q_a, $Q_г$ - уровень насыщения территории легковыми автомобилями, автобусами и грузовыми автомобилями соответственно, авт./1000 чел.;

$V_л$, V_a, $V_г$ - средняя скорость движения легковых автомобилей, автобусов и грузовых автомобилей в эталонных условиях, принимаемая равной 93 км/ч, 60 км/ч и 83 км/ч, соответственно;

$t_л$, t_a, $t_г$ - средняя продолжительность работы в течение суток легковых автомобилей, автобусов и грузовых автомобилей соответственно, ч/сут;

$K_л$, K_a, $K_г$ - коэффициент, характеризующий пользование легковыми автомобилями, автобусами и грузовыми автомобилями, соответственно;

$L_{пр}$ - приведенное расстояние между *i*-м и *j*-м населенными пунктами, км;

а - показатель степени, используемый при расчете интенсивности движения грузовых автотранспортных средств.

Интенсивность и скорость движения на участках сети автомобильных дорог устанавливают в результате выполнения нескольких итерационных расчетов ожидаемой интенсивности между всеми парами корреспондирующих населенных пунктов. После выполнения расчетов на соответствующем шаге итерации для каждого участка сети автомобильных дорог определяют скорость, которую должен иметь поток рассчитанной интенсивности при данных дорожных условиях, и сопоставляют ее со скоростью, принятой при данном шаге итерационного расчета. В случае, если эти скорости движения отличаются более, чем на 1 км/ч, для данного участка заново определяют скорость движения и его приведенную длину. После рассмотрения всех участков сети автомобильных дорог расчет повторяют.

Итерационные расчеты повторяют до тех пор, пока хотя бы на одном участке сети автомобильных дорог скорость, принятая при расчете интенсивности движения на данном шаге итерации, будет отличаться более, чем на 1 км/ч от скорости, рассчитанной при интенсивности движения, полученной на данном шаге итерации, т.е. до достижения соответствия между скоростью и интенсивностью движения на всех участках сети автомобильных дорог.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Для выполнения непосредственных расчетов интенсивности движения необходимо предварительно подготовить исходные данные.

Суммарную приведенную численность населения для *i*-го и *j*-го корреспондирующих населенных пунктов определяют в зависимости от соотношения численности населения в них. При отношении численности населения в большем населенном пункте (P_{max}) к численности населения в меньшем населенном пункте (P_{min}) меньше 7,38, - по формуле:

$$P_p = \left[\ln \frac{P_{max}}{P_{min}} + 2\right] \cdot P_{min}.$$

(4.6)

Во всех остальных случаях - по формуле:

$$P_p = 4 \cdot P_{min}.$$

(4.7)

Коэффициент связанности между *i*-м и *j*-м корреспондирующими населенными пунктами определяют в зависимости от их административной значимости и подчиненности по табл. 4.5.

Таблица 4.5.

Коэффициенты связанности корреспондирующих населенных пунктов

Административная значимость первого населенного пункта	Территориальная принадлежность населенных пунктов	Значение коэффициента K_c в зависимости от административной значимости второго населенного пункта			
		Территориальный центр	Районный центр	Центральная усадьба	Местный пункт
Территориальный центр	Одна территория	-	1,0	1,0	0,1
	Разные территории	0,4	0,3	0,1	0,01

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Районный центр	Одна территория	1,0	1,0	0,3	0,05
	Один район	-	-	1,0	0,01
	Разные территории	0,3	0,3	0,1	0,01
Центральная усадьба	Одна территория	1,0	0,3	0,1	0,01
	Один район	-	1,0	0,5	0,01
	Одна центральная усадьба	-	-	-	0,1
	Разные территории	0,1	0,1	0,05	0,01
Местный пункт	Одна территория	0,1	0,01	0,01	0,01
	Один район	-	0,05	0,01	0,01
	Одна центральная усадьба	-	-	0,1	0,05
	Разные территории	0,01	0,01	0,01	0,01

Показатели уровня насыщения соответствующими типами автотранспортных средств, при расчете существующей интенсивности движения, устанавливают на основе данных статистической отчетности или материалов ГИБДД МВД России для каждого субъекта федерации, а при прогнозировании интенсивности движения эти данные необходимо увеличивать с учетом прогнозируемого периода.

При отсутствии данных среднюю продолжительность работы в течение суток легковых автомобилей можно принимать равной 1 час в сутки.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Коэффициент, характеризующий пользование легковыми автомобилями в будние дни, определяют по формуле:

$K_л = 1 - (D_н + D_р)$, где
(4.8)

$D_н$ - доля автомобилей, учтенных в материалах статистической отчетности, но не используемых из-за технических неисправностей (при отсутствии данных можно принимать равной 0,15);

$D_р$ - половина доли автомобилей, используемых с рекреационными целями для выезда на дачные участки в период с апреля по октябрь месяцы, а также с другими целями только в воскресные и праздничные дни (при отсутствии данных можно принимать равной 0,1).

Среднюю продолжительность работы в течение суток автобусов определяют по формуле:

$t_а = T_{на} - 2$, где
(4.9)

$T_{на}$ - средняя продолжительность работы автобусов в наряде, ч;

2 - средняя продолжительность простоя автобусов во время обеда и отдыха водителей, ч.

Коэффициент, характеризующий использование автобусов, определяют по формуле:

$K_а = Г_а \cdot K_и$, где

(4.10)

$Г_а$ - коэффициент готовности автобусов (доля технически исправных из учтенных в материалах статистической отчетности или ГИБДД);

$K_и$, - коэффициент выхода автобусов на линию.

Среднюю продолжительность работы в течение суток грузовых автотранспортных средств определяют по формуле:

$t_г = T_{нг} - 1{,}5$, где

(4.11)

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$T_{нг}$ - средняя продолжительность работы грузовых автотранспортных средств в наряде, ч;

1,5 - средняя продолжительность простоя грузовых автотранспортных средств во время обеда и отдыха водителей, ч.

Коэффициент, характеризующий использование грузовых автотранспортных средств, определяют по формуле:

$K_г = Г_г \cdot K_{вг}$, где

(4.12)

$Г_г$ - коэффициент готовности грузовых автотранспортных средств (доля технически исправных из учтенных в материалах статистической отчетности или ГИБДД);

$K_{вг}$ - коэффициент выхода грузовых автотранспортных средств на линию.

Среднюю продолжительность работы в наряде, коэффициенты готовности и выхода на линию автобусов и грузовых автотранспортных средств принимают согласно территориальным статистическим данным.

Приведенное расстояние между корреспондирующими населенными пунктами определяют как сумму приведенных длин участков автомобильных дорог, соединяющих их по кратчайшему маршруту по формуле:

$$L_{пр} = \sum_{z} L_z,$$

где
(4.13)

L_z - приведенная длина z-го участка, км.

При расстоянии между населенными пунктами менее 10 км принимают расстояние, равное 10 км.

В качестве расчетного участка принимают отрезок автомобильной дороги между точками, являющимися населенными пунктами, пересечениями и примыканиями, или в которых изменяются технические параметры дороги, оказывающие влияние на скорость движения автотранспортных средств.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Приведенную длину участка автомобильной дороги определяют по соотношению средней скорости движения грузовых автотранспортных средств на эталонном и конкретном участке с учетом ее снижения местными условиями:

$$L_z = L_\phi \left[\frac{V_z}{V_z d_V d_R} \right]^{0,4},$$ где

(4.14)

L_ϕ - физическая длина z-го участка дороги, км;

V_z - средняя скорость движения грузовых автотранспортных средств на z-м участке дороги, км/ч;

d_V - коэффициент снижения скорости движения в населенных пунктах;

d_R - коэффициент снижения скорости движения объектами регулирования движения.

На начальном этапе итерационного процесса в качестве средней скорости движения принимают среднюю скорость одиночных грузовых автомобилей средней грузоподъемности, реализуемую при соответствующих технических параметрах участка автомобильной дороги. Эту скорость следует определять в соответствии с действующими методиками оценки транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог. При соответствии технических параметров участков дорог (ровность, коэффициент сцепления и т.п.) определенным категориям эту скорость можно принимать по табл. 4.6.

Таблица 4.6.

Средняя скорость грузового автомобиля

Категория участка дороги	Средняя скорость свободного движения грузовых автотранспортных средств, км/ч
IA, IБ	90
IB	83

II	65
III	60
IV	55

Для участков автомобильных дорог с паромными переправами и прочими объектами, прерывающими движение на длительные отрезки времени (например, пограничные переходы), скорость движения устанавливают с учетом всех видов задержек.

На участках автомобильных дорог, прилегающих к населенным пунктам, скорость движения устанавливают с учетом влияния населенного пункта (внутреннего автомобильного транспорта населенного пункта). При этом определяют коэффициент снижения скорости движения в населенном пункте и длину зоны влияния населенного пункта.

Коэффициент снижения скорости движения в населенных пунктах за счет внутреннего транспорта определяют в зависимости от численности населения в нем P, чел. При численности населения 3 тыс. чел. и более - по формуле:

$$d_V = 0{,}8 - 0{,}0434\ [\ln P - 11{,}51].$$

(4.15)

При численности населения менее 3 тыс. чел. - принимают равным 0,95.

Длину зоны влияния населенного пункта, $L_в$, км, определяют в зависимости от численности населения в нем по формулам (4.16, 4.17):

при численности населения 100 тыс. чел. и более

$$L_в = \ln P;$$

(4.16)

при численности населения менее 100 тыс. чел.

$$L_в = \ln P / (12{,}51 - \ln P).$$

(4.17)

Значения коэффициентов снижения скорости движения на участках, прилегающих к центрам населенных пунктов и длин зон влияния населенных пунктов при соответствующей их численности приведены в табл. 4.7.

Таблица 4.7.

Коэффициенты снижения скорости

Численность населения в населенном пункте, чел.	Коэффициент снижения скорости движения в населенном пункте, d_V	Длина зоны влияния населенного пункта, $L_в$, км
10 000 000	0,6	16,1
1 000 000	0,7	13,8
100 000	0,8	11,5
10 000	0,9	2,8
3000	0,95	1,7
1000	0,95	1,2
100	0,95	0,6
10	0,95	0,2

Длины участков автомобильных дорог, примыкающих к центрам населенных пунктов, как правило, не равны длинам зон влияния населенных пунктов. В связи с этим необходимо производить корректировку коэффициента снижения скорости движения на этих участках дорог, используя формулы (4.18,4.19):

при зонах влияния больше длин участков дорог

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$d_V = d_V L_ф / L_в$,

(4.18)

при зонах влияния меньше длин участков дорог

$d_V = (L_в d_V + L_ф - L_в)/L_ф$.

(4.19)

Для участков автомобильных дорог, соединяющих два корреспондирующих пункта, коэффициент снижения скорости движения определяют перемножением коэффициентов снижения скорости, полученных для каждого из пунктов.

Для участков автомобильных дорог, проходящих по территории населенных пунктов, также необходимо учитывать влияние на скорость движения расстояния до застройки, технического состояния улиц и дорог населенного пункта и развитости улично-дорожной сети населенного пункта. По этим причинам скорость движения в пределах многих населенных пунктов составляет всего 20-30 км/ч.

Для участков автомобильных дорог, на которых скорость движения ограничена регулируемыми пересечениями или населенными пунктами, в которых на рассматриваемой дороге имеется светофорное регулирование, коэффициент снижения скорости движения объектами регулирования движения (d_R) может быть принят равным 0,8. Если участок дороги имеет объекты светофорного регулирования с двух сторон, d_R принимают равным 0,65. В остальных случаях коэффициент принимают равным 1,0.

На рис. 4.2 представлен график, позволяющий определять значение коэффициента приведения физической длины участка автомобильной дороги в зависимости от скорости движения автотранспортных средств на нем. Показатель степени при приведенном расстоянии между населенными пунктами при расчете интенсивности движения грузовых автотранспортных средств а принимают в зависимости от этого расстояния:

при расстоянии 63 км и более - принимают равным 2;

при расстоянии меньше 63 км - определяют по формуле:

$a = 1{,}74+17/(2 + L_{пр})$.

(4.20)

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

При прогнозировании интенсивности движения грузовые автотранспортные средства целесообразно разделять на группы (1-6) по средней грузоподъемности: 1-1,0 т; 2-2,5 т; 3-4,0 т; 4-7,0 т; 5-10,0 т; 6-15 т (автопоезда).

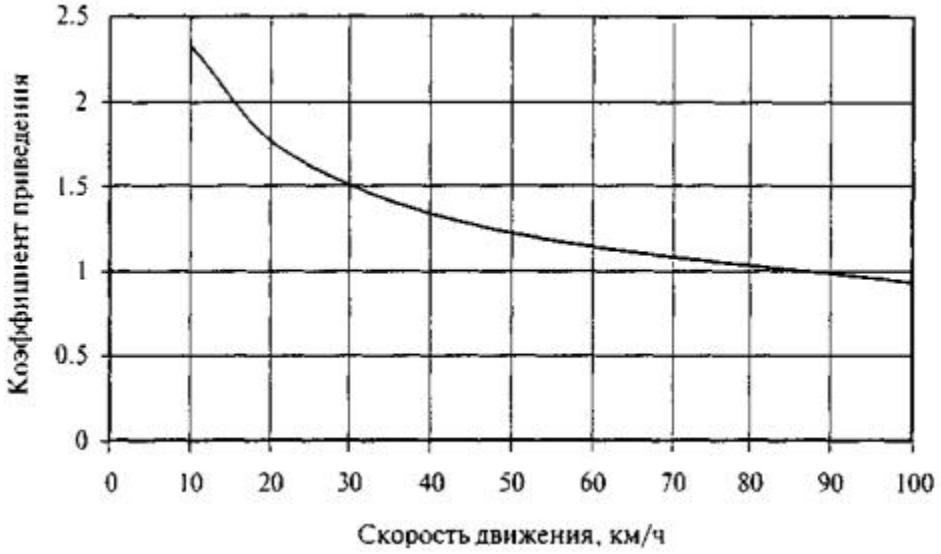


Рис. 4.2. Зависимость коэффициента приведения длины участка дороги от скорости движения автотранспортных средств

При расстоянии между корреспондирующими населенными пунктами 500 км и менее определение доли соответствующих групп грузовых автотранспортных средств можно производить по следующим эмпирическим формулам:

1 группа $C_1 = 0{,}4 - 0{,}0006L_{np}$;

2 группа $C_2 = 0{,}23\text{-}0{,}0004L_{np}$;

3 группа $C_3 = 0{,}09 - 0{,}0001L_{np}$;

4 группа $C_4 = 0{,}11 - 0{,}0001L_{np}$; где (4.21)

5 группа $C_5 = 0{,}13 + 0{,}0001L_{np}$;

6 группа $C_6 = 0{,}04 + 0{,}0011L_{np}$;

$C_к$ - доля грузовых автотранспортных средств $к$-ой группы, выполняющих перевозки между i-м и j-м населенными пунктами. Сумма значений C_1-C_6 для всех случаев должна быть равна 1.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

При расстоянии между населенными пунктами более 500 км доли соответствующих групп в формировании интенсивности движения принимают, как при расстоянии, равном 500 км.

Для территорий, где структура парка грузовых автотранспортных средств значительно отличается от средних по стране показателей, распределение их использования, при необходимости, следует уточнять исходя из существующей и перспективной структуры. При этом долю соответствующих групп грузовых автотранспортных средств устанавливают по фактической структуре потока, уменьшая или увеличивая долю соответствующих групп. Основным условием при распределении интенсивности движения грузовых автотранспортных средств на группы является равенство единице суммы долей всех групп во всем диапазоне расстояний между корреспондирующими пунктами.

При прогнозировании интенсивности движения расчеты следует выполнять в следующей последовательности.

Первоначально устанавливают границу рассматриваемой зоны, т.е. определяют территорию, в пределах которой подлежат учету соответствующие населенные пункты. Границу устанавливают по радиусу зоны (R_y, км), в пределах которой подлежат учету корреспонденции территориального центра с другими населенными пунктами при разработке территориальных программ, или территориальных центров исследуемой территории при разработке региональных и национальных программ. При этом радиус этих зон может быть определен по формуле:

$$R_y = 7 \cdot (\ln P_{max})^2. \quad (4.22)$$

Выполнение расчетов целесообразно начинать с более крупных населенных пунктов. В первую очередь выполняют расчет интенсивности по связям принятого населенного пункта со всеми населенными пунктами, находящимися на расстоянии менее R_y, и корреспонденции с которыми являются значимыми. После рассмотрения корреспонденции рассматриваемого населенного пункта со всеми другими населенными пунктами переходят к рассмотрению следующего населенного пункта.

Интенсивность движения, рассчитанную между каждой парой корреспондирующих населенных пунктов, суммируют по типам и группам автотранспортных средств на все участки автомобильных дорог, образующие кратчайшую связь между ними.

Формирование обшей интенсивности движения заканчивают при рассмотрении всех значащих корреспонденции.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

После выполнения расчета ожидаемой интенсивности движения автотранспорта на первом итерационном шаге на участках автомобильных дорог оценивают возможность движения этого потока со свободной скоростью. На участках, где движение потока автотранспортных средств ожидаемой интенсивности будет сопровождаться снижением скорости движения, необходимо определить скорость движения, которую поток должен иметь при данной интенсивности в данных дорожно-транспортных условиях и, исходя из этой скорости, скорректировать приведенную длину участка.

Оценку соответствия между интенсивностью и скоростью движения следует производить по приведенной к легковому движению часовой интенсивности, приходящейся на полосу движения. Для перехода от среднегодовой суточной к максимальной часовой интенсивности движения, при отсутствии данных о распределении интенсивности движения в течение суток, можно использовать коэффициент, равный 0,076.

Проверку на возможность движения потока ожидаемой интенсивности с принятой скоростью необходимо производить для всех участков автомобильных дорог, на которых ожидаемая интенсивность движения на полосу движения превышает 300 приведенных автомобилей в час.

Скорость движения потока ожидаемой интенсивности целесообразно определять с использованием основной диаграммы транспортного потока «интенсивность - скорость» для конкретных дорожно-транспортных условий движения.

Скорость движения на участках со светофорным регулированием определяют, исходя из отношения ожидаемой интенсивности движения к пропускной способности полосы движения в сечении линии «стоп». При этом пропускную способность полосы движения в сечении линии «стоп» определяют, исходя из скорости транспортного потока 15 км/ч с учетом продолжительности разрешающего сигнала светофора. Для практических расчетов с достаточной степенью точности можно принять, что продолжительность разрешающего сигнала светофора в течение часа составляет 30 мин, т. е. пропускная способность в сечении линии «стоп», определенная исходя из безостановочного движения, должна быть уменьшена в 2 раза.

Для железнодорожных переездов пропускную способность определяют, исходя из скорости потока 10 км/ч и с учетом продолжительности времени закрытия шлагбаума по формуле:

$X = 2X_{10}t_{ж}G/60$, где

(4.23)

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

X - пропускная способность железнодорожного переезда с учетом закрытия шлагбаума, авт./ч;

X_{10} - пропускная способность полосы движения на железнодорожном переезде без перерыва движения, авт./ч;

$t_{ж}$ - средняя продолжительность закрытия железнодорожного переезда при прохождении 1 поезда, мин (можно принять равной 2,5 мин);

G - число пар поездов, проходящих через переезд в час «пик».

В процессе прогнозирования интенсивности движения и по ее результатам можно определить показатели грузовых и пассажирских перевозок: объем грузовых и пассажирских перевозок; транспортную работу при выполнении грузовых и пассажирских перевозок. Блок схема расчетов показана на рис. 4.3.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

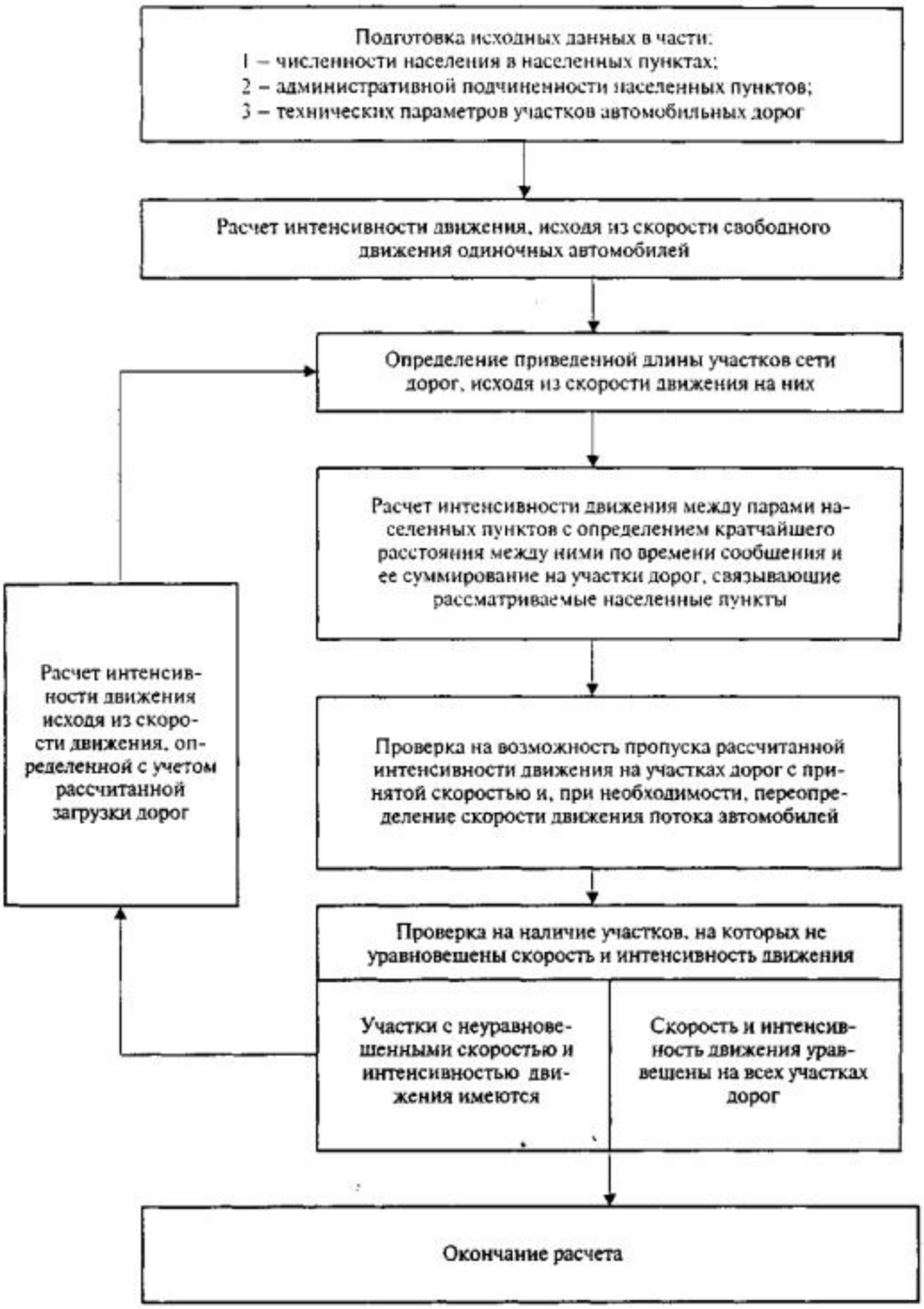


Рис. 4.3. Блок-схема расчета интенсивности движения

Основная работа автомобильного транспорта осуществляется по связям между территориальными и районными центрами, промышленно развитыми городами. Именно города являются основными генераторами автотранспортных потоков. В

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

городах создают продукцию, в том числе товары сельскохозяйственного производства, которые затем перевозят в соседние города и распределяют по местным населенным пунктам. При этом необходимо учитывать, что чем меньше населенный пункт, в том числе и город, тем меньше его способность к самообеспечению, тем больше он нуждается в продукции, выпускаемой в других более крупных городах.

Обеспечение надежных автотранспортных связей способствует интеграции промышленности не только в пределах одной территории, но и с сопредельными территориями, что наиболее существенно в условиях рынка. Отсутствие надежных транспортных связей с одной стороны снижает возможность в сбыте продукции, что является сдерживающим фактором развития предприятий, с другой приводит к монополии производителей из-за невозможности завоза подобной продукции от других производителей и, как следствие, завышению реальной стоимости выпускаемой продукции.

При формировании федеральной сети автомобильных дорог целесообразно рассматривать следующие варианты их развития:

сохранение существующего направления дорог с приведением их в соответствие с предъявляемыми требованиями, т.е. с их реконструкцией;

строительство специализированных автомагистралей вдоль существующих дорог без дальнейшего их использования;

частичное использование существующих дорог с их реконструкцией.

4.4. Методы оценки общественной эффективности инвестиционных проектов дорожного строительства

Изданные в 1985 году указания по оценке эффективности отраслевых проектов ВСН 21-83 (Указания по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительство и реконструкцию автомобильных дорог: ВСН 21-83/ Минавтодор РСФСР. - М., 1985) требуют существенной корректировки. Предлагаемые далее рекомендации по оценке инвестиционных проектов дорожного строительства опираются на официально изданные в 2000 г. методические рекомендации (Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. 2-я ред./ Минэкономики России, Минфин России, Госстрой России. - М.: ОАО «НПО Издательство «Экономика», 2000), другие отечественные, а также зарубежные исследования в данной области.

Основные положения оценки общественной эффективности инвестиционных проектов.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Инвестиционным процессом называют процесс создания нового, либо обновления уже существующего народнохозяйственного объекта. Процесс вложения средств именуют инвестированием, а сами средства - инвестициями или капиталовложениями. Так как инвестиции всегда ограничены, а потребность общества в инвестиционных проектах превышает инвестиционные возможности, то возникает задача выбора инвестиционного проекта. На практике часто рассматривают небольшой набор альтернативных проектов, один из которых может быть выбран, если будет обоснована целесообразность и возможность его реализации.

Обоснование проекта - это процесс, цель которого определить целесообразность и возможность реализации проекта. Для решения задачи выбора инвестиционного проекта в мировой практике используют систему методов, объединенных общим названием **проектный анализ**. Он является инструментом принятия разумных решений по рациональному распределению ресурсов для развития экономики страны.

Целесообразность реализации инвестиционного проекта может оцениваться с точки зрения интересов:

участника проекта, оказывающего финансовую или (и) организационную поддержку;

бюджетов различных уровней;

отдельных групп потребителей, включая домашние хозяйства, предприятия и организации;

социально-экономического развития региона, в котором осуществляют проект;

социально-экономического развития страны в целом.

Относительная важность этих аспектов зависит от специфики проекта. Можно выделить следующие виды инвестиционных проектов:

проекты, не оказывающие заметного влияния на экономическое развитие страны или региона, реализация которых тем самым может быть полностью определена частными интересами участников проекта;

проекты, значимые для народного хозяйства, осуществление которых не может быть реализовано без учета регионов или даже интересов общества в целом. Общественно значимые проекты можно разделить на достаточно привлекательные с точки зрения частных инвестиций и те, которые не преследуют коммерческой выгоды и реализация которых может быть осуществлена преимущественно за счет

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

бюджетных инвестиций или инвестиций из внебюджетных фондов, пополняемых за счет налоговых поступлений.

Инвестиционные проекты дорожного строительства или реконструкции относят к некоммерческой сфере, где основная доля инвестиций приходится на долю государства, в том числе в странах с развитой рыночной экономикой. В российских условиях возможности для привлечения частных инвестиций в дорожное строительство существенно меньше, учитывая значительные риски долгосрочных частных инвестиций и соответственно большие проценты за кредит. Поэтому главным критерием выбора инвестиционного проекта дорожного строительства была и остается народнохозяйственная (общественная) эффективность, а коммерческая и бюджетная виды эффективности имеют второстепенное значение.

Основные идеи экономического анализа инвестиционных проектов, разработанные советскими учеными Л.В. Канторовичем и В.В. Новожиловым и общепринятые в мировой практике, состоят в том, что:

цены продаж и приобретения ресурсов, товаров, услуг, формируются ли они в рыночной среде, регулирует ли их государство, могут не совпадать с общественной ценностью ресурсов, товаров, услуг. Поэтому в расчетах необходимо использовать специальные общественные (называемые также экономическими, теневыми, объективно-обусловленными) цены или оценки;

общественные цены должны включать в себя как прямые, так и косвенные издержки. Если проект предусматривает потребление ограниченного ресурса, в его экономической стоимости должны быть отражены не только затраты на его производство, но и потерянные выгоды, которые могло бы получить общество от альтернативного использования данного ресурса.

Сумму затрат на производство ресурса и чистых потерянных выгод называют альтернативной стоимостью. Другим важным понятием экономического анализа являются внешние эффекты или **экстерналии,** к которым относят воздействия на "третью сторону", не участвующую непосредственно в производстве или потреблении продукции (услуг, товаров).

Выбор наилучшего из проектов производят процедурой сравнения с эталонными условиями, которые получили название в практике обоснования инвестиционных проектов "условия без проекта". При этом исходят из рационального управления ресурсами и возможностями экономики. Полагают, что в условиях без проекта общество рационально затрачивает, а не "экономит" ресурсы. Так, с точки зрения теории экономического анализа инвестиционных проектов постановка вопроса о чрезмерных государственных инвестициях правомерна только при условии, что найден альтернативный, реальный в конкретных социально-экономических условиях способ достижения долгосрочных целей.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Анализ общественной эффективности инвестиционных проектов призван оценивать реальные изменения в экономике. Поэтому понятие инфляции неприменимо к общественным ценам. Это не означает, что все расчеты должны вестись в постоянных ценах. Общественная цена может меняться в результате изменения спроса, повышения производительности труда, внедрения новых технологий, улучшения качества продукции. Например, в расчетах необходимо учитывать рост или падение стоимости трудовых ресурсов, вызванные прогнозируемым ростом или падением валового внутреннего продукта.

Основные критерии оценки проекта - это:

чистая приведенная стоимость (Net Present Value - *NPV*);

внутренняя норма доходности (Internal Rate of Return - *IRR*);

отношение выгод и затрат (Benefit to Cost Ratio - *BCR*);

срок окупаемости затрат (Pay Back Period).

Чистую приведенную стоимость проекта определяют по формуле (4.24):

$$NPV = \sum_{t=0} \frac{B_t}{(1+R_D)^t},$$ где

(4.24)

B_t - чистый эффект в году t представляет собой разность между выгодами и затратами проекта;

R_D - коэффициент дисконтирования, который учитывает фактор времени и связанное с ним удешевление будущих выгод в сравнении с настоящими.

NPV представляет собой сумму дисконтированных чистых выгод в стоимостном выражении (млн. руб., млн.дол. и т.д.). Положительное значение *NPV* свидетельствует о целесообразности инвестирования проекта. В качестве года $t = 0$ рекомендуется брать год проведения расчетов.

При сравнении альтернативных проектов следует отдавать предпочтение тому проекту, который имеет большую величину *NPV*.

При использовании *NPV* необходимо заранее определить коэффициент дисконтирования, что представляет собой достаточно сложную проблему.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Достаточно широкое распространение получил метод расчета **внутренней нормы доходности** *IRR*. Неотрицательное значение коэффициента дисконтирования, при котором *NPV* обращается в ноль, называется внутренней нормой доходности проекта. Если значение *IRR* превышает коэффициент дисконтирования, то данный проект может быть рекомендован к осуществлению.

Если отразить графически зависимость текущей стоимости проекта (*NPV*) от коэффициента дисконтирования (R_D), то кривая пересечет ось абсцисс в некоторой точке (рис. 4.4). Это точка и есть *IRR*.

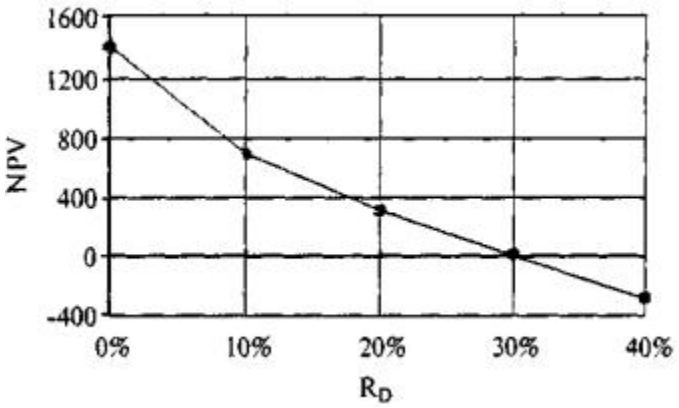


Рис. 4.4. Пример зависимости чистой приведенной стоимости от коэффициента дисконтирования

Отношение выгод и затрат устанавливают по формуле (4.25):

$$BCR = \sum_{t=0} \frac{INF_t}{(1+R_D)^t} \Big/ \frac{OUTF_t}{(1+R_D)^t}, \text{ где} \quad (4.25)$$

INF_t - чистые положительные выгоды в году t;

$OUTF_t$ - чистые затраты в году t.

Если в году t чистый эффект B_t отрицателен, абсолютное значение B_t прибавляют к знаменателю, в противном случае - к числителю. Значение *BCR* показывает, сколько раз окупаются чистые затраты проекта. *BCR* имеет много модификаций, имеющих некоторые общие свойства:

в знаменателе суммируют затраты проекта (все затраты или какого-либо вида);

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

разность между числителем и знаменателем равна *NPV*;

знаменатель не должен быть равен 0.

Из второго свойства следует очевидное: если *BCR* = 1, то *NPV* = 0; если *BCR* > 1, то *NPV* > 0; если *BCR* < 1, то *NPV* < 0.

Срок окупаемости *PBP* определяют по формуле (4.26):

$$PBP = T_{ок} \text{ при } NPV = \sum_{t=0}^{T_{ок}} B_t /(1+R_D)^t = 0.$$

(4.26)

Этот показатель имеет вспомогательное значение при оценке проектов. Утверждение: «проект А выгодней для народного хозяйства, чем проект В, так как окупается за более короткий срок» в общем случае неверно. Проекты дорожного строительства преследуют долгосрочные социально-экономические цели и, как правило, характеризуются длительным сроком окупаемости во всех странах. Поэтому длительный срок народнохозяйственной окупаемости некоммерческих проектов не должен «настораживать» экономиста, эксперта или лицо, принимающее решение о реализации проекта.

Как видно из формул показателей эффективности, своего рода «нормативом» является коэффициент дисконтирования R_D.

Фактор дисконтирования удешевляет будущие выгоды по сравнению с настоящими. Для рассматриваемых в экономическом анализе проектов норма дисконта должна быть одинаковой, так как анализируемые **альтернативные проекты** должны быть сопоставимы между собой. Основные условия сопоставимости проектов - это общие цели, общий период сравнения, общие единицы измерения.

В странах ЕС и США норму дисконта инвестиционных проектов дорожного строительства обычно принимают равной 5-6 %. В плановой экономике в качестве норматива эффективности инвестиционных проектов дорожного строительства применяли показатели, которые отличаются от общепринятых. Основными нормативами были коэффициент приведенного среднегодового эффекта (*E*) и обратный к *E* показатель (*T*), который называли сроком окупаемости.

Показатели, принятые в методических указаниях ВСН 21-83, отменены общими методическими рекомендациями 1994 и 2000 гг. и в современной практике

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

обоснования инвестиционных проектов дорожного строительства не обязательны. Автором подраздела исследован вопрос, какие требования к NPV и IRR соответствуют нормативам эффективности ВСН 21-83 и были установлены приблизительные соответствия (табл. 4.8).

Таблица 4.8.

Соответствие нормативов ВСН 21-83 общепринятым показателям эффективности

Показатели	Значения показателей ВСН 21-83			
	E ³ 0,08 (T £ 12,5)	E ³ 0,12 (T £ 8,3)	E ³ 0,14 (T £ 7,1)	E ³ 0,15 (T £ 6,7)
Норма дисконта	8 %	10 %	11 %	12 %
IRR	³8 %	³10 %	³11 %	³12 %
NPV	³0	³0	³0	³0

Норма дисконта должна устанавливаться нормативными документами, которые в настоящее время отсутствуют. Значения нормы дисконта, имеющие рекомендательный характер, даны в табл. 4.9.

Таблица 4.9.

Рекомендуемые нормы дисконта для проектов дорожного строительства

Сценарии прогноза ежегодного прироста ВВП	Характеристика территории		
	неосвоенные и малоосвоенные территории	города с численностью населения более 500 тыс. человек	прочие территории
менее 3 %	6 %	8 %	7 %

3-4 %	7 %	11 %	9 %
5 % и более	8 %	12 %	10 %

4.5. Процедуры учета неопределенности

Для оценки надежности расчетов экономической эффективности учитывают неопределенность, под которой понимают неполноту или неточность информации об условиях реализации проекта, в том числе - связанных с ними затратах и результатах (Виленский П.Л. и др. Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика. - М.: «Дело», 2001).

Стандартные процедуры **учета неопределенности** - это анализ сценариев, анализ чувствительности, анализ критических значений (switching values analysis), укрупненный учет неопределенности.

Анализ сценариев удобен для ситуационного анализа «что будет если». В анализе сценариев моделируют некоторую реальную ситуацию, которая влечет за собой изменения, как правило, нескольких параметров проекта. Сценарии развития проекта должны включать:

основной сценарий, который отражает наиболее вероятное, с точки зрения экономиста, развитие ситуации. С целью укрупненного учета неопределенности в основном сценарии могут быть заложены умеренно-пессимистические значения параметров проекта;

пессимистический сценарий развития экономики. Этот сценарий предполагает пессимистический прогноз темпов прироста валового внутреннего продукта (ВВП) и заработной платы. Соответственно, снижаются темпы прироста объемов грузовых перевозок. Может быть предусмотрено снижение объемов продаж автобусов и легковых автомобилей. Как следствие - снижение темпов прироста интенсивности пассажирского транспорта при сохранении или менее резком снижении объемов пассажирских перевозок;

оптимистический сценарий развития экономики, наоборот, предполагает более высокий рост ВВП, заработной платы;

сценарии вариантов развития транспортной сети, производственной и социальной сферы. Должны быть отражены возможные варианты строительства новых дорог, производств, предприятий, имеющих социальную направленность, влияющие на показатели эффективности проекта. Существует два основных способа моделирования таких сценариев. Первый способ - это включение в проект

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

соответствующих мероприятий, то есть рассматривают комплексные проекты. Недостаток этого подхода состоит в том, что может существовать значительная неопределенность в оценке необходимых инвестиций, что может потребовать дополнительных изысканий. Согласно второму способу предполагается, что дополнительные мероприятия по развитию региона будут реализованы независимо от проекта. Поэтому и инвестиции на дополнительное развитие считают одинаковыми как с проектом, так и без проекта. Задача оценки проекта упрощается, но такое предположение далеко не всегда может быть принято. Конечно, в реальной практике экономического обоснования инвестиционных проектов дорожного строительства вышеназванные способы могут сочетаться;

сценарии использования альтернативных методов расчета затрат и выгод проекта и методов прогноза транспортных потоков. Неопределенность является неотъемлемой характеристикой экономического анализа. Неудивительно поэтому, что в экономической науке применяют разные методы расчета одних и тех же эффектов. Это может быть отражено в сценарном анализе. Такой подход позволяет вводить в практику обоснования инвестиционных проектов новые методы обоснования, не дожидаясь обновления отраслевых рекомендаций. Конечно, это не снимает требований к научной обоснованности новых методов. В основном сценарии проекта следует использовать стандартные методы оценки проектов.

Анализ чувствительности определяет, чему равно значение чистой приведенной стоимости проекта (4.24) NPV (или других показателей эффективности проекта) при некотором конечном изменении параметров в ту и (или) другую сторону. Эта процедура помогает понять, от чего больше всего зависит расчетная эффективность проекта. Два важных практических вывода экономист может сделать из этого анализа:

какие экономические меры нужно предпринять для снижения рисков проекта;

какие дополнительные исследования нужно предпринять, если полученный результат интуитивно может быть оценен как не соответствующий действительности. Анализ чувствительности может включать оценку следующих параметров:

существующая интенсивность;

темпы прироста интенсивности транспортных потоков;

коэффициенты приведения смешанного потока к эквивалентному потоку легковых автомобилей;

пропускная способность;

затраты времени пассажиров в стоимостной форме;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

количество пассажиров в одном легковом автомобиле и автобусе;

текущие автотранспортные затраты;

дополнительные капиталовложения в автомобильный транспорт;

средняя продолжительность работы 1 автомобиля в сутки (или за год);

объемы инвестиций в проект;

прочие параметры.

Проведя анализ чувствительности, мы узнаем, какие параметры наиболее сильно влияют на эффективность проекта. Для этих параметров целесообразно дополнительно провести **анализ критических значений.** Анализ определяет значения параметров, при которых $NPV = 0$.

Анализ чувствительности и анализ критических значений можно интерпретировать как частный случай сценарного анализа. При составлении конкретных обоснований инвестиций (ОИ) разделение процедур учета рисков и неопределенности вносит упорядоченность и предлагает более удобное для эксперта изложение.

При таком широком подходе к учету рисков и неопределенности, очевидно, будет получен существенный разброс показателей эффективности. Это не является недостатком обоснования. Разработку экономического обоснования инвестиционного проекта нельзя сводить к формальному расчету значений показателей эффективности. Экономист должен всесторонне исследовать проект, сформировать свое

представление и отразить его с той степенью детализации, которая позволила бы эксперту быть уверенным, что от него не скрыты слабые стороны проекта.

Обоснование любого инвестиционного проекта невозможно без расчета затрат и выгод по элементам, отражающим специфику проекта.

4.6. Элементы затрат-выгод инвестиционных проектов дорожного строительства

В качестве затрат-выгод инженерного проекта (ИП) дорожного строительства могут быть рассмотрены следующие элементы.

Инвестиции в основной капитал:

инвестиции в строительство и реконструкцию дорожных объектов;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

дополнительные инвестиции в автотранспорт.

Инвестиции в оборотные средства:

инвестиции на увеличение оборотных средств, находящихся в транспортном процессе;

затраты на создание сезонных запасов из-за отсутствия регулярного проезда.

Текущие экономические затраты и выгоды в процессе перевозок:

текущие затраты на перевозку пассажиров и грузов автомобильным транспортом (включая затраты владельцев личных легковых автомобилей);

затраты на погрузку-разгрузку грузов, перевозимых автомобильным транспортом;

затраты на перевалку;

потери перевозимой продукции;

затраты на перевозку пассажиров и грузов другими видами транспорта.

Дополнительные выгоды от улучшения транспортных условий:

выгоды от дополнительных поездок;

выгоды от вложения дополнительных финансовых средств.

Стоимостная оценка затрат времени населения. Социальные и экологические результаты:

ущерб от дорожно-транспортных происшествий;

прочие социальные затраты и выгоды;

экологические результаты.

Прочие затраты и выгоды:

затраты и выгоды от изменения характера землепользования;

изменение рыночной стоимости земель и недвижимости;

затраты и выгоды в связи с выводом объектов из эксплуатации;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

расходы на содержание и ремонт дорожных объектов;

затраты по организации и содержанию паромных и ледовых переправ.

Расчет эффективности проекта осуществляют на основе сравнения затрат и выгод в условиях с проектом (проектные условия) и в условиях без проекта (эталонные условия). Затраты и выгоды одинаковые с проектом и без проекта не учитывают. В качестве эталонных условий могут быть выбраны реально возможные условия с минимальными инвестициями для всех альтернативных вариантов. Эталонные условия не должны быть ориентированы на теоретические, очень плохие условия (например, вариант «ничего не строится» может быть маловероятным для относительно развитой сети автомобильных дорог (Проблемы функционирования и развития инфраструктуры России в переходный период/ Под общ. ред. В.Н. Лившица. - М.: «Фолиум», 1996). Должны быть учтены все прогнозируемые эффекты, кроме незначительных. Расчетный период может быть сколь угодно большим.

Капитальные вложения в строительство/реконструкцию дорожных объектов можно разделить на оплачиваемые заказчиком проекта или другими экономическими субъектами и внешние эффекты. В выше названной работе капиталовложения разделены на включенные и не включенные в сметную стоимость. Включение НДС в экономическую стоимость строительства возможно в целях укрупненного учета неопределенности.

Дополнительные инвестиции в автотранспорт:

Этот элемент отражает изменение потребностей в транспортных средствах в связи с изменением требуемого времени на осуществление перевозок. Оценка дополнительных капитальных вложений в автотранспорт $I^a(t)$ равна:

$$I^a(t) = \frac{\left(I^{av} + U\right)}{T^n}\left[W(t) - W(t-1)\right],$$ где

(4.27)

$I^{av}(t)$ - затраты на приобретение автомобиля и увеличение основных и оборотных фондов для его обслуживания (цена соответствующих товаров и услуг);

U - стоимость утилизации автомобиля, приведенная к году покупки;

T^n - расчетное время работы (часы) в год автомобиля;

W - годовой объем транспортной работы в машино-часах, включая время погрузки и разгрузки. Транспортная работа легковых автомобилей, находящихся в личной собственности, не должна учитываться в формуле (4.27).

Можно предположить, что изменение объемов покупок новых автомобилей происходит с некоторой задержкой (лагом) относительно изменения требуемого на перевозки времени. В этом случае необходимо использовать формулу (4.28):

$$И^{a}(t) = \sum_{\bar{t}=t-l}^{t} k_l(t-\bar{t}) \cdot I^{a}(\bar{t}),$$

где

(4.28)

$И^{a}(t)$ - дополнительные капитальные вложения с учетом лага;

l - лаг (длительность задержки);

k_l - лаговые коэффициенты от 0 до 1, сумма которых равна 1.

Инвестиции на увеличение оборотных средств, находящихся в транспортном процессе, $C^{u}(t)$, оценивают по формуле (4.29):

$$C^{u}(t) = \frac{c}{365 \cdot 24}\left[Q(t) \cdot w(t) - Q(t-1) \cdot w(t-1)\right],$$

где

(4.29)

c - стоимость 1 т грузов круглогодичного производства и потребления;

Q - объемы перевозимых грузов;

w - время доставки продукции, включая время погрузки, разгрузки, перевалки и перевозки, ч.

Затраты на создание запасов из-за отсутствия регулярного проезда.

Если возникает необходимость создания сезонных запасов из-за нерегулярного проезда (например, из-за разлива рек), учитывают издержки из-за связывания оборотных средств (4.30):

$$C^z = \frac{1}{2} \cdot \sum_i \frac{t^z}{365} \cdot \sum_i \left(c^z + c^q \cdot E^z \right) \cdot Q^z,$$

где

(4.30)

E^z - потери из-за связывания 1 руб. дополнительных оборотных средств;

$t^z(t)$ - период (дни), на который создаются дополнительные запасы продукции из-за нерегулярного проезда;

c^z - стоимость хранения 1 т продукции;

c^q - стоимость 1 т запасов;

Q^z - объем дополнительных запасов, т.

Коэффициент E^z можно оценивать процентной ставкой за год краткосрочного кредита без учета инфляции (20-30 %). Если в году несколько периодов создания запасов из-за нерегулярного проезда, то формулу (4.30) нужно применять для каждого такого периода и результаты суммировать.

Текущие затраты на перевозку пассажиров и грузов автомобильным транспортом включают оплату труда водителей, затраты на топливо и прочие ГСМ, автомобильные шины, техническое обслуживание и ремонт, восстановление автомобильного парка и зависят от расстояния, скорости, времени, транспортных условий (количество торможений и разгонов, время ожидания в заторах, качество дорожного покрытия). Для более точной оценки времени движения автомобилей следует разбивать год на периоды (например, будние дни летнего периода, выходные дни, ночные и дневные часы и т.д.).

Затраты на погрузо-разгрузочные работы равны произведению затрат на погрузку и разгрузку 1 грузового автомобиля и количества отправленных из пунктов назначения грузовых автомобилей.

Затраты на перевалку грузов равны произведению затрат на перевалку 1 тонны грузов и объемов перевалки в тоннах. Учитывают только затраты, не включенные в стоимость перевозки грузов автомобильным транспортом.

Потери перевозимой продукции в стоимостном выражении включают потери во время погрузочно-разгрузочных работ и потери в течение поездки, кроме потерь, учтенных в других статьях затрат.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Затраты на перевозку пассажиров и грузов прочими видами транспорта.

В методических указаниях ВСН 21-83 затраты на перевозку железнодорожным видом транспорта учитывают как эксплуатационные затраты железнодорожного транспорта. Однако, потребители оплачивают стоимость услуг железнодорожного транспорта, а не стоимость издержек. Определение экономических цен на услуги естественных монополий (например, МПС) имеет свою специфику, но в первом приближении можно использовать в расчетах затраты потребителей на осуществление перевозок.

Выгоды от дополнительных поездок.

Для оценки выгод от дополнительных поездок, порождаемых улучшением транспортных условий, в странах Запада применяют так называемое правило половины (rule of half), которое заключается в том, что выигрыш таких поездок составляет некоторую часть от выигрыша существующих поездок (рис. 4.5).

Кривая спроса на рисунке 4.5 иллюстрирует рост числа поездок в зависимости от снижения потребительских затрат (издержек). Прямоугольник А представляет собой суммарное сокращение затрат (или выигрыш) существующих поездок, количество которых отмечено на графике символами $F_б$; треугольник В - выигрыш дополнительных поездок. Количество дополнительных поездок равно $F_п$-$F_б$. Это правило не учитывает эффектов, связанных с возможным увеличением производства транспортируемой продукции.

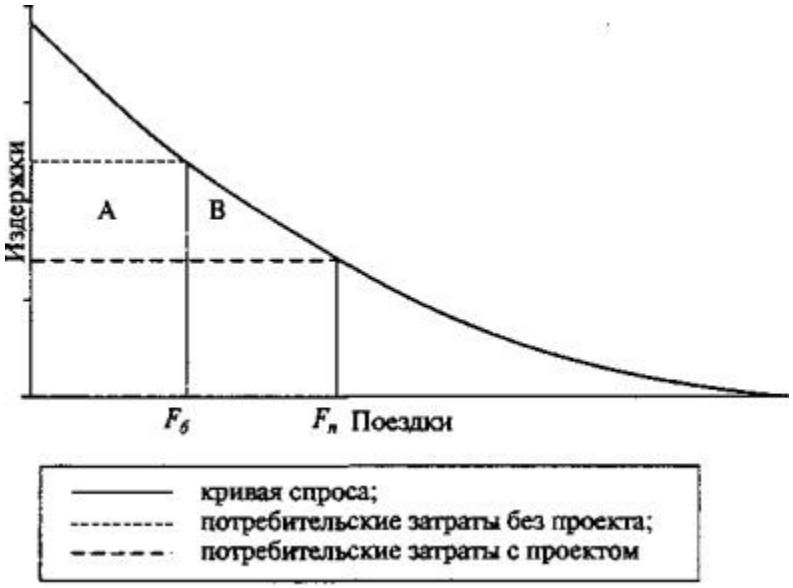


Рис. 4.5. Кривая спроса

Пусть $z_{tб}$ - потребительские затраты на 1 поездку грузового автомобиля без проекта, а $z_{tп}$ - те же затраты с проектом. Исходя из предположения, что

потребители выбирают наиболее выгодные альтернативы, чистый потребительский доход от дополнительной поездки составит от 0 до $z_{tб}$ - z_{tn} (обычно принимают равным половине разности $z_{tб}$ - z_{tn}).

Чистые общественные выгоды от дополнительных грузовых перевозок E_{gp} (4.31):

$$E_{gp} = \left[\frac{1}{2}(z_{tб} - z_{tn}) - E_x\right]F_g,$$

где

(4.31)

F_g - количество дополнительных грузовых поездок;

E_x - внешние эффекты (экстерналии) на одну дополнительную поездку.

Выгоды от дополнительных пассажирских поездок E_{pp} (4.32):

$$E_{pp} = \left[\frac{1}{2}(z_{tб} - z_{tn}) - E_x\right]F_p,$$

где

(4.32)

F_p - количество дополнительных пассажирских поездок.

Выгоды от вложения дополнительных финансовых средств. Сокращение затрат и увеличение выгод предприятий и организаций дает возможность для дополнительного финансирования экономики. Сокращение денежных затрат на транспорт в домашнем секторе ведет к увеличению совокупного спроса и производству дополнительных товаров и услуг.

Выгоды от вложения в экономику дополнительных финансовых средств V_f (4.33):

$V_f = k_g c_g + k_p c_p$, где

(4.33)

k_g - коэффициент выгод от вложения в экономику средств, сэкономленных на грузовых перевозках, может быть принят равным ставке процента краткосрочного кредита без учета инфляции (0,2-0,3) исходя из предположения, что альтернативный способ получения дополнительных средств - это взятие краткосрочного кредита;

c_g - суммарная экономия финансовых средств, затрачиваемых на грузовые перевозки;

k_p - коэффициент выгод от вложения в экономику средств, сэкономленных населением на пассажирских поездках;

c_p - суммарная экономия финансовых средств, затрачиваемых населением на пассажирские поездки.

Коэффициент k_p:

$k_p = (1 - v_s)v_e + v_s b_p$, где

(4.34)

v_s - доля сбережений в доходах населения;

v_e - доля общественных выгод в рыночной стоимости товаров или услуг;

b_p - средний банковский процент (без учета инфляции) по вкладам населения.

По результатам экспертной оценки, коэффициент k_p может быть принят равным 0,1.

Формула (4.34) не учитывает фактор увеличения возможностей для экономической деятельности от улучшения транспортной доступности.

С учетом этого фактора формулы (4.32) и (4.34) можно переписать в виде (4.35-4.36):

$$E_{gp} = \left[(1-p)\frac{1}{2}(z_{ts} - z_{tn}) + p(c-z)\frac{F}{F_x} - E_x\right]F_g,$$

(4.35)

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$V_f = (1 - v_{ts})(k_g c_g + k_p c_p)$, где

(4.36)

p - доля поездок, вызванных увеличением производства, от общего числа дополнительных поездок;

c - стоимость 1 т грузов;

z - стоимость в условиях без проекта ресурсов, затраченных на производство 1 т транспортируемой продукции;

 - объемы грузов в одном автомобиле, т;

v_{ts} - доля дополнительных финансовых вложений, которая влияет на величину pF_g.

Коэффициент, равный (1 - v_{ts}) введен в формулу (4.36), чтобы избежать двойного счета эффектов и последовательность вычислений по формуле (4.35) должна быть следующей:

затраты без проекта на 1 поездку $z_{tб}$;

затраты с проектом на 1 поездку z_{tn};

суммарное сокращение затрат для поездок, общих с проектом и без проекта (включая экстерналии); в соответствии с правилом «половины» - сокращение потребительских затрат (выигрыш) дополнительной поездки по формуле - ½×($z_{tб}$ - z_{tn});

экономические выгоды от производства 1 т транспортируемой продукции c - z;

количество дополнительных поездок F_e;

величина чистого дохода E_{gp}.

Стоимостная оценка затрат времени населения непосредственно связана с оценкой стоимости трудовых ресурсов и может быть произведена с двух точек зрения: народнохозяйственной (экономической) и индивидуальной (потребительской). Экономическая стоимость времени учитывает не только индивидуальную полезность, но и экстерналии, а именно:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

потери в производстве продукции или услуг из-за потерь рабочего времени, потраченного на поездки;

потери в производстве продукции или услуг из-за транспортной усталости;

изменения функции общественного благосостояния в зависимости от мобильности населения;

искажения в оплате труда, вызванные неэффективной экономической политикой.

Стоимостную оценку времени населения, принятую в развитых странах, рекомендуется использовать пока не будут проведены соответствующие исследования для России:

в рабочее время - 100-115 % от средней часовой зарплаты плюс дополнительные расходы работодателя;

трудовые и культурно-бытовые поездки - 75 % часовой оплаты для водителя;

35 % часовой оплаты для взрослого пассажира;

25 % - для ребенка до 16 лет.

С учетом специфики российской экономики в сценарных расчетах могут быть использованы более высокие стоимостные коэффициенты (в 1-1,5 раза).

Поездка, требующая повышенных затрат времени, должна оцениваться повышенным коэффициентом стоимостной оценки. При отсутствии эмпирических данных следует использовать формулу (4.37):

$$s_p = \left(1 + \frac{F_1 - F_0}{F_0}\right) \cdot s,$$

(4.37)

s_p - стоимостные затраты 1 часа времени пассажиров в худших транспортных условиях;

s - стоимостные затраты в нормальных условиях;

F_0 - количество пассажирских поездок в худших условиях (или без проекта);

F_1 - количество пассажирских поездок в нормальных условиях (например, с проектом).

Социальные и экологические воздействия. Социальные и экологические результаты необходимо рассматривать как самостоятельные критерии оценки инженерного проекта дорожного строительства, но они могут быть включены также в общий список затрат-выгод оценки общественной эффективности. Виды социальных и экологических результатов даны ниже:

ущерб от дорожно-транспортных происшествий;

экологически вредные выбросы автомобилей;

утилизация шин и автомобилей;

загрязнение окружающей среды в результате обслуживания или ремонта автомобилей;

не включенные в рыночную стоимость ресурсов загрязнение среды в процессе добычи, обработки и транспортировки ресурсов, а также влияние на будущие поколения невосполнимое™ некоторых ресурсов;

нарушение естественной природной среды, например, вырубка лесов, нарушение естественной водной среды, эрозия почв и т.д.

Затраты и выгоды изменения характера землепользования учитывают как разность стоимости чистой продукции, которая могла быть произведена на землях с проектом и без проекта (4.38):

$$S_z(t) = S_z^{пр}(t) - S_z^{бп}(t),$$ где

(4.38)

$S_z(t)$ - выгоды (>0) или потери (<0) в году t от изменения характера землепользования;

$S_t^{пр}(t)$ - стоимость чистой продукции в году *t* в условиях с проектом;

$S_t^{без}(t)$ - стоимость чистой продукции в году *t* в условиях без проекта.

Изменение рыночной стоимости земель и недвижимости.

Особенность учета данного эффекта состоит в том, что он является производным от других факторов, которые также могут быть учтены в проектном анализе (например, ухудшение экологической обстановки, изменение длительности поездки). Поэтому при проведении проектного анализа, во избежание двойного счета эффектов, нужно определять, во-первых, влияние каких факторов на экономическое развитие предполагается измерить с помощью прогноза рыночной стоимости земель и недвижимости, во-вторых, нет ли альтернативных подходов, более достоверных, для такой оценки, в-третьих, какая часть прогнозируемого изменения рыночной стоимости земли и недвижимости связана с анализируемыми факторами.

Затраты и выгоды в связи с выводом объектов из эксплуатации учитывают, если эксплуатация определенных объектов становится нецелесообразной или невозможной (например, временные сооружения).

Расходы на содержание и **ремонт дорожных объектов** в укрупненных расчетах могут быть определены как доли от капитальных вложений или исходя из типов дорог и величин прогнозируемых транспортных потоков. Более точная оценка требует определения сметной стоимости.

Затраты по организации и содержанию паромных и ледовых переправ оценивают по максимальной из двух величин: стоимости организации и содержании переправ и стоимости осуществления переправы.

ГЛАВА 5. ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТОВ

5.1. Геодезические опорные сети

Геодезическая сеть - система закрепленных на земной поверхности точек - **геодезических пунктов**, положение которых определено в общей системе координат.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Если пункты геодезической сети несут только плановые координаты X и Y, то такую сеть называют **плановой**, если только высоты H, то - **высотной**. Если пункты геодезической сети имеют все три координаты X, Y и H, то такую сеть называют **планово-высотной**.

По своему назначению и точности геодезические сети разделяют на сети государственные, сети сгущения и съемочные сети.

Точную геодезическую сеть, имеющую координаты, распространяемые на всю территорию страны и являющуюся основой для построения других сетей, называют **государственной геодезической сетью**.

Сеть, полученную в результате развития между пунктами государственной геодезической сети и связывающую их со съемочными сетями, называют **геодезической сетью сгущения**.

Геодезическую сеть, создаваемую для непосредственного производства топографических съемок, для геодезического обеспечения инженерных работ и решения других научных и практических задач, называют **съемочной геодезической сетью**.

Государственные геодезические сети страны подразделяются на 1, 2, 3 и 4 классы.

Геодезическая сеть 1 класса проложена рядами триангуляции по параллелям и меридианам, которые образуют звенья длиной по 200-250 км (рис. 5.1).

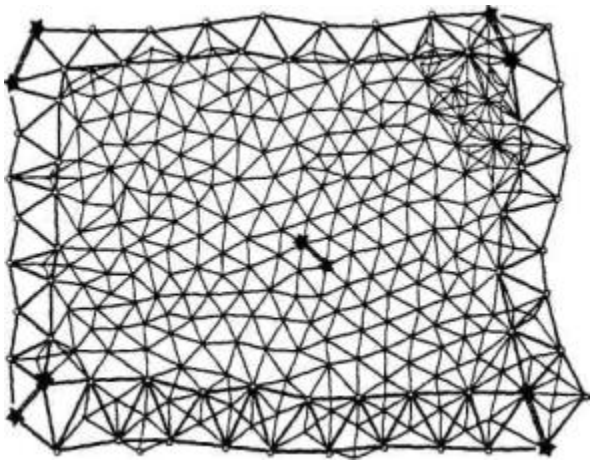


Рис. 5.1. Схема государственной плановой геодезической сети

Звенья, пересекаясь между собой, образуют систему триангуляционных полигонов с периметрами порядка 800-1000 км. На пересечениях звеньев

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

триангуляции измеряют базисные стороны с относительной погрешностью, не превышающей 1:400 000.

Длины сторон полигонометрических ходов 1 класса измеряют с относительной ошибкой 1:300 000. Горизонтальные углы в сетках 1 класса измеряют высокоточными теодолитами со среднеквадратическими ошибками угловых измерений на пунктах триангуляции m_b = 0,5" и на пунктах полигонометрии - m_b = 0,7".

Геодезическая сеть 1 класса является геодезической основой для дальнейшего развития сетей в единой системе координат на всей территории страны.

Внутри полигона 1 класса методами триангуляции и полигонометрии создается **геодезическая сеть 2 класса**. Базисные стороны в сетях 2 класса измеряют не реже чем через 25 треугольников с относительной погрешностью не боле 1:300 000, а стороны полигонометрии - не более 1:250 000.

Горизонтальные углы в триангуляции и полигонометрии 2 класса измеряют высокоточными теодолитами с погрешностью не превышающей m_b = 1,0".

Сеть геодезических пунктов 2 класса сгущают пунктами геодезиче**ских сетей 3 и 4 классов**. Относительную допустимую ошибку измерения длин базисных сторон в триангуляции принимают 1:200 000, а в полигонометрии - 1:200 000 и 1:150 000 соответственно. Горизонтальные углы измеряют точными теодолитами с допустимой среднеквадратической ошибкой m_b = 1,5" для сетей 3 класса и m_b = 2,0" для сетей 4 класса.

Данные, характеризующие правила и точность построения государственных геодезических сетей, представлены в таблице 5.1.

Геодезические пункты государственной геодезической сети устанавливают таким образом, чтобы они по возможности равномерно покрывали территорию страны.

Таблица 5.1.

Точность построения государственных геодезических сетей

Характеристика	Метод создания геодезической сети триангуляции (полигонометрия)			
	1 класс	2 класс	3 класс	4 класс

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Длина звена, км	200-250			
Длина стороны, км	20	7-20	5-8 (3-8)	2-5
Относительная ошибка длины стороны	1:400 000 (1:300 000)	1:300 000 (1:250 000)	1:200 000 (1:150 000)	1:200 000 (1:150 000)
Средняя квадратическая ошибка измерения угла, с	0,7 (0,4)	1,0	1,5	2,0

Государственные высотные (нивелирные) геодезические сети создают и развивают методами геометрического нивелирования и разделяют на сети I, II, III и IV классов.

Нивелирная сеть I класса создается нивелированием I класса (высокой точности) с применением высокоточных современных приборов и методик.

Нивелирные ходы I класса образуют полигоны периметром порядка 800 км и служат основой для высотных ходов II класса. Невязка в превышениях не превышает ± 0,5 мм

$\sqrt{L}$ (где L - длина двойного нивелирного хода, км).

Нивелирные сети II класса создают нивелированием II класса. Нивелирные ходы II класса прокладывают внутри сетки I класса, как правило, вдоль железных и автомобильных дорог, при этом они образуют полигоны периметром порядка 500-600 км. Невязка в превышениях не превышает ± 5 мм

$\sqrt{L}$.

Нивелирные сети II класса сгущают **нивелирными сетями III класса**, которые в свою очередь сгущают **нивелирными сетями IV класса**.

Невязка в превышениях нивелирных сетей III класса не превышает ± 10 мм

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$\sqrt{L}$. Невязка в превышениях нивелирных сетей IV класса не превышает ± 20 мм

$\sqrt{L}$.

5.2. Обозначение пунктов государственных геодезических сетей на местности

Геодезические пункты государственных сетей выбирают по возможности на открытых возвышенных местах местности, таким образом, чтобы с каждого из них была обеспечена прямая видимость, по меньшей мере, до трех соседних пунктов.

Геодезические пункты для долговременной сохранности надежно закрепляют на земной поверхности **геодезическими центрами** (рис. 5.2), представляющими собой железобетонные монолиты, закладываемые ниже глубины сезонного промерзания. Геодезический центр несет координаты геодезического пункта.

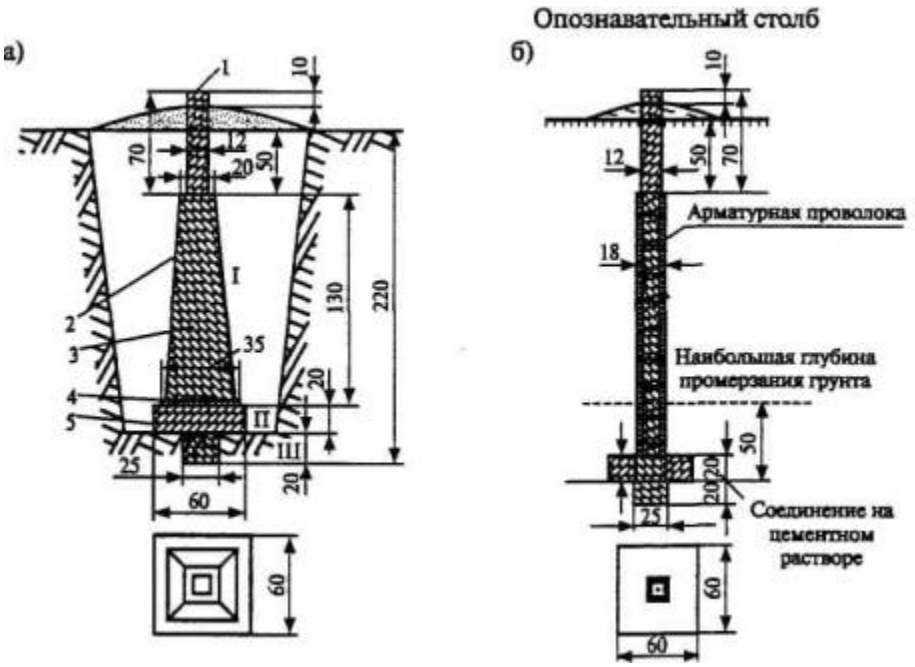


Рис. 5.2. Геодезические центры государственной геодезической сети:
а - для районов с небольшой глубиной промерзания грунта; б - для районов с большой глубиной промерзания грунта;
1 - опознавательный столб; 2 - арматурная сетка; 3 - железобетонный монолит; 4 - соединение на цементном растворе; 5 - фундамент

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Над центрами государственных сетей 1-4 классов устанавливают **наружные знаки** различных конструкций, которые бывают деревянными или металлическими (рис. 5.3).

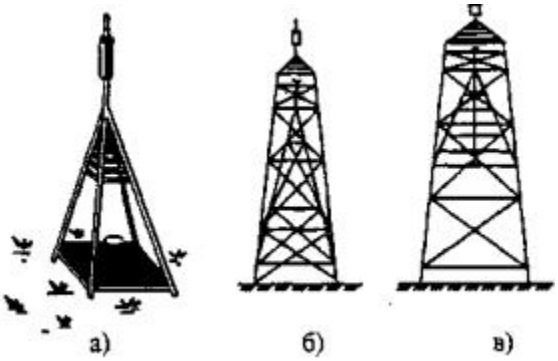


Рис. 5.3. Возможные конструкции наружных геодезических знаков:
а - пирамида; б - простой сигнал; в - сложный сигнал

Основное назначение наружных знаков заключается в том, чтобы поднять визирную марку и геодезический прибор на высоту (до 50 м) и произвести измерения на находящиеся в пределах прямой видимости соседние знаки.

Пункты высотной государственной сети закрепляют на местности капитальными грунтовыми реперами, стенными реперами или марками. На всех нивелирных сетях I и II классов капитальные реперы закладывают на устойчивых геологических, как правило, коренных породах, в среднем через 50-80 км. Нивелирные сети III и IV классов закрепляют стандартными реперами и марками в среднем через 7-8 км, в труднодоступных и незаселенных местах - через 10-15 км. Основные типы таких реперов представлены на рис. 5.4.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

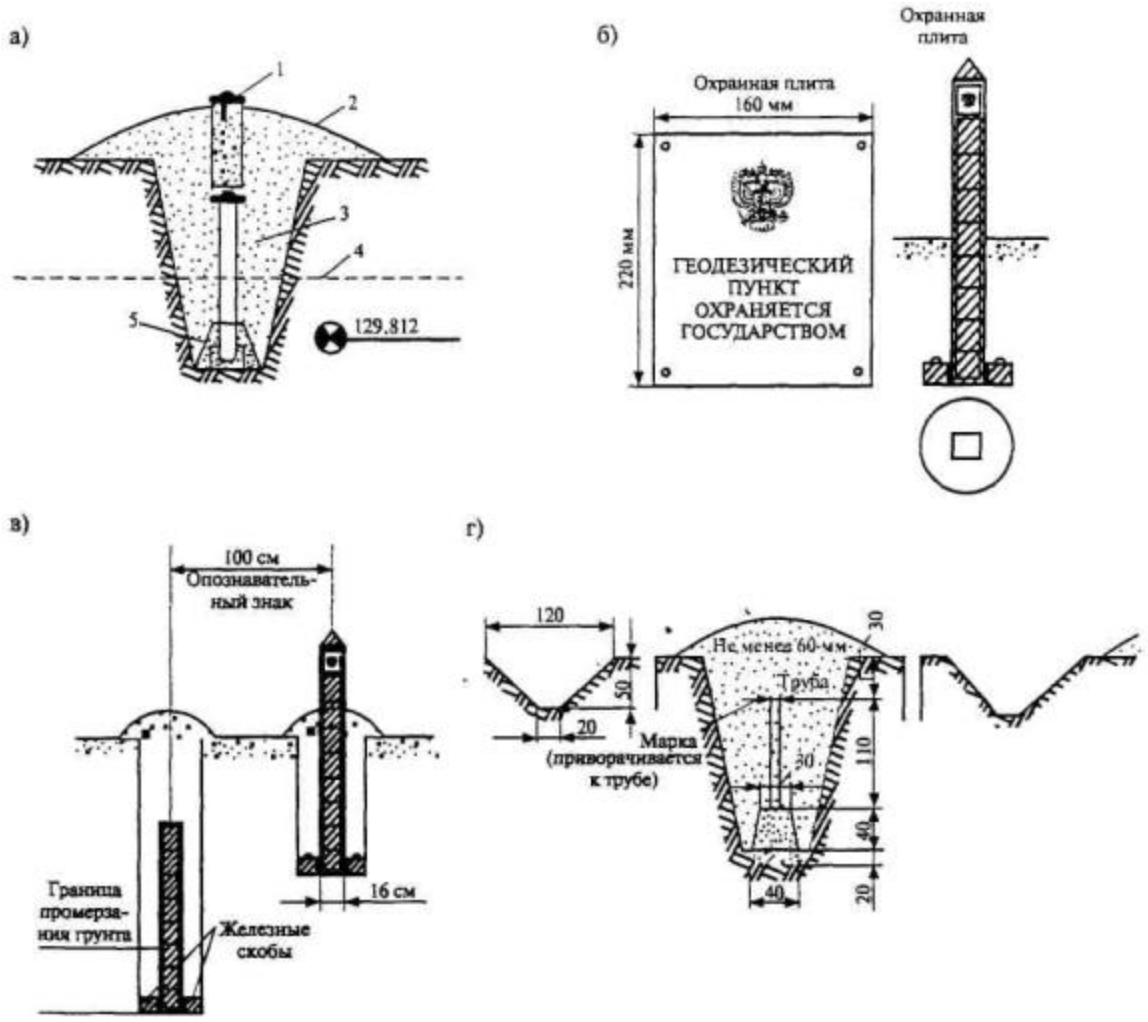


Рис. 5.4. Типы нивелирных реперов: а - капитальный грунтовый репер государственной нивелирной сети; б - железобетонный опознавательный столб; в - репер пилонного типа; г - трубчатый репер

Реперы государственных нивелирных сетей закладывают в грунт на 0,5-1,0 м ниже максимально возможной глубины сезонного промерзания (рис. 5.4, а). В одном метре от капитального грунтового репера государственной нивелирной сети устанавливают железобетонный опознавательный столб, к которому на болтах прикрепляют чугунную охранную плиту с надписью (рис. 5.4, б).

В населенных пунктах государственную нивелирную сеть закрепляют стенными реперами или марками (рис. 5.5), которые закладывают в стены и фундаменты капитальных зданий, водонапорных башен, устои мостов и т.д.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

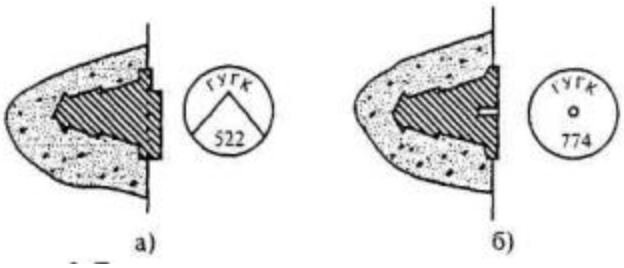


Рис. 5.5. Типы нивелирных знаков в населенных пунктах:
а - стенной репер; б - стенная марка

Стенные марки обычно размешают на высоте 2-2,5 м над поверхностью земли. В центре марки имеется отверстие, до которого определяют ее высоту и к которой с помощью штифта крепят специальную рейку. Стенные реперы закладывают обычно на высоте 0,7-1 м над поверхностью земли. Стенные реперы имеют специальный уступ для установки рейки.

Координаты и высоты пунктов государственных геодезических сетей приводятся раздельно в каталогах координат или каталогах высот геодезических пунктов. Каталоги составляют в соответствии со специальной инструкцией. Они содержат описание физико-географических условий района работ, год производства работ, схему обоснования, сведения об использованных геодезических приборах, анализ и оценку точности произведенных работ. В каталоги помещают данные о сохранившихся пунктах старых геодезических сетей и надежно закрепленных на местности временных геодезических знаков.

Каталоги координат и высот пунктов государственных геодезических сетей (в том числе и в электронном виде) хранятся в Госгеофонде, подразделениях ГУГК России, Госгеонадзоре, а также районных администрациях. Данные о соответствующих пунктах государственных сетей могут быть получены по официальному запросу организации, производящей геодезические работы в данном районе.

5.3. Привязка к пунктам государственных геодезических сетей

Для определения координат точек съемочного обоснования на местности производят плановую их привязку к пунктам государственной геодезической сети, координаты которых известны. Из всего многообразия случаев привязки наиболее часто используют следующие.

1. Привязка трассы к одному пункту геодезической сети.

Привязку трассы осуществляют в такой последовательности (рис. 5.6). Дважды в прямом и обратном направлениях измеряют горизонтальную проекцию расстояния d между пунктом геодезической сети Р и точкой М начала трассы.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

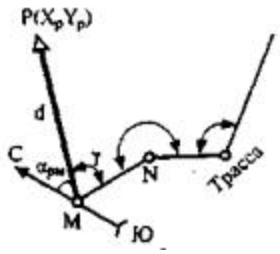


Рис. 5.6. Схема привязки трассы к одному пункту геодезической сети

Определяют одним из известных способов дирекционный угол направления PM - a_{PM}. Для этого обычно измеряют углы b_1 и b_2 на ближайшие пункты государственной геодезической сети P_1 и P_2. Учитывая, что дирекционные углы направлений P_1P и P_2P известны - a_{P1P} и a_{P2P}, легко найти искомый дирекционный угол a_{PM}, после чего, измерив примычный угол g, определяют дирекционный угол первого направления самой трассы (5.1):

$$a_{MN} = a_{PM} - 180° + g. \quad (5.1)$$

И, наконец, вычислив приращения координат $DX_{PM} = d \times \cos a_{PM}$ и $DY_{PM} = d \times \sin a_{PM}$, определяют координаты первой точки трассы M (5.2):

$$X_M = X_P + DX_{PM}; \quad Y_M = Y_P + DY_{PM}. \quad (5.2)$$

2. Привязка трассы к двум пунктам геодезической сети способом прямой засечки.

Привязку трассы к двум пунктам геодезической сети осуществляют в такой последовательности (рис. 5.7). В пунктах с известными координатами P_1 и P_2 измеряют горизонтальные углы b_1 и b_2 на точку трассы M. Решив обратную геодезическую задачу для пунктов P_1 и P_2, находят горизонтальную проекцию расстояния между ними d, дирекционный угол линии a_{P1P2} и дирекционные углы направлений a_{P1M} и a_{P2M}. Измерив в точке M примычные углы b и g, дважды определяют направление линии трассы MN (5.3):

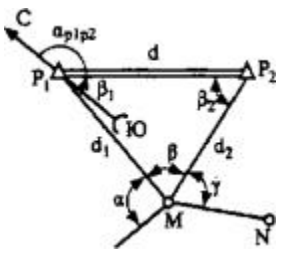


Рис. 5.7. Схема привязки трассы к пунктам геодезической сети способом засечек

$a_{MN} = a_{P1M} - 180° + (b + g)$; $a_{MN} = a_{P2M} - 180° + g$.
(5.3)

Решив треугольник P_1P_2M определяют длины его сторон d_1 и d_2. Далее вычисляют приращения координат

$DX_{P1M} = d_1 \cos a_{P1M}$; $DY_{P1M} = d_1 \sin a_{P1M}$,

$DX_{P2M} = d_2 \cos a_{P2M}$; $DY_{P2M} = d_2 \sin a_{P2M}$,

и затем дважды определяют координаты точки М трассы (5.4):

$X_M = X_{P1} + DX_{P1M}$; $Y_M = Y_{P1} + DY_{P1M}$;

$X_M = X_{P2} + DX_{P2M}$; $Y_M = Y_{P2} + DY_{P2M}$.
(5.4)

3. Привязка трассы к двум пунктам геодезической сети способом обратной засечки.

Привязка трассы способом обратной засечки состоит в определении координат точки М трассы по известным координатам двух пунктов геодезической сети P_1 и P_2 (см. рис. 5.7). В данном способе угловые измерения ведут только в точке М трассы, определяя примычные углы *b* и *g*, но при этом измеряют горизонтальное расстояние до одного из пунктов, например d_1.

Решив обратную геодезическую задачу, определяют расстояние между пунктами геодезической сети d и дирекционный угол этой линии a_{P1P2}. Далее из теоремы синусов

$$\frac{d_1}{\sin \beta_2} = \frac{d}{\sin \beta}$$ устанавливают

$$\sin \beta_2 = \frac{d_1 \sin \beta}{d}$$, откуда

$$\beta_2 = \arcsin \sin \frac{d_1 \sin \beta}{d}.$$

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Определив теперь угол $b_1 = 180° - b_2 - b$, по формулам (5.1) и (5.2) вычисляют искомое направление трассы a_{MN} и координаты точки М (X_M, Y_M).

4. Привязка трассы к пунктам геодезической сети наземно-космическим способом.

В настоящее время наиболее простым, быстрым и дешевым является наземно-космический метод привязки трассы к пунктам геодезической сети.

При использовании систем спутниковой навигации "NAVSTAR" (США) или "ГЛОНАСС" (Россия) для привязки трасс к пунктам государственной геодезической сети, ее удается осуществить с необходимой точностью даже при использовании дешевых приемников "GPS" сравнительно невысокой точности (например, класса ГИС) в режиме работы с базовыми станциями "DGPS".

Базовую станцию устанавливают в одном из пунктов геодезической сети с известными координатами, которая получая информацию с навигационных искусственных спутников, корректирует ее и передает уточняющие поправки к координатам приемникам "GPS", установленным в точках трассы. Таким образом, определяют координаты точек трассы X_M, Y_M и X_N, Y_N и далее, решив обратную геодезическую задачу, находят дирекционный угол направления a_{MN}.

Для длинных трасс, с целью исключения накопления ошибок в координатах точек, спутниковая навигационная привязка легко может быть применена для ряда точек по длине трассы с использованием нескольких пунктов геодезической сети в качестве базовых станций "DGPS".

5.4. Планово-высотное обоснование топографических съемок

Планово-высотное обоснование тахеометрических съемок, со съемочных точек которого осуществляют съемку подробностей рельефа и ситуации местности, обычно создают двумя способами:

прокладкой теодолитного хода (разомкнутого или замкнутого) с измерением горизонтальных углов полным приемом оптического теодолита или электронного тахеометра и промерами горизонтальных проекций сторон землемерной лентой или светодальномером. Высоты съемочных точек определяют геометрическим нивелированием;

прокладкой теодолитного хода с измерением горизонтальных углов полным приемом теодолита, определением горизонтальных расстояний между съемочными точками нитяным дальномером оптического теодолита или светодальномером электронного тахеометра (если тахеометрическую съемку выполняют электронным тахеометром). Высоты съемочных точек определяют методом тригонометрического нивелирования. Таким образом, в этом случае планово-

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

высотное обоснование создают, используя один прибор - оптический теодолит или электронный тахеометр.

Съемочное обоснование по первому способу создают при тахеометрических съемках для проектирования объектов строительства, занимающих большие площади (средние и большие мостовые переходы, транспортные развязки движения в разных уровнях, аэропорты и т.д.), а также при съемках в населенных пунктах.

Съемочное обоснование по второму способу создают при относительно небольших площадях тахеометрических съемок (места со сложными инженерно-геологическими условиями, небольшие карьеры и резервы, пересечения и примыкания автомобильных дорог в одном уровне, малые водопропускные сооружения и т.д.).

Съемочным обоснованием тахеометрических съемок могут служить: трасса линейного сооружения, замкнутый полигон, сеть микротриангуляции и висячий ход. Выбор того или иного типа съемочного обоснования связан со стадией проектирования, рельефом местности, размерами и требуемым масштабом съемок.

Ориентирование съемочного обоснования тахеометрических съемок и определение координат съемочных точек обычно осуществляют привязкой к трассе линейного сооружения, либо к пунктам государственной геодезической сети. При съемках небольших площадей допускается ориентирование съемочного обоснования по магнитному азимуту с вычислением условных координат съемочных точек.

Минимальное число съемочных точек в зависимости от масштаба съемки приведено ниже:

Масштаб съемки.....1:500 1:1000 1:2000 1:5000

Минимальное число съемочных точек:

на 1 км^2.....142 80 50 22

на 1 планшет.....9 20 50 89

Съемочные точки обоснования размещают, как правило, на возвышенных участках местности с хорошо обеспеченной видимостью. Расстояния между съемочными точками не должны быть больше 350 м и меньше 50 м. В исключительных случаях минимальное расстояние между точками съемочного

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

обоснования допускают до 20 м, но с обязательным центрированием теодолита на карандаш, вставляемый взамен вынутой шпильки и с визированием не на веху, а на шпильку.

Трассу линейного сооружения в качестве съемочного обоснования (рис. 5.8, а) используют в следующих случаях: при съемках притрассовой полосы дорог для проектирования системы поверхностного водоотвода; для целей камерального трассирования на сложных участках местности; на участках местности со сложным инженерно-геологическим строением; при съемках для проектирования малых искусственных сооружений; для проектирования пересечений и примыканий автомобильных дорог в одном уровне и т.д. Трассу нередко используют и как часть съемочного обоснования другого типа.

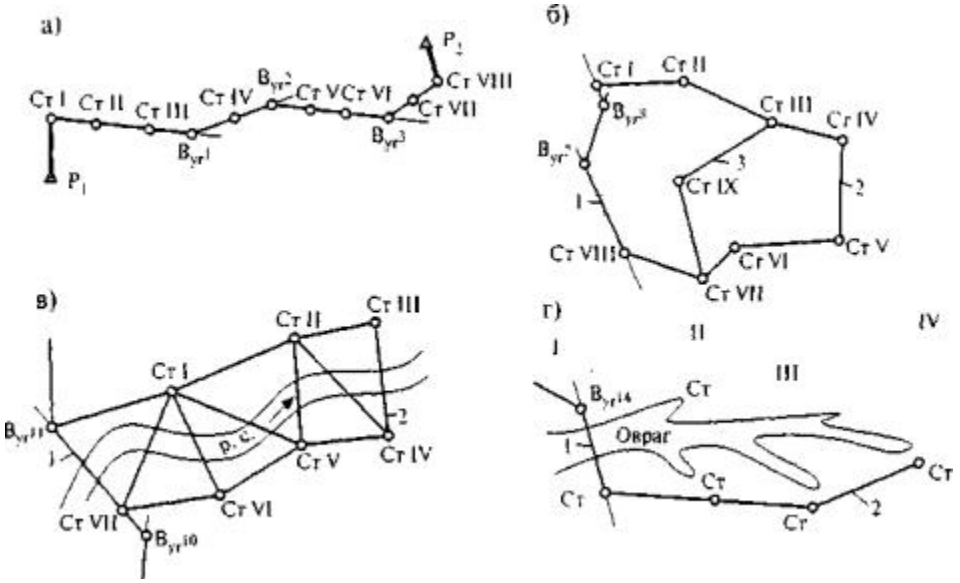


Рис. 5.8. Виды съемочного обоснования тахеометрических съемок:
а - трасса линейного объекта: $Р_1$, $Р_2$ - пункты геодезической сети; Ст I - Ст VIII - съемочные точки; $В_{уг1}$ - $В_{уг3}$ - вершины углов поворота трассы;
б - замкнутый полигон: 1 - трасса линейного объекта; 2 - полигон; 3 - диагональный ход;
в - микротриангуляция: 1 - трасса линейного объекта; 2 - триангуляционная сеть;
г - висячий ход: 1 - трасса линейного объекта; 2 - теодолитный ход

Съемочное обоснование в виде **замкнутого полигона** используют при съемках участков местности для проектирования объектов строительства, занимающих большие площади (рис. 5.8, б). В ряде случаев в полигон включают и часть трассы линейного сооружения. При расположении снимаемого участка местности в стороне от трассы осуществляют привязку съемочного обоснования к трассе, либо к ближайшим пунктам государственной геодезической сети. Для съемки удаленных от основного съемочного обоснования подробностей ситуации и рельефа назначают диагональные или висячие теодолитные ходы, при этом

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

последние могут размещаться как внутри полигона, так и вне его пределов. Увязку угловых измерений, длин линий и превышений осуществляют как для всего полигона в целом, так и для каждой его части в отдельности.

Съемочное обоснование по типу **микротриангуляции** (рис. 5.8, в) создают на местности, неудобной для измерения длин линий землемерной лентой или рулеткой, например, при пересеченном или горном рельефах. По форме треугольники сети должны приближаться по возможности к равносторонним с размещением их вершин на возвышенных точках местности для обеспечения прямой видимости соседних вершин и большего охвата снимаемой площади. Одну из сторон обоснования размещают на удобном для измерения длины участке местности и принимают в качестве базиса. Его промеряют дважды в прямом и обратном направлениях с относительной невязкой не более 1:2000 и в случае необходимости вводят поправки за угол наклона линий. Все углы измеряют полным приемом теодолита с последующим аналитическим вычислением остальных длин сторон и координат всех съемочных точек обоснования.

При съемках относительно узких полос, вытянутых в поперечном направлении от трассы или от одной из сторон замкнутого полигона, в качестве съемочного обоснования тахеометрической съемки этого участка местности принимают **висячий ход** (рис. 5.8, г), т.е. теодолитный ход с числом сторон не более трех, опирающийся в своем начале на основное съемочное обоснование, либо на трассу линейного сооружения. За начало висячего хода удобно принимать одну из съемочных точек основного обоснования или трассы линейного сооружения.

Привязку висячего хода к основному съемочному обоснованию и измерение его углов осуществляют полным приемом теодолита, а длины линий лентой или дальномером в прямом и обратном направлениях.

Висячий ход размещают по возможности в середине полосы съемки, при этом если ширина последней превышает двойной предел отсчета по рейке (150´2 = 300 м), то кроме основного висячего хода прокладывают поперечные ходы.

Висячие ходы допускают для съемок масштабов 1:1000 и 1:2000. Для масштаба 1:500 допускают лишь одну выносную съемочную точку на расстояние не более 200 м от основного съемочного обоснования.

Предельную ошибку измерений углов при создании съемочного обоснования тахометрических съемок принимают (5.5):

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$f_\beta = \pm 1{,}5'\sqrt{n}$, где
(5.5)

n - число измеренных углов обоснования.

Допустимую невязку в превышениях принимают (5.6):

$f_h = \pm 50\sqrt{L}$, мм, где
(5.6)

L - длина двойного нивелирного хода, км.

Допустимую невязку в определении расстояний принимают (5.7):

$f_d = \pm \frac{\sum d}{2000}$, м, где
(5.7)

S*d* - общая длина теодолитного хода, м.

Закрепление точек съемочного обоснования первоначально осуществляют сторожками и точками, при этом в центр точки вбивают гвоздь, над которым центрируют теодолит с точностью ±0,5 см. При ответственных съемках больших площадей, когда съемочные точки необходимо сохранить, последние закрепляют стандартными деревянными или железобетонными столбами. На лицевой части сторожков и столбов закрепления надписывают сокращенное название организации, выполняющей изыскания, номер съемочной точки и год производства съемки.

При создании съемочного обоснования по типу микротриангуляции закрепление съемочных точек целесообразно делать обрезками газовых труб, вбиваемых в землю, при этом исключается необходимость перестановки вех при переходе с одной съемочной точки на другую (вехи вставляют в отверстия труб).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

5.5. Электронная тахеометрическая съемка

Произошедший в последние годы повсеместный переход на качественно новую технологию и методы системного автоматизированного проектирования объектов строительства (на уровень САПР) предопределил и коренное изменение технологии изысканий с многократным увеличением объемов изыскательской информации, собираемой в поле для разработки проектов. В связи с этим стала весьма острой проблема увеличения производительности полевых изыскательских работ, решение которой заключается в максимальной автоматизации процесса тахеометрических съемок, автоматизации обработки материалов полевых измерений, начиная с обработки полевых журналов, кончая автоматической подготовкой ЦММ и топографических планов на графопостроителях.

Автоматизация процесса тахеометрических съемок обеспечивается, в частности, внедрением в практику изысканий методов электронной тахеометрии: электронных тахеометров со встроенной памятью, позволяющей фиксировать информацию о более чем 3000 точек местности (типа SET5F-32M2RUS); электронных тахеометров с накопителями на магнитных носителях информации - электронными полевыми журналами (типа SDR33 с объемом памяти до 4 Mb).

Использование такого рода приборов позволяет исключить все рутинные промежуточные операции, свойственные обычным тахеометрическим съемкам, выполняемым с помощью оптических теодолитов или номограммных тахеометров, связанные со считыванием отсчетов, записью в полевые тахеометрические журналы, обработкой полевых журналов, ручной подготовкой топографических планов, дигитализацией планов при подготовке ЦММ. Все эти рутинные операции не только резко снижают производительность работ, но и неизбежно приводят к появлению определенного количества грубых ошибок и просчетов, т.е. к снижению качества конечной продукции.

Электронные тахеометрические съемки выполняют с использованием основных правил производства обычных тахеометрических съемок. Однако электронным тахеометрическим съемкам присущи некоторые специфические особенности.

При создании планово-высотного обоснования электронных тахеометрических съемок нет необходимости в частом размещении съемочных точек обоснования. Это связано с тем, что современные электронные тахеометры обеспечивают измерение горизонтальных расстояний до 1,5-5 км с обычной среднеквадратической погрешностью 5 мм ± 3 ppm и горизонтальных углов и зенитных расстояний со среднеквадратической погрешностью 4-6". Все это обеспечивает определение координат точек местности и их высот с необходимой точностью при размещении съемочных точек с шагом более 500 м. Поэтому размещение точек съемочного обоснования электронных съемок и их число определяются, прежде всего, условиями видимости снимаемой местности.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Планово-высотное обоснование электронных съемок создают двумя способами:

в виде теодолитных ходов и замкнутых полигонов, создаваемых с помощью электронного тахеометра;

в виде теодолитных ходов и замкнутых полигонов (при очень больших размерах съемки), создаваемых с помощью электронного тахеометра (плановое обоснование) и нивелира (высотное обоснование).

Привязку планово-высотного обоснования тахеометрических съемок к пунктам государственной геодезической сети легко производят с помощью одного лишь электронного тахеометра прямыми или обратными засечками.

На каждой съемочной точке обоснования осуществляют следующие операции:

устанавливают электронный тахеометр и центрируют его над точкой;

с помощью цилиндрического уровня горизонтального круга приводят прибор в рабочее положение;

с помощью силового кабеля подключают аккумуляторную батарею и включают прибор (если тахеометр не имеет встроенной батареи);

устанавливают опорное вертикальное направление (место зенита), ориентируя прибор на одну и ту же точку при двух положениях круга КЛ и КП, каждый раз нажимая кнопки "Z" и "Отсчет" на панели управления;

устанавливают опорное горизонтальное направление (ориентируют прибор) при двух положениях круга КЛ и КП, каждый раз нажимая кнопки "b" и "Отсчет" на пульте управления;

вводят в память тахеометра: H_0 - высоту съемочной точки, A_0 - азимут (дирекционный угол) опорного направления, X_0, Y_0 - координаты съемочной точки, $K_п$ - коэффициент, учитывающий температуру и атмосферное давление, (i - l) - разность высоты прибора и отражателя, когда высота отражателя

телескопической вехи (тахеометрической вехи) не равна высоте прибора. Обычно высоту отражателя тахеометрической вехи l принимают равной высоте прибора i.

Съемку реечных точек ведут в обычном порядке, но вместо реек используют тахеометрические вехи с одним отражателем. В ходе съемки подробностей местности ведут кодирование семантической информации.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Создание съемочного обоснования и привязку его к пунктам государственной геодезической сети осуществляют в режиме "Полное последовательное измерение" тахеометра, съемку реечных точек осуществляют в режиме "Слежение".

Экспорт данных полевых измерений в память полевого или базового компьютера и последующую их окончательную обработку осуществляют с использованием соответствующего программного обеспечения.

5.6. Наземно-космическая съемка

В последние годы в практике изысканий автомобильных дорог стали находить все более широкое использование технологии современных топографических съемок с использованием систем спутниковой навигации «GPS». Технологии спутниковой навигации при производстве полевых работ обеспечивают высочайшую производительность труда и получение информации в электронном виде, максимально приспособленном для последующей обработки с использованием средств автоматизации и вычислительной техники.

Для производства полевых геодезических работ с использованием орбитального комплекса США «NAVSTAR» или России «ГЛОНАСС» проектно-изыскательские организации и фирмы должны располагать необходимым количеством приемников «GPS» требуемой точности.

В настоящее время по точности определения координат и назначению различают приемники следующих классов:

навигационного класса с точностью определения координат 150-200 м;

класса картографии и ГИС с точностью определения координат 1-5 м;

геодезического класса с точностью определения координат до 1 см.

Приемники навигационного класса дешевы и компактны, однако, призваны решать, главным образом, навигационные задачи на транспорте, в народном хозяйстве (например, при поиске полезных ископаемых и т.д.) и отдыхе.

Приемники класса точности картографии и ГИС также относительно дешевы и доступны проектно-изыскательским и строительным организациям (рис. 5.9).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

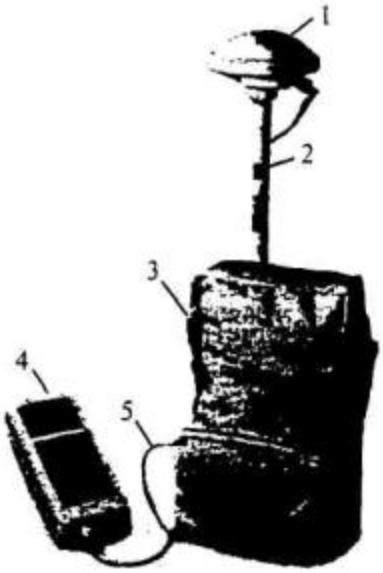


Рис. 5.9. Одночастотный 12-канальный GPS-приемник класса точности картографии и ГИС "Pathfinder ProXL":
1 - компактная антенна с обтекателем; 2 - полуметровая сборная стойка; 3 - сумка для переноса системы; 4 - накопитель TDC1; 5 - кабель загрузки данных

Точность приемников класса картографии и ГИС может быть существенно повышена при базовом варианте их использования. В случае применения базовых станций (см. ниже) успешно могут быть использованы при решении большинства инженерно-геодезических задач, включая задачи, решаемые в режиме реального времени (например, съемка плана и продольного профиля существующей автомобильной дороги с движущегося автомобиля).

Приемники геодезического класса точности весьма недешевы, однако даже в автономном режиме работы обеспечивают определение координат точек местности с точностью до 1-3 см в кинематическом режиме и до 1 см при статических измерениях и, поэтому применимы для решения практически любых инженерно-геодезических задач.

При огромном многообразии приемников "GPS", обеспечивающих выполнение инженерно-геодезических задач на изысканиях и в строительстве, нужно стремиться приобретать приемники и геодезические системы, работающие не только с орбитальным комплексом США "NAVSTAR", но, прежде всего, работающие с отечественной навигационной системой "ГЛОНАСС".

Использование сравнительно недорогих GPS-приемников класса точности определения координат картографии и ГИС, дающих ошибки до нескольких метров оказывается возможным и для измерений геодезического класса точности (до 1 см), если использовать методику дифференциального (относительного)

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

позиционирования в режиме работы с базовыми станциями, получившими название "Differential GPS" - "DGPS".

Технология дифференциального позиционирования основана на том, что ошибки определения абсолютных координат разными приемниками одних и тех же марок в пределах одного локального участка местности практически одинаковы. Тогда, если установить DGPS-приемник (базовую станцию) в точке с точно известными координатами, можно определять разницу между эталонными и GPS - координатами и ретранслировать поправки по радиоканалам на другие (ведомые) GPS-приемники.

Базовую DGPS-станцию устанавливают на точке с точно известными высотой и плановыми координатами (например, на пункте государственной геодезической сети) либо на пункте, специально созданном в любом удобном месте и привязанном традиционными методами наземной геодезии к пунктам государственной геодезической сети.

Сверхточные измерения с использованием приемников относительно невысокой точности сводятся к непрерывному сбору данных в течение некоторого отрезка времени при неподвижном приемнике и точном знании координат некоторой "опорной" точки, в которой установлена DGPS-станция. Современные GPS-приемники геодезического класса и даже класса картографии и ГИС уже позволяют выполнять съемочные работы в режиме "кинематической съемки", т.е. в режиме перемещения реечников от точки к точке, в каждой из которых координаты мгновенно регистрируются геодезистом на магнитные носители простым нажатием кнопки. То же самое можно делать и при выполнении съемки в реальном масштабе времени плана и профиля существующих автомобильных дорог при их реконструкции с движущегося автомобиля при скорости до 30 км/ч.

Высокую точность определения координат точек местности при использовании базовых DG PS-станций можно обеспечить приемниками умеренной точности, находящимися на расстоянии в пределах до 10 км от базовой DGPS-станции. Корректирующий сигнал автоматически устраняет все возможные ошибки системы, независимо от того, связаны ли они с уходом часов, ошибками эфемерид или ионосферными и тропосферными задержками радиосигналов. Именно по этой причине в качестве ведомых могут использоваться не только дорогие двухчастотные, но и относительно дешевые одночастотные приемники (см. рис. 5.9).

Работу с базовыми опорными DGPS-станциями организуют двумя способами.

В первом способе с опорной станции по телеметрическим каналам ведомым приемникам передаются сообщения об ошибках, а затем их компьютеры обрабатывают эти сообщения совместно с собственными данными о местоположении, определенном по спутниковым сигналам.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Во втором способе базовая DGPS-станция работает в режиме "псевдоспутника". Станция передает сигналы той же структуры, что и спутники, т.е. содержащие псевдослучайные коды и информационные сообщения. Ведомые приемники обрабатывают сигналы базовой станции в одном из своих неиспользованных каналов, т.е. получают данные коррекции тем же путем, что и данные об эфемеридах от навигационных спутников орбитального комплекса.

В рамках современной технологии изысканий автомобильных дорог при проектировании на уровне САПР-АД, а также при традиционных изысканиях, наряду с широким применением электронной наземной геодезии (электронные тахеометры, светодальномеры, регистрирующие нивелиры и т.д.), аэрофотосъемки и наземной стереофотограмметрии GPS-технологии в настоящее время стали находить все более широкое применение для решения следующих задач:

топографические крупномасштабные съемки местности на полосе варьирования трассы и для проектирования различных сооружений автомобильных дорог;

привязка геологических выработок и пунктов геофизических измерений на полосе варьирования трассы;

создание планово-высотных обоснований аэросъемок, фототеодолитных и тахеометрических съемок местности;

использование в качестве аэронавигационного оборудования при производстве аэросъемок различных видов и назначения;

разбивка трасс автомобильных дорог с продольным GPS-нивелированием;

съемка поперечников;

привязка геологических выработок и точек геофизических измерений по трассе автомобильных дорог;

привязка водопостов, съемка гидростворов и морфостворов, GPS-сопровождение гидрометрических работ (подводные съемки, измерения направлений, скоростей течения и расходов воды в реках, измерения расходов руслоформирующих наносов и т.д.);

планово-высотная привязка следов выдающихся и исторических паводков на местности;

съемка пересечений коммуникаций;

кинематические (с движущегося автомобиля) съемки плана и профиля дорог при изысканиях реконструируемых автомобильных дорог;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

измерение траекторий автомобилей, параметров и режимов движения транспортных потоков на существующих автомобильных дорогах.

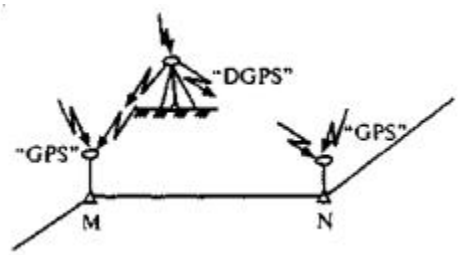
Следует иметь в виду, что в ближайшем будущем GPS-технологии будут постепенно вытеснять традиционные методы и технологии производства изыскательских работ на автомобильных дорогах.

Наземно-космические топографические съемки местности с использованием технических средств и технологий спутниковых навигационных систем "NAVSTAR" (США) и отечественной "ГЛОНАСС" производят в системе координат 1942 г. (с эллипсоидом Ф.Н. Красовского в качестве поверхности относимости и прямоугольной проекции Гаусса-Крюгера). Высоты точек местности определяются в Балтийской системе высот 1971 г.

Топографическая съемка местности с использованием GPS-систем уровня точности картографии и ГИС типа "Pathfinder ProXL" (см. рис. 5.9) может осуществляться по нескольким технологическим схемам.

Топографическая съемка открытой местности. Планово-высотное обоснование этой съемки заключается в установке дифференциальной базовой DGPS-станции на одном из пунктов государственной геодезической сети, либо на специальном пункте сети сгущения, размещаемом на возвышенном месте с привязкой его к пунктам государственной геодезической сети традиционными методами наземной геодезии.

Базовая DGPS-станция обеспечивает ретрансляцию поправок к собственным измерениям координат переносными GPS-приемниками по псевдодальностям до рабочего созвездия спутников. Съемкой охватывается участок местности в радиусе до 10 км с субдециметровой точностью, достаточной для подготовки крупномасштабных планов инженерного назначения и цифровых моделей местности ЦММ. Число реечников ограничивается только количеством имеющихся в наличии у организации производящей работы GPS-приемников (рис. 5.10). Съемочные работы можно производить практически при любых погодных условиях: в туман, в дождь, при снегопаде, сильной запыленности и в темное время суток.



Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Рис. 5.10. Схема геодезических измерений с использованием базовой станции «DGPS»

Для обеспечения работы по производству топографических съемок в реальном масштабе времени (т.е. в движении) необходимо перед началом съемочных работ произвести инициализацию (присвоение начальных значений) переносных GPS-приемников, которую осуществляют с помощью контроллера, где кроме того выбирают единицы измерений и системы координат, в которых предполагается выполнение топографической съемки.

Реечники перемещаются по заранее намеченным маршрутам, фиксируя как при обычной тахеометрической съемке все характерные точки местности (переломные точки рельефа, ситуационные и другие характерные точки местности). Координаты точек местности, появляющиеся на дисплее контроллера, записываются на магнитные носители информации простым нажатием кнопки.

Получение информации о местности в цифровом виде на магнитных носителях информации обеспечивает возможность проведения постизмерений в камеральных условиях для уточнения полученных результатов и последующую автоматизированную подготовку топографических планов на плоттерах и подготовку ЦММ для автоматизированного проектирования.

Схему **опережающего создания съемочных геодезических сетей** используют при производстве топографических съемок в закрытой местности, где необходима рубка визирок и просек, установка и закрепление точек съемочного планово-высотного обоснования. Дальнейшая топографическая съемка в лесу может осуществляться комбинированным способом, т.е. с использованием традиционных методов и схем наземной тахеометрии и методами GPS-съемки с использованием GPS-систем, типа "Pathfinder ProXL", обеспечивающих работу под кронами деревьев.

Схему **постизмерений** используют по окончании полевых работ, для чего информацию с подвижных GPS - приемников и базовых DGPS-станций заносят в память компьютера и с использованием специального программного обеспечения добиваются повышения точности спутникового позиционирования.

5.7. Наземное лазерное сканирование

Наземное лазерное сканирование трехмерным лазерным сканером, измеряющим трехмерные координаты точек впередилежащей местности с помощью лазерного импульсного безотражательного дальномера, который поворачивается по вертикали и горизонтали с получением плотного массива точек. Это современный оперативный вид съемки местности, который вобрал в себя последние достижения компьютерных технологий. Применение лазерного сканирования местности в настоящее время оказывается особенно эффективным в

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

связи с большими объемами полевых работ по сбору информации для разработки проектов реконструкции и капитального ремонта существующих автомобильных дорог.

Трехмерный сканер измеряет трехмерные координаты по выбранному фрагменту местности с помощью безотражательного дальномера, который поворачивается по вертикали и горизонтали с получением плотного массива точек, имеющим три координаты и информацию о цвете.

Как и во всякой современной технологии в основе наземного лазерного сканирования лежат две составляющие - аппаратная и программная.

Суть технологии лазерного сканирования заключается в определении пространственных координат точек местности (поверхности объекта). Это реализуется посредством измерения расстояний до всех определяемых точек местности с помощью лазерного безотражательного дальномера. При каждом измерении луч дальномера отклоняется от своего предыдущего положения так, чтобы пройти через узел некоторой воображаемой сетки, называемой **сканирующей матрицей**. Количество строк и столбцов матрицы может регулироваться. При этом, чем выше плотность точек матрицы, тем выше плотность точек на поверхности объекта и тем выше точность результатов измерений снимаемого объекта. Все измерения производятся с очень высокой скоростью - до нескольких даже десятков тысяч измерений в секунду.

Прибор, реализующий на практике приведенную выше технологию измерений, называют **лазерным сканером** (рис. 5.11). В конструкции сканера отсутствуют обязательные атрибуты традиционных геодезических приборов: зрительная труба, устройство наведения (визир, целик и т.д.), устройство центрирования, метка на корпусе для измерения высоты прибора, уровень.



Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Рис. 5.11. Лазерный сканер Leica HDS2500

Результатом работы сканера является множество точек (пикселей) с вычисленными трехмерными координатами. Такие наборы точек принято называть **облаками точек** или **сканами.** Обычно количество точек в одном скане может варьироваться от нескольких сотен тысяч до нескольких миллионов. В начале координаты точек каждого скана определяются в условной системе координат самого сканера.

В большинстве конструкций сканеров используют импульсный лазерный безотражательный дальномер. На пути к снимаемому объекту импульсы лазерного излучения проходят через систему зеркал, которые осуществляют пошаговое отклонение лазерного луча. Чаще всего конструкция лазера состоит из двух подвижных зеркал, приводимых в движение прецизионными сервомоторами, обеспечивающими точное наведения лазерного луча на тот или иной узел сканирующей матрицы. Зная углы разворота зеркал в момент наблюдения и измерения расстояния, процессор вычисляет трехмерные координаты каждой точки.

Все управление работой прибора осуществляется посредством специального портативного компьютера с соответствующим программным обеспечением. Полученные трехмерные значения координат точек местности передаются на компьютер по интерфейсному кабелю и накапливаются в специальной базе данных. При этом объемы данных, получаемых со сканера, могут измеряться сотнями мегабайт, а порою и гигабайт.

Каждый сканер имеет определенную **область обзора** или **поле зрения**. Предварительное наведение сканера на исследуемые объекты осуществляется либо с помощью встроенной цифровой фотокамеры, либо по результатам предварительного сканирования. Работа по сканированию нередко происходит в несколько сеансов из-за ограниченного поля зрения и из-за специфической формы объекта. Для обеспечения процесса «сшивки» сканов, снятых с разных позиций сканера, в пределах зон взаимного перекрытия размещают специальные мишени, координаты которых обычно определяют с помощью безотражательного тахеометра. Поскольку при сканировании координаты точек вычисляются в системе координат самого сканера (рис. 5.12), для перевода всего массива данных в нужную систему координат нужно определить координаты, как минимум, трех мишеней.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

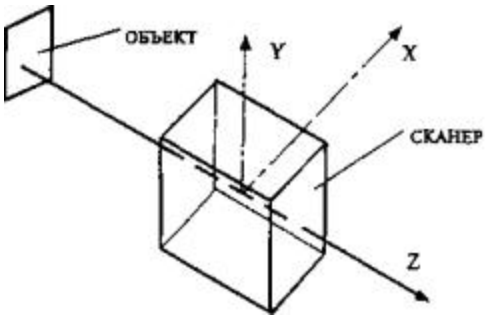


Рис. 5.12. Система координат лазерного сканера

Целесообразность использования этой новой технологии в инженерном деле основана на следующих уникальных ее возможностях:

в технологии полностью реализован принцип дистанционного зондирования, позволяющий собирать информацию об исследуемом объекте, находясь на расстоянии от него. При этом информацию о местности сразу получают в цифровом виде, что значительно расширяет возможности дальнейшей компьютерной обработки;

по полноте и подробности получаемой информации с лазерным сканированием не может сравниться ни один из известных геодезических методов съемки;

лазерное сканирование отличается непревзойденной скоростью работы. Информация об объекте в виде облака точек собирается за считанные минуты;

лазерное сканирование отличается высокой точностью измерений ± 6 мм;

обеспечивает получение готового материала непосредственно в полевых условиях;

оперативно обеспечивает определение «мертвых» зон и их устранение.

Благодаря своей универсальности и высокой степени автоматизации процессов измерений, лазерный сканер является не просто геодезическим прибором, а инструментом оперативного решения широкого круга прикладных инженерных задач:

съемка сложных инженерных объектов с большим количеством коммуникаций;

съемка автомобильных дорог и дорожных объектов (мостов, путепроводов, развязок движения и т.д.) для разработки проектов их реконструкции и капитального ремонта;

съемка железных дорог и сооружений на них;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

съемка открытых и закрытых горных разработок;

топографическая съемка местности;

исполнительные съемки строящихся объектов.

ГЛАВА 6. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТОВ

6.1. Общие сведения об организации и составе инженерно-геологических изысканий

Инженерно-геологические изыскания должны обеспечивать комплексное изучение инженерно-геологических условий района проектируемой автомобильной дороги, включая геологическое строение, сейсмотектонические, геоморфологические и гидрогеологические условия, состав, состояние и свойства грунтов, геологические и инженерно-геологические процессы и составление прогноза возможных изменений инженерно-геологических условий в сфере взаимодействия проектируемых объектов с геологической средой с целью получения необходимых и достаточных материалов для обоснования проектной подготовки строительства, в том числе мероприятий инженерной защиты объекта строительства и охраны окружающей среды.

Состав и характер инженерно-геологических изысканий зависят от стадии разработки проекта, сложности и степени изученности природных условий района изысканий.

Состав инженерно-геологических изысканий следующий:

сбор и обработка материалов изысканий и исследований прошлых лет;

дешифрирование материалов аэрокосмических съемок;

рекогносцировочное обследование, включая аэровизуальные и маршрутные наблюдения;

проходка горных выработок;

геофизические исследования;

полевые исследования грунтов;

гидрогеологические исследования;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

стационарные наблюдения (локальный мониторинг компонентов геологической среды);

лабораторные исследования грунтов, подземных и поверхностных вод;

обследование грунтов оснований и фундаментов существующих зданий и сооружений;

составление прогноза изменений инженерно-геологических условий;

камеральная обработка материалов и составление технического отчета (заключения).

Сбор и обработка материалов изысканий и исследований прошлых лет. В состав материалов, подлежащих сбору и обработке, входят следующие документы:

материалы инженерно-геологических изысканий прошлых лет (технические отчеты об инженерно-геологических изысканиях, гидрогеологических, геофизических и сейсмологических исследованиях, стационарных наблюдениях и другие данные, находящиеся в государственных и ведомственных фондах и архивах);

результаты геолого-съемочных работ в виде геологических карт крупных масштабов;

аэрокосмические съемки территории;

научно-исследовательские работы и научно-техническая литература, в которых обобщаются данные о природных и техногенных условиях территорий и приводятся результаты новых разработок по методике и технологии выполнения инженерно-геологических изысканий.

Дешифрирование материалов аэрокосмических съемок и аэровизуальные наблюдения следует предусматривать при изучении и оценке инженерно-геологических условий значительных по протяженности территорий, а также при необходимости изучения динамики изменения этих условий.

Дешифрирование материалов аэрокосмических съемок выполняют для:

уточнения границ распространения генетических типов четвертичных отложений;

уточнения и выявления тектонических нарушений и зон повышенной трещиноватости пород;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

установления распространения подземных вод, областей их питания, транзита и разгрузки;

выявления участков развития геологических и инженерно-геологических процессов;

установления видов и границ ландшафтов, уточнения границ геоморфологических элементов;

изучения динамики изменения инженерно-геологических условий, установление последствий техногенных воздействий, характера хозяйственного освоения территорий, преобразования рельефа, почв, растительного покрова и т.д.

Рекогносцировочные обследования территории включают:

осмотр места изыскательских работ;

визуальную оценку рельефа;

описание имеющихся обнажений, в том числе карьеров, строительных выработок и т.д.;

описание водопроявлений и геоботанических индикаторов гидрогеологических и экологических условий;

описание внешних проявлений геодинамических процессов;

опрос местного населения о проявлении опасных геологических и инженерно-геологических процессов.

Маршрутные наблюдения осуществляют в процессе рекогносцировочных обследований и инженерно-геологической съемки для выявления и изучения основных особенностей инженерно-геологических условий исследуемой территории. При маршрутных наблюдениях необходимо выполнять описание естественных и искусственных обнажений горных пород, выходов подземных вод, искусственных водных объектов, проявлений геологических и инженерно-геологических процессов, типов ландшафтов, геоморфологических условий.

Проходку горных выработок выполняют с целью:

установления и уточнения геологического разреза, условий залегания грунтов и грунтовых вод;

определения глубин залегания уровней грунтовых вод;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

отбора образцов грунтов для определения их состава, состояния и свойств, а также проб грунтовых вод для их химического анализа;

проведения полевых исследований свойств грунтов, определения гидрогеологических параметров водоносных горизонтов, зон аэрации и производства геофизических исследований;

выполнения стационарных наблюдений;

выявления и оконтуривания зон проявления геологических и инженерно-геологических процессов.

Проходку горных выработок осуществляют, как правило, механизированным способом. Виды, глубины и назначение горных выработок при инженерно-геологических изысканиях определяют в соответствии с требованиями СП 11-105-97 (Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч. 1. Общие правила производства работ: СП 11-105-97. - М.: ПНИИИС Госстроя России, 1997. - 47 с.) (табл. 6.1).

Таблица 6.1.

Виды, глубины и назначение горных выработок

Виды горных выработок	Максимальная глубина горных выработок, м	Условия применения горных выработок
Закопушки	0,6	Для вскрытия грунтов при мощности перекрывающихся отложений не более 0,5 м
Расчистки	1,5	Для вскрытия грунтов на склонах при мощности перекрывающихся отложений не более 1 м
Канавы Траншеи	3,0 6,0	Для вскрытия крутопадающих слоев грунтов при мощности перекрывающихся отложений не более 2,5 м
Шурфы и дудки	20	Для вскрытия грунтов, залегающих горизонтально или моноклинально

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Шахты	Определяется программой изысканий	В сложных инженерно-геологических условиях
Подземные горизонтальные горные выработки	Определяется программой изысканий	В сложных инженерно-геологических условиях
Скважины	Определяется программой изысканий	Определяется программой изысканий

Геофизические исследования выполняют на всех стадиях изысканий в сочетании с другими видами инженерно-геологических работ с целью:

определения состава и мощности рыхлых четвертичных отложений;

выявления литологического строения массивов горных работ, тектонических нарушений и зон повышенной трещиноватости и обводненности;

определения глубин залегания грунтовых вод, водоупоров и направления движения потоков подземных вод, гидрогеологических параметров грунтов и водоносных горизонтов;

определения состава, состояния и свойств грунтов в массивах и их изменений;

выявления и изучения геологических и инженерно-геологических процессов и их изменений;

проведения мониторинга опасных геологических и инженерно-геологических процессов;

сейсмического микрорайонирования территории.

Полевые исследования грунтов следует проводить при изучении массивов грунтов с целью:

расчленения геологического разреза, оконтуривания линз и прослоев грунтов;

определения физических, деформационных и прочностных свойств грунтов в условиях естественного залегания;

оценки пространственной изменчивости свойств грунтов и т.д.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Полевые исследования грунтов рекомендуется, как правило, сочетать с другими способами определения свойств грунтов: лабораторными и геофизическими с целью выявления взаимосвязи между одноименными характеристиками.

Гидрогеологические исследования необходимо выполнять в тех случаях, когда подземные воды могут оказать существенное влияние на проектируемый объект и его эксплуатацию. Подземные воды влияют на изменение свойств грунтов, а также на интенсивность развития геологических и инженерно-геологических процессов (карст, суффозия, оползни, пучение и т.д.).

Стационарные наблюдения необходимо выполнять в сложных инженерно-геологических условиях для изучения:

динамики развития опасных геологических процессов (карст, оползни, обвалы, сели и т.д.);

развития подтопления, осадки и просадки территорий, в том числе вследствие сейсмической активности;

изменения состояния и свойств грунтов, уровненного, температурного и гидрохимического режимов подземных вод, глубин сезонного промерзания и оттаивания грунтов;

осадки, набухания и других изменений состояния грунтов.

Лабораторные исследования грунтов и камеральная обработка полученных материалов подробно изложены в разделах 6.6 и 6.8.

6.2. Современные технические средства, применяемые при инженерно-геологических изысканиях

Инженерно-геологические изыскания выполняют с применением прогрессивных методов производства работ, современных приборов и оборудования.

Одним из эффективных методов инженерно-геологических изысканий и поиска месторождений строительных материалов являются космические съемки и аэрогеологические методы.

Космические съемки применяют для выявления линий тектонических разломов, гидрогеологических условий, мест образования наледей.

Аэрокосмические методы значительно снижают объем трудоемких полевых работ и повышают качество инженерно-геологических изысканий.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

При инженерно-геологическом дешифрировании аэрофотоснимков устанавливают типы геоморфологических элементов, контуры генетических и литологических разновидностей грунтов, характер современных физико-геологических явлений, общие инженерно-геологические условия.

По аэрофотоснимкам на основе анализа тона изображений и своеобразному растительному покрову могут быть выявлены участки местности с сырыми и избыточно-увлажненными грунтами, а по характеру рельефа - участки со скальными породами или мягкими грунтами. Сравнительно легко выявляют сухие места с обеспеченным хорошим поверхностным стоком, без признаков заболачивания и с глубоким залеганием грунтовых вод, а также сырые участки с необеспеченным стоком поверхностных вод и с признаками заболачивания даже при достаточно глубоком залегании грунтовых вод. Намечают последовательность и направление наземных маршрутов для поисков месторождений строительных материалов и резервов грунта.

Однако основной объем разведочных инженерно-геологических и инженерно-гидрогеологических изысканий выполняют бурением скважин. Для этого используют самоходные и переносные станки механического бурения. Перечень рекомендуемых станков для проходки скважин в зависимости от преобладающих грунтов приведен в табл. 6.2.

Таблица 6.2.

Станки для механического бурения

Глубина скважин, м	Скальные грунты	Крупнообломочные и песчаные грунты	Глинистые грунты	Мерзлые грунты
До 10	УКБ-12/25	АВБ-2М, М-1, УРБ-1, УРБ-М, БУКС-ЛГТ	Булиз-15,М-1,АВБ-2М, БУКС-ЛГТ	Булиз-15, М-1, М-1, АВБ-2М
От 10 до 30 м	УКБ-12/25, УГБ-1ВС, БСК-2М-100, БЕКГМ-1-100	АВБ-2М, УГБ-1ВС, БУКС-ЛГТ	АВБ-2М, УГБ-1ВС, БУКС-ЛГТ, Булиз-15	УГБ-1ВС
От 30 до 100м	УГБ-1ВС, АВБ-Т, БСК-2М-100	УГБ-1ВС, УРБ-2А2, АВБ-ТМ	УГБ-1ВС, АВБ-ТМ, АВБ-2М	УГБ-1ВС, АВБ-М

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Свыше 100 м	УРБ-3АМ, УРБ-3А3	УРБ-3АМ	УРБ-3АМ, УРБ-2А2	УРБ-3АМ

Переносные станки:

УКБ-12/25 и М-1 - легкие (массой до 20 кг), обеспечивают начальный диаметр скважин 100 мм, используемые способы бурения - колонковый, шнековый;

БСК-2М-100 и БЕКГМ-1-100 - тяжелые (масса 400-500 кг).

Прицепные станки:

Станок БУКС-ЛГТ - легкий, начальный диаметр устраиваемой скважины 150 мм, применяемый способ бурения - ударно-канатный.

Самоходные станки:

это станки на базе автомобилей ГАЗ-66 и ЗИЛ-131, способы бурения - ударно-канатный и колонковый, начальный диаметр скважин 300 мм (исключение составляют станок АВБ-2М с вибрационным способом бурения и станок Булиз-15 на базе ГАЗ-69 с комбинированным способом бурения и начальным диаметром устраиваемых скважин 150 мм).

Для испытаний грунтов в условиях естественного залегания применяют пенетрометры динамического и статического типа, установки лопастного типа, проводят штамповые и прессиометрические испытания грунтов в буровых скважинах.

Динамическое зондирование позволяет определять сопротивление грунта зонду, используемое при расчете глубины забивки свай, а также в первом приближении плотность грунта, удельное давление на глинистый грунт, угол внутреннего трения и модуль деформации. Установки динамического зондирования, предусматривающие автоматическое сбрасывание молота, приведены в табл. 6.3.

Таблица 6.3.

Установки динамического зондирования

Тип установки	Глубина зондирования, м	Тип оборудования	Масса молота, кг	Высота падения молота, см	Мощность двигателя. кВт	Масса установки, кг

УБП-15М	20	Основное	60	80	5,8	1100
НАП-10	10	Основное	60	80	Привод от автомобиля	140
АОЗ-10-15	15	Основное	60	80	5,8	450
АДЗ-2Т-25	25	Тяжелое	120	100	5,8	600
АДЗ-ЗЛ-8	8	Легкое	30	40	2,3	50

ФГУП «Росстройизыскания» внедрило в производство зондировочно-буровую геотехническую установку, которая может бурить вертикально, наклонно, с использованием практически всех видов бурения. Позволяет вести статическое зондирование с усилием до 15 и даже при необходимости 20 тонн. Совмещенное бурение со статическим зондированием позволяет проходить те слои, которые не поддаются статическому зондированию, то есть переходить на буровое зондирование, впервые примененное в нашей стране. Смысл бурового зондирования заключается в том, что установка, снабженная датчиками, позволяет измерять все основные параметры режима бурения по глубине, то есть фактически строить график затрат энергии.

Радиоуправляемая самоходная многоцелевая буровая установка GM-50GT (производство Финляндии) производит буровые работы колонковым, ударно-канатным и шнековым способами, снабжена зондами для статического и динамического зондирования. Установка позволяет считать число полуоборотов на каждые 5 см заглубления зонда. Диаметр бурения 89 мм, глубина бурения составляет до 20 м, глубина проведения динамического зондирования - 25 м, статического зондирования - 5-6 м. Установка оснащена бортовым компьютером Geoprinter, который сохраняет результаты зондирования и после проведения работ выдает лобовое сопротивление, боковое трение и поровое давление в грунте.

Динамический пенетрометр PDG 1000 фирмы VECTRA (Франция) монтируется на прицепе. Вбивание конической иглы производится с помощью сил гравитации. Откалиброванная масса ударяет с регулярным интервалом по наковальне, связанной со стержнем держателя иглы. Погружение иглы в исследуемый грунт измеряется датчиком перемещения, установленным наверху стойки. Датчик давления фиксирует величину давления в гидравлической цепи в момент поднятия молотка после каждого удара. Установка имеет диаграмму сопротивления при вбивании калибровочной иглы под стандартным нагружением. Определено

соотношение между плотностью грунта и сопротивлением вбиванию для всех видов и составов грунтов.

Метод статического зондирования позволяет получить сопротивление грунта, используемое при расчете забивки свай, а также приблизительные плотность грунта, угол внутреннего трения, модуль деформации и удельное давление на глинистые грунты. Метод основан на том, что грунты в зависимости от их структурных особенностей, состава и строения оказывают различное сопротивление прониканию зонда с рабочим наконечником, имеющим обычно форму конуса. Из установок статического зондирования наиболее распространены следующие: С-979, С-832, УСЗК-3, УСЗК-73В, СП-59 и ПИКА-9 (пенетрометроприставка к УГБ-1ВС), которые позволяют выполнить зондирование на глубину до 15-20 м, имеют массу 0,3-2,6 кг. В качестве регистрирующей аппаратуры используются манометры, динамометры, самописцы, манометры-тензодатчики, измерительные головки и т.д.

Для болотных грунтов следует применять пенетрометр П-4 конструкции Тверского государственного технического университета (ТГТУ). Пенетрометр П-4 включает помимо наконечника стержень для оценки трения штанг о грунт, соединительные штанги, упор и рукоятку, витую пружину и индикатор часового типа.

При задавливании конуса в грунт оператор на определенных глубинах фиксирует показания индикатора. В качестве показателя, характеризующего зондирование, вычисляется удельное сопротивление зондированию и строится график изменения по глубине усилия задавливания, а также удельного сопротивления зондированию.

При испытании слабых грунтов на сдвиг в условиях природного залегания используют приборы лопастного типа: сдвигомер-крыльчатка конструкции ТГТУ СК-8, крыльчатка ЦНИИС и сдвигомер-крыльчатка БелдорНИИ.

Испытание заключается в измерении максимального крутящего момента, возникающего при срезе грунта во время вращения в нем крестообразной лопасти. При повороте следят за стрелкой индикатора до тех пор, пока не прекратится ее отклонение и не начнется спад.

Отличительной особенностью сдвигомера-крыльчатки БелдорНИИ является наличие динамометрического устройства и двух крыльчаток с различными диаметрами. Крыльчатку ЦНИИС (комплектуется крыльчатками четырех размеров) используют, когда верхние слои слабой толщи осушены и уплотнены, поэтому при ее применении необходимо предварительное бурение.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

ФГУП «Росстройизыскания» разработаны автоматизированные компрессионные сдвиговые приборы «Питон-К», «Питон-В», «Пласт-К», «Пласт-С», которые представляют результаты испытаний в цифровом виде.

Для выполнения гидрогеологических изысканий может быть использован многоканальный датчик «Madosolo» французской фирмы «IRIS INSTRUMENTS», предназначенный для контроля уровня грунтовых вод, как при единичных, так и стационарных наблюдениях. Прибор принимает электрические сигналы с сенсора, непосредственно производимые им самим. Временной интервал снятия показаний программируется от 1 мин до 24 час. Зафиксированные от 13 000 до 28 000 результаты измерений заносятся в электронную память прибора и преобразуются с помощью компьютера в обычные физические величины. Условия работы прибора: температура от -25° до +70°С при влажности от 0 до 100 %, точность измерений 0,2 %.

Помимо буровых и шурфовых работ, пенетрометров и установок лопастного типа используют геофизические методы исследований. Их стали широко применять при системном автоматизированном проектировании. Эти методы позволяют собирать инженерно-геологическую информацию в пределах широкой полосы варьирования трассы для последующего построения цифровых и математических моделей инженерно-геологического и гидрогеологического строения местности. Геофизические методы изысканий описаны в разделе 6.7.

6.3. Инженерно-геологические изыскания на полосе варьирования трассы

Цель инженерно-геологических изысканий - сбор сведений, характеризующих инженерно-геологические условия полосы варьирования в объеме необходимом и достаточном для их оценки и выбора рекомендуемого направления трассы.

Материалы инженерно-геологических исследований территории должны обеспечивать составление карт инженерно-геологического районирования в масштабах 1:50 000-1:20 0000 на основе использования имеющихся геологических, гидрогеологических и других карт соответствующего масштаба.

При недостаточности собранных материалов изысканий прошлых лет, материалов аэрокосмических съемок и других данных следует выполнять рекогносцировочные обследования или инженерно-геологические съемки в соответствии с техническим заданием заказчика.

Разработку документации на строительство осуществляют в три этапа:

определение цели инвестирования;

разработка ходатайства (декларации) о намерениях;

разработка обоснований инвестиций в строительство.

На этапе определения цели инвестирования материалы инженерно-геологических изысканий должны обеспечивать оценку инженерно-геологических условий полосы варьирования трассы, выбора направления автомобильных дорог с учетом необходимости развития инженерной защиты участков автомобильной дороги от вредных природных и техногенных процессов.

При инженерно-геологическом дешифрировании аэрофотоснимков устанавливают типы геоморфологических элементов, контуры генетических и литологических разновидностей грунтов, характер современных физико-геологических явлений, общие инженерно-геологические условия. Выявляют перспективность и направления наземных маршрутов для поиска месторождений строительных материалов и резервов грунта.

Для дешифрирования грунтов и гидрогеологических условий в залесенных районах применяют спектрозональные цветные аэросъемки. Спектрозональные аэрофотосъемки помогают установить необходимые для дешифрирования грунтов геоботанические признаки.

Материалы аэрокосмических съемок используют для объектов протяженностью более 100 км.

При недостаточном объеме имеющихся материалов, а также в связи с необходимостью их обновления могут быть выполнены рекогносцировочные обследования местности.

В процессе инженерно-геологической рекогносцировки производят визуальный осмотр местности, уточняют данные дешифрирования и предварительную инженерно-геологическую карту в отдельных ключевых местах, отмечают границы неблагоприятных в инженерно-геологическом отношении участков, а также границы месторождений и резервов, выявленных по предварительным данным. Выявляют характерные участки для подробных полевых исследований.

По материалам инженерно-геологических изысканий на этапе определения целей инвестирования составляют карты инженерно-геологического районирования территории и рекомендации по выбору района размещения объекта инвестирования.

На этапе разработки ходатайства (декларации) о намерениях с учетом решений, принятых в программах и схемах развития регионов, производят оценку возможности инвестирования в выбранном районе с учетом затрат на инженерную защиту автомобильной дороги и природоохранные мероприятия.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

По материалам инженерно-геологических изысканий на этапе разработки ходатайства о намерениях составляют инженерно-геологическую карту в требуемом масштабе и заключение об инженерно-геологических условиях района предполагаемого размещения объекта строительства, включающее данные о необходимости инженерной защиты дороги, условиях природопользования и необходимости природоохранных мероприятий.

Карты должны отражать инженерно-геологические условия на необходимую для проектирования глубину, быть легко читаемыми и понятными для проектировщиков. При этом грунтово-гидрогеологические условия должны быть представлены не только в виде инженерно-геологических карт, но и в виде цифровых моделей инженерно-геологического строения местности.

При изысканиях для разработки обоснования инвестиций (ОИ) в строительство автомобильных дорог точки наблюдения, в том числе горные выработки, следует размещать в пределах полосы варьирования трассы вдоль ее оси, по поперечникам, в местах переходов через водотоки и пересечений других сооружений, а также на характерных элементах рельефа (склоны, борта оврагов, тальвеги, заболоченные участки и др.). Количество точек наблюдений устанавливают, исходя из табл. 6.4, в соответствии с СП 11-105-97.

Таблица 6.4.

Число точек наблюдений при выполнении инженерно-геологических съемок

Категория сложности инженерно-геологических условий	Количество точек наблюдений на 1 кв. км инженерно-геологической съемки (в числителе), в том числе горных выработок (в знаменателе) Масштаб инженерно-геологической съемки				
	1:200000	1:100000	1:50000	1:25000	1:10000
I	0,5/0,15	1/0,35	2,3/0,9	6/2,4	25/9
II	0,6/0,18	1,5/0,5	3/ 1,4	9/3	30/11
III	1,1/0,35	2,2/0,7	5,3/2	12/4	40/16

На участках развития геологических и инженерно-геологических процессов, распространения специфических грунтов, а также в сложных инженерно-

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

геологических условиях необходимо располагать поперечники из трех-пяти выработок и увеличивать ширину полосы инженерно-геологической съемки.

Полевые методы исследования грунтов следует использовать для оценки физико-механических свойств грунтов в массиве, установления характера пространственной изменчивости свойств грунтов, выявления, уточнения и прослеживания границ литологических тел (пластов, прослоев, линз) и других целей. Для этого рекомендуется применение зондирования, прессиометрии, а также выполнения геофизических исследований.

Количество точек статического и динамического зондирования должно быть не менее шести на каждом геоморфологическом элементе.

Для изысканий грунтово-гидрологических условий полосы варьирования автомобильных дорог проф. А.М. Кулижниковым рекомендована следующая технология выполнения работ с использованием георадаров (патент № 2109872 РФ).

Аналитически обоснованные границы полосы варьирования трассы заносят в память компьютера, при этом всю полосу варьирования разбивают на зоны с различными грунтово-гидрологическими условиями (например, болотистые, оползневые, карстовые и просадочные участки, участки с обеспеченными и необеспеченными поверхностными стоками и т.д.). Координаты границ зон с различными грунтово-гидрологическими условиями также заносят в память компьютера. В каждой зоне устанавливают расстояние между маршрутами движения вездехода, по которым определяют грунтово-гидрологические разрезы. Из рассмотрения в ходе последующих изысканий отбрасываются участки местности, прилегающие к начальной и конечной точкам трассы и образующиеся границей полосы варьирования и прямыми, направленными под углами 35-55° к воздушной линии. Задают начальное направление движения вездехода в зависимости от рельефа и ситуации, например под углом 45° вправо к направлению воздушной линии между начальной и конечной точками трассы.

Вездеход с георадаром движется по начальному направлению к правой границе полосы варьирования трассы, при этом пересекая по возможности самые высокие и низкие места рельефа, обходя встречающиеся деревья и другие ситуационные препятствия. По маршруту движения вездехода на экране дисплея просматривается и записывается на магнитные носители геологический разрез местности, на котором фиксируется положение уровня грунтовых вод. При движении вездехода его положение в декартовой системе координат определяют и заносят на магнитные носители с использованием систем спутниковой навигации GPS (например, американской «NAVSTAR» или российской «ГЛОНАСС») по установленному на вездеходе многоканальному приемнику. Например, приемник ASHTECH P-12 определяет геодезические координаты с точностью до 5 мм и обладает значительной помехоустойчивостью. Потребляемая приемником

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

мощность менее 12 Вт, питание осуществляется от сети постоянного тока 10-36 В. Помимо маршрутного GPS-приемника в середине полосы варьирования трассы устанавливают базовую станцию DGPS. Базовую станцию устанавливают на открытой возвышающейся над окружающей местностью площадке.

При достижении правой границы полосы варьирования трассы вездеход проходит вдоль границы параллельно воздушной линии, связывающей начальный и конечный пункты трассы.

Далее маршрут следования вездехода проходит через экстремальные точки рельефа в обход препятствий к левой границе полосы варьирования трассы с учетом принятого расстояния между грунтово-гидрологическими разрезами. Вездеход может осуществлять движение по интересующим участкам местности с возможностью маневрирования. При этом контролируют переходы из одной зоны грунтово-гидрологических условий в другую. Достигнув левой границы полосы варьирования, вездеход проходит параллельно воздушной линии и вновь направляется к правой границе полосы варьирования, и так далее до выхода в конечную точку зоны варьирования.

Перед началом, в процессе или после завершения грунтово-гидрогеологических геофизических изысканий выполняют контрольное бурение, по которому калибруют волновую картину геологического разреза для уменьшения погрешности определения залегания кровли и подошвы грунтовых напластований и положения уровня грунтовых вод.

По результатам полевых работ создают интегрированную пространственную математическую модель рельефа, геологии и гидрогеологии местности.

В местах индивидуального проектирования земляного полотна инженерно-геологические работы выполняют по особым программам. В состав работ включают крупномасштабную инженерно-геологическую съемку, горно-буровые работы, геофизическую разведку, полевые методы испытания грунтов. В местах ожидаемого строительства мостов и путепроводов для уточнения типов фундаментов закладывают выработки, применяют геофизические методы разведки и, в частности, пенетрацию.

Гидрогеологические исследования выполняют для ориентировочной оценки водопроницаемости грунтов - коэффициента фильтрации. Допускается применение экспресс-откачек в процессе или после бурения скважин. Количество опытов для водоносного горизонта следует принимать не менее шести.

Из каждого водоносного горизонта в пределах взаимодействия автомобильной дороги с геологической средой следует отбирать не менее трех проб воды на стандартный химический анализ.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Лабораторные методы определения показателей физико-механических свойств грунтов следует выполнять для классификации грунтов в соответствии с ГОСТ 25100-95 (Грунты. Классификация), количественной оценки их состава и физических характеристик согласно ГОСТ 5180-84 (Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик). Количество отобранных в процессе изысканий образцов грунта должно быть не менее шести для каждого основного литологического пласта.

При необходимости оценку прочностных и деформационных свойств грунтов осуществляют в соответствии с региональными таблицами характеристик грунтов, свойственных для исследуемого района, или по показателям физических характеристик в соответствии с требованиями СНиП 2.02.01-83.

Характеристику состава и состояния крупнообломочных и скальных грунтов определяют по результатам их визуального описания, с использованием справочных табличных данных, а также по результатам геофизических исследований.

При определении физико-механических свойств грунтов следует также использовать метод инженерно-геологических аналогий.

Прогноз изменений инженерно-геологических и гидрогеологических условий при изысканиях следует осуществлять, как правило, в форме качественного прогноза с использованием сравнительно-геологических методов (природных аналогов и инженерно-геологических аналогий). Прогноз следует осуществлять на основе обобщения материалов изысканий прошлых лет, материалов аэрокосмических съемок и данных инженерно-геологического картирования исследуемой территории с учетом результатов рекогносцировочного обследования.

В результате прогноза изменений инженерно-геологических условий в районе изысканий устанавливают:

возможность возникновения и развития опасных геологических процессов и явлений определенного вида и масштаба;

направленность и характер возможных изменений состава и состояния грунтов под воздействием природных и техногенных факторов и проявления особых свойств грунтов и их ориентировочные характеристики, а также категорию опасности природных процессов в соответствии со СНиП 22-01-95 и тенденцию изменения отдельных факторов инженерно-геологических условий.

Состав и содержание технического отчета о результатах инженерно-геологических изысканий должен соответствовать требованиям пп. 6.3-6.5 СНиП 11-02-96 и СП 11-105-97. В заключительной части отчета должны быть

сформулированы рекомендации и предложения по проведению последующих изысканий.

6.4. Инженерно-геологические изыскания по принятому варианту трассы

Для изучения почвенно-грунтовых условий вдоль принятого варианта трассы закладывают геологические выработки, расчистки, шурфы, прикопки и скважины.

Основным методом изучения грунтово-геологических условий при изысканиях дорог является механическое бурение с непрерывным отбором и осмотром керна и взятием образцов (диаметр не менее 100 мм) с ненарушенной структурой. С этой целью применяют ручные мотобуры, работающие шнековым инструментом, или инструменты ручных комплексов, буровые прицепные установки с приводом от бензиновых двигателей и буровые самоходные установки на гусеничном ходу или на базе автомобилей повышенной проходимости.

На трассе дороги, если отсутствуют грунты текучепластичной или текучей консистенции, илы, торфы и им подобные, то буровые скважины устраиваются через 250-300 м, глубиной до 3 м. Если перечисленные грунты встречаются, то расстояние между скважинами уменьшают до 150-200 м. При вскрытии грунтов, практически не обладающих несущей способностью, проходку выполняют на полную мощность с заглублением в несущие грунты на 1,5-2,0 м.

Если на конкретном участке трассы дороги предполагают устройство выемки, то бурение производят через 100 м, глубиной скважин на 2 м большей проектной глубины выемки или до скальных грунтов.

Буровые скважины и шурфы закладывают в пределах придорожной полосы шириной до 200 м во всех характерных местах рельефа.

Если обследуемые грунтовые напластования имеют незначительную мощность, а также при невозможности, экономической нецелесообразности использования механических буровых станков, закладывают шурфы.

Шурфы закладывают во всех характерных местах рельефа - на водоразделах, склонах, пониженных местах, в тальвегах и оврагах.

При I категории сложности местности по геологическому строению на 1 км трассы необходимо предусматривать не менее 2 шурфов, а при III категории - может потребоваться более 5 шурфов на км.

Шурфы копают размерами: шириной 1 м, длиной 1,5 м и глубиной до 2 м. Шурфы устраивают без крепления стенок до следующих глубин: в песчаных грунтах не более 1 м; в глинистых - не более 2 м; при наличии грунтовых вод до

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

зеркала воды, но не более 2 м; при наличии скальных грунтов до скалы, но не более 2 м. Шурфы закладывают в стороне от оси дороги на расстоянии 10-15 м, располагая их так, чтобы узкая вертикальная стенка шурфа во время описания была освещена солнцем.

Для ускорения и облегчения грунтовых обследований в открытых местах с равнинным рельефом могут быть использованы механические шурфокопатели, смонтированные на шасси автомобилей высокой проходимости, которыми можно отрывать шурфы круглой формы - "дудки", диаметром до 80 см и глубиной до 3 м.

Из каждого генетического горизонта в шурфе берут пробы грунтов и монолит. При изучении Шурфов записывают в журнал визуальные данные о строении почвенно-грунтового разреза, структуре, составе, плотности, пористости, влажности и окраске отдельных слоев почвы, уровне грунтовых вод и интенсивности их притока. В дальнейшем эти данные уточняют количественными характеристиками в лабораторных условиях по взятым образцам грунта с ненарушенной структурой.

Прикопки глубиной 0,5-1,0 м закладывают между шурфами для уточнения мест изменений почвенно-грунтовых условий в среднем через 250-300 м. Если прикопка обнаруживает значительные изменения характера залегания грунтов по сравнению с соседним шурфом, то прикопку увеличивают и углубляют, превращая в шурф.

В местах больших сосредоточенных объемов земляных работ и со сложными грунтово-гидрогеологическими условиями инженерно-геологические изыскания проводят более детально.

При насыпях высотой до 12 м и косогорности положе 1:3 расстояние между выработками грунта .Принимается от 200 до 500 м в зависимости от категории местности при глубине выработки не менее 2 м. На участках автомобильных дорог при выемках глубиной до 12 м и длинах до 100 м закладывают не менее одной выработки, при длинах выемок 100-300 м - не менее двух, а при длинах более 300 м - не менее трех, во всех случаях на глубину сезонного промерзания грунтов и ниже предполагаемой глубины выемки, не менее чем на 2 м.

Если земляное полотно устраивают на участке с косогорностью круче 1:3, то на каждом поперечнике берут по три выработки с расстоянием между поперечниками от 100 до 400 м в зависимости от категории местности при глубине выработок не менее 5 м от поверхности земли.

Получен первый опыт использования георадаров при выполнении изыскательских работ. При изысканиях автомобильных дорог георадарные технологии позволяют: устанавливать грунтово-гидрогеологические условия местности; определять положение уровней грунтовых вод; оценивать глубины водоемов или рек в местах будущих мостовых переходов; определять места

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

размещения и размеры инженерных коммуникаций; разведывать и оценивать запасы полезной толщи в карьерах и т.д.

При изысканиях протягивание георадара выполняют ручной буксировкой. Радарограммы по оси трассы в продольном направлении записывают непрерывно при средней длине файлов, соответствующей 200-500 м трассы, а в поперечном направлении фиксируют файлы, соответствующие длине поперечника 60-200 м. Производительность работ в зависимости от рельефа и залесенности территории достигает до 3-5 км в смену.

Результаты изысканий показали, что в лесных районах грунтово-гидрогеологические изыскания могут быть проведены только при расчистке створов прохода георадара от валежника. Протягивание георадара по кочковатой местности, по неровностям из заросших травой валунов существенно не сказывается на полученных результатах. Ограничения в применении подповерхностной радиолокации могут быть лишь при буксировке георадара по крутым склонам. В этих условиях оказывается сложным обеспечить равномерное прохождение его с одинаковой скоростью и целесообразно протягивание георадара снизу вверх. Но даже и в этих случаях направление сигнала не является вертикальным и для устранения данной погрешности разработана специальная программа, корректирующая определение глубин.

При изысканиях может быть использована технология непрерывного и интервального профилирования. Если непрерывное профилирование позволяет получить геологический разрез по всему створу, то интервальное - по отдельным коротким участкам створа. При интервальном профилировании геологический разрез между отдельными участками створа прогнозируется геологом, что сопряжено с возможными ошибками. Непрерывное профилирование требует несколько больших затрат на разметку и расчистку створов, но меньших на привязку. Его целесообразно проводить на малозалесенной местности при незначительном количестве валежника. Интервальное профилирование требует меньших затрат на разметку и расчистку створов, но больших на привязку. Его можно выполнять также и в залесенной местности, даже при большом количестве валежника.

Для резервов грунта при их площадочном распространении расстояние между выработками берут по сетке с шагом 75-150 м в зависимости от категории местности. При этом глубины выработок определяют мощностью полезного слоя грунта, потребностью в нем и способами последующей разработки. При резервах грунтов вытянутой формы (гидронамыв) расстояние между поперечниками принимают 50-100 м, а между выработками - 25-100 м при их глубине до 15 м.

В местах расположения малых искусственных сооружений количество выработок зависит от высоты насыпи и составляет при высоте ее до 6 м - 1-2, от 6 до 12 м - 2-4, более 12 м - 3-5 выработок. Глубина выработок зависит от свойств

грунтов и при прочных грунтах составляет всего лишь 4-5 м, в то время как при слабых грунтах - 8-15 м.

При выполнении работ по инженерно-геологическому обследованию мостовых переходов руководствуются инструкцией ВСН 156-88 (Нормы по инженерно-геологическим изысканиям железнодорожных, автодорожных и городских мостовых переходов: ВСН 156-88. - М.: Минтрансстрой, 1988).

Варианты перехода назначают с учетом данных инженерно-геологической съемки, которая должна предшествовать разведочным работам. Масштаб съемки выбирается от 1:500 до 1:25 000 в зависимости от категории геологической сложности. Основой съемки служат аэрофотоснимки и карты. Съемкой охватывают полосу 300 м вверх и 200 м вниз по течению от оси мостового перехода. При выборе места перехода по аэроснимкам и фотосхемам с геологической точки зрения оценивают: положение коренных склонов долины, геологическое строение речной долины, направление руслового и пойменных потоков при расчетном уровне высокой воды, русловые переформирования, границы и протяженность излучин, рукавов и проток реки, наличие оползней, карстов и других неблагоприятных геологических явлений на участках спуска в долину и на подходах к мосту.

Во время разведочных работ выполняют буровые работы для получения разреза по оси мостового перехода с инженерно-геологическими испытаниями грунтов, включающими и полевые методы определения их физико-механических характеристик (пенетрация, зондирование и др.).

На каждом среднем мостовом переходе проходят не менее трех скважин (по берегам и в русле), на большом переходе - не менее пяти скважин. Во всех случаях глубина скважин должна быть не менее 15 м. Образцы отбирают из всех слоев грунта для определения гранулометрического состава, пластичности и естественной влажности. Кроме этого, из слоев, которые могут явиться несущими, отбирают монолиты в количестве не менее шести из каждого слоя для определения угла внутреннего фения и сцепления.

В дополнение к буровым скважинам применяют геофизические и радиометрические методы.

В результате работ по каждому принципиальному варианту мостового перехода представляют: инженерно-геологический паспорт, включающий: инженерно-геологическую карту; геолого-литологический разрез по оси перехода; данные анализа и испытания грунтов; пояснительную записку.

На выбранном варианте мостового перехода выполняют подробные инженерно-геологические изыскания в объеме, достаточном для разработки проекта мостового перехода.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Предварительно для составления сметы объемы буровых работ, ориентировочное количество скважин на мостовом переходе назначают согласно табл. 6.5, при этом, длину моста принимают с коэффициентом 1,3.

Таблица 6.5.

Ориентировочное количество скважин

Длина моста (с учетом коэффициента 1,3), м	Инженерно-геологические условия	
	Простые	Сложные
25-100	3-5	5-7
100-200	5-7	7-9

Глубины разведочных скважин зависят от характера грунтов и типа проектируемого фундамента и их уточняют в каждом конкретном случае. Необходимое количество выработок назначают, сообразуясь с табл. 6.6.

Таблица 6.6.

Рекомендуемое количество выработок

Длина выделенного морфологического элемента, м	Число выработок, шт.	
	в пределах проектируемого моста	на подходах к мосту
25	1	1
25-50	1-2	1
50-100	2-3	1-2

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

100-500	3-5	2-3
более 500	не реже чем через 100 м	не реже чем через 200 м

В результате работ составляют паспорт перехода, который включает: инженерно-геологическую карту; схему расположения выработок; схему размещения точек геофизических наблюдений и пенетрационных работ; геолого-литологические разрезы; расчетные характеристики грунтов; химические анализы воды; пояснения к рекомендациям по проектным работам. Для больших мостовых переходов составляют пояснительную записку, к которой прилагают инженерно-геологическую карту с нанесенными вариантами мостовых переходов, геолого-литологические разрезы и колонки выработок, данные анализов и испытаний грунтов и их расчетные характеристики.

В местах строительства путепроводов выявляют инженерно-геологические условия в объеме, достаточном для определения типа и условий сооружения основания опор, а также для решения вопроса о наиболее целесообразном варианте прохождения трассы поверх пересекаемой дороги или под ней.

В результате работ представляют паспорт пересечения, включающий в себя: инженерно-геологическую карту, схему расположения выработок, геолого-литологические разрезы, данные испытаний грунтов и их расчетные характеристики, химические анализы воды с заключением о ее агрессивности по отношению к бетонам различных марок, данные о сейсмичности района строительства.

При проектировании транспортных развязок движения в разных уровнях к выработкам под конкретные опоры путепровода закладывают дополнительно 4-8 выработок (глубиной 2-4 м) в пределах площадки размещения съездов транспортной развязки.

При изысканиях на стадии рабочей документации (РД) на участках сооружения мостовых переходов и транспортных развязок обследуют места заложения каждой опоры. Количество выработок для каждой опоры назначают в зависимости от ширины фундамента и сложности геологических условий согласно табл. 6.7.

Таблица 6.7.

Количество и глубина скважин для опор мостов и путепроводов

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Инженерно-геологические условия места проектируемой опоры	Число скважин	Глубина скважин, м
Простые: Ширина опоры менее 15 м	1	До 15 м
Сложные: Слабые грунты, ширина опоры, м: 15 15 и более	 1 2	 На 5 м ниже поверхности и прочных пород, но не более 40 м
Падение пластов и уклоны поверхности прочных пород, подстилающие аллювий, 15°, наличие глубоких размывов.	2	На 5 м ниже поверхности, но не более 30 м
Пласты каменной соли, гипса, ангидрита и т.п.	2-3	На 5 м ниже подошвы растворимых пород, но не более 30 м
Карстовые полости в теле осадочных пород.	2-3	На 5 м ниже подошвы карстования, но не более 30 м
Наличие линз и пластов подземных льдов, просадочных грунтов	2-3	На 5 м ниже подошвы подземных льдов, толщи просадочных грунтов, но не более 30 м
Расположение под дном долины поверхностей скольжения оползней	3-4	На 5 м ниже нижней поверхности скольжения

Выполняют опытные откачки воды и нагнетания. Продолжают режимы стационарных наблюдений. При наличии вечной мерзлоты замеряют температуру в разведочных выработках. Отбирают образцы грунтов и воды в тех же объемах, что

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

и на стадии инженерного проекта. Для проведения лопастных, штамповых и прессиометрических испытаний, опытных откачек оставляют специальные скважины. Более детально изучают строительные площадки с заложением скважин по сетке 50´50 м, 50´100 м.

В результате работ представляют:

уточненный геолого-литологический разрез по оси мостового перехода;

поперечные геолого-литологические разрезы основания каждой опоры (устоя);

заключение об инженерно-геологических условиях фундирования каждой опоры и инженерно-геологических условиях площадки с данными лабораторных и полевых испытаний грунтов. К заключению прилагают колонки буровых скважин, графики зондирования и опытных откачек, результаты химического анализа воды.

При инженерно-геологических обследованиях болот необходимо: установить границы участка со слабыми грунтами в пределах рассматриваемой территории;

выявить строение слабой толщи, в том числе наличие включений, а также характер пород и рельеф минерального дна;

установить физико-механические характеристики грунтов, слагающих слабую толщу;

выявить особенности гидрогеологического режима слабой толщи.

Инженерно-геологические изыскания выполняют поэтапно. Выделяют три этапа обследований:

на первом (рекогносцировочном) этапе лабораторных испытаний не ведут;

на втором - лабораторные исследования ограничивают определением показателей состава и состояния грунтов в полевой (нестационарной) лаборатории;

на третьем - выполняют испытания в стационарной лаборатории с целью выяснения показателей физико-механических свойств грунтов.

При двухстадийном проектировании (ИП и РД) первые два этапа обследований целесообразно проводить на первой стадии, а третий этап - на второй стадии проектирования.

На пересечениях трассой участков слабых грунтов должны быть получены: план масштаба 1:2 000 с сечением рельефа через 0,25-0,5 м, продольные и поперечные профили и проведен первый этап инженерно-геологического обследования.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Первый этап обследования. До проведения полевых инженерно-геологических работ изучают крупномасштабные топографические карты и материалы аэрокосмических съемок прошлых лет. Аэрофотоснимки позволяют установить подробную характеристику болотных массивов, исходя из особенностей изображения поверхности болот и своеобразия распределения на ней растительного покрова, микрорельефа, увлажнения и водных пространств. По материалам аэрокосмических съемок устанавливают границы болот, ориентировочную мощность торфяной толщи, приблизительный рельеф дна болот, генезис болот, источники их водного питания, направление и интенсивность внутреннего и поверхностного стока в болотах, относительное увлажнение их отдельных частей, геоморфологический тип болота, его микрорельеф и растительность.

При полевых работах выполняют зондировочное бурение скважин (используют бур геолога, торфяной бур, двухдюймовый буровой комплект без обсадки или буровую установку с бензиновым двигателем) в зоне, примыкающей к трассе. Скважины бурят по сетке от 50´50 м до 150´150 м в зависимости от размеров заболоченной территории. При этом захватывают зону общей шириной примерно 300 м (по 150 м в каждую сторону от оси).

При проходке зондировочных скважин для установления наименования грунтов и приблизительной оценки их физико-механических свойств отбирают пробы через 0,5-1,0 м по глубине. В это же время изучают особенности гидрогеологического режима толщи. Параллельно с зондировочным бурением или непосредственно вслед за ним по той же сетке проводят статическое зондирование толщи с помощью вдавливания конусных наконечников.

По результатам первого этапа представляют:

рекомендации по расположению трассы, исходя из наиболее благоприятных условий пересечения участка с точки зрения строения, рельефа дна и особенностей гидрологического режима слабой толщи;

предварительное определение типа основания;

предварительное заключение о целесообразности или нецелесообразности проработки варианта, предусматривающего использование слабой толщи в качестве основания.

Второй этап обследования назначают в том случае, если в результате первого этапа установлена целесообразность проработки варианта, предусматривающего использование слабой толщи в качестве основания.

На этом этапе бурят зондировочные скважины для каждого из возможных конкурирующих вариантов трассы, положение которых уточнено по результатам

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

первого этапа. Скважины располагают по оси и на поперечниках, захватывая полосу, равную 1,5-2 размерам ширины насыпи понизу.

Расстояние между скважинами по оси трассы принимают примерно 25-50 м в зависимости от протяженности заболоченного участка и особенностей строения слабой толщи. Поперечники подразделяют на основные и промежуточные. На основных проходят пять-семь скважин, на промежуточных всего одну-три.

При проходке скважин отбирают пробы грунтов, через 0,5-1,0 м (но не менее 3 проб из каждого слоя) с нарушенным сложением и определяют основные показатели их состава и состояния в полевой (нестационарной) лаборатории. Параллельно или непосредственно за проходкой производят зондирование слабой толщи конусным наконечником, а также через каждые 0,5 м по глубине толщи испытывают грунты с помощью сдвиго-крыльчатки.

В лаборатории определяют: влажность, содержание органических веществ, степень волокнистости или степень разложения, пределы пластичности, плотность частиц грунта, плотность грунта, ботанический состав и содержание $CaCO_3$.

По результатам испытаний выделяют расчетные слои и определяют расчетные значения основных показателей состава и состояния грунтов, а также значения физико-механических свойств грунтов в пределах каждого слоя. Уточняют границы расчетных участков и определяют тип основания по устойчивости или строительный тип болота, а также устанавливают место расположения расчетных поперечников и границы наиболее неблагоприятных по своим физико-механическим свойствам слоев.

Уточнив предварительный вывод о целесообразности дальнейшей проработки варианта с использованием слабой толщи в качестве основания, осуществляют третий этап обследований.

Третий этап обследований. На этом этапе проводят следующие работы:

при необходимости дополнительную проходку зондировочных скважин и испытание сдвиго-крыльчаткой;

проходку опорных скважин на расчетных поперечниках с отбором монолитов грунта;

лабораторные испытания монолитов;

при необходимости определение динамических характеристик торфяной толщи.

Если основание относится к типу I, то проводят компрессионные и консолидационные испытания. Количество монолитов и их размеры определяют,

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

исходя из того, чтобы для каждого вида испытаний можно было получить не менее шести образцов для каждого расчетного слоя на каждом расчетном участке.

При основаниях II и III типов, кроме компрессионных и консолидационных испытаний, дополнительно проводят исследования на сдвиг грунта из наиболее слабых слоев. Количество монолитов, отбираемых для сдвиговых испытаний, должно обеспечивать возможность получения не менее 9-12 образцов для каждого расчетного слоя на каждом расчетном участке.

Количество взятых монолитов должно быть увеличено на 25 % на случай их порчи при транспортировке, подготовке и проведении испытаний. Исследования на компрессию, консолидацию и сдвиг проводят в стационарных лабораториях по специальным методикам.

6.5. Разведка местных дорожно-строительных материалов

При строительстве, реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог используют притрассовые и базисные месторождения.

К базисным - относят крупные месторождения каменных материалов (песка и камня), для разработки которых организуют длительно действующие карьеры, находящиеся в ведении как дорожных, так и других организаций. Материалы из таких карьеров транспортируют автомобилями, а на дальние расстояния железнодорожным или водным транспортом.

К притрассовым - относят все месторождения, в том числе месторождения грунта для возведения земляного полотна, расположенные в притрассовой полосе и разрабатываемые только в период строительства или реконструкции автомобильной дороги. Материалы из таких карьеров транспортируются преимущественно автомобилями.

По окончании строительства или реконструкции автомобильной дороги крупные притрассовые карьеры при условии их дополнительной разведки и утверждения запасов территориальной или государственной комиссией по запасам могут перейти в категорию базисных.

Цель поисково-разведочных работ - найти и разведать месторождения, содержащие дорожно-строительные материалы, которые удовлетворяют по запасам и качеству потребности строительства или реконструкции дороги, а разработка и транспортировка которых потребует наименьших затрат труда, средств и времени.

Дорожно-строительные материалы подразделяются на две группы: грунтовые строительные материалы и местные строительные материалы.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

На отвод земель под разработку месторождений в начале полевых работ необходимо получить принципиальное письменное согласие землепользователей. Принципиальное согласие землепользователей на отвод земель оформляется на крупномасштабном плане расположения месторождения, составленном на основе имеющихся топографических планов и карт масштабов 1:2 000-1:10 000.

На стадии подготовки ОИ (ТЭР) задачу изыскания дренирующих и каменных материалов решают на основе изучения геологической, а также физико- и экономико-географической литературы и фондовых материалов территориальных геологических управлений, плановых, дорожных и изыскательских организаций. При наличии материалов аэрофотосъемки проводят их камеральное инженерно-геологическое дешифрирование и на его основе выявляют участки возможного залегания местных дорожно-строительных материалов.

В связи с тем, что при изысканиях автомобильных дорог на стадии подготовки ОИ применяют полевые методы, на перспективных участках, выявленных по результатам дешифрирования аэрофотоснимков, проводят геолого-поисковые маршруты и делают единичные расчистки, шурфы, канавы и скважины. Из выработок отбирают пробы для лабораторных исследований.

Поисковые работы ведут, как правило, в полосе варьирования трассы автомобильной дороги на ширине до 10 км.

При выявлении перспективных для следующей стадии проектирования базисных месторождений оценивают их запасы по категории C_1. Это означает, что предварительно оцененные запасы, условия залегания, форма и распространение полезного ископаемого устанавливают на основе геологических и геофизических данных, подтвержденных вскрытием полезного ископаемого в отдельных точках, либо по аналогии с изученными участками качество полезного ископаемого определяют по единичным пробам и образцам или по данным соседних разведанных участков.

В отдельных случаях при инженерно-геологических изысканиях на стадии разработки ОИ осуществляют обследования эталонных участков с тем, чтобы результаты этих обследований можно было распространить на весь район проложения трассы автомобильной дороги. В этом случае каждый из выбранных эталонных участков обследуют детальнейшим образом, причем притрассовые месторождения и резервы обследуют со степенью детализации, отвечающей подсчету запасов по категории B_2.

По результатам проведенных работ составляют отчет, в котором кратко характеризуют геологическое строение района изысканий, указывают зоны распространения геологических комплексов, перспективных с точки зрения наличия дорожно-строительных материалов, приводят сведения о качестве последних, дают общую оценку обеспеченности района изысканий дорожно-

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

строительными материалами. Все эти данные могут быть нанесены на крупномасштабные инженерно-геологические карты в условных обозначениях.

Общий объем разведанных и согласованных запасов дорожно-строительных материалов в рекомендуемой для поиска полосе проложения вариантов трассы автомобильной дороги должен превышать заявленную потребность в 1,5-2,0 раза.

Поисково-разведочные работы на стадии проектирования выполняют в соответствии со СНиП 1.02.07-87 (СНиП 1.02.07-87. Инженерные изыскания для строительства. - М.: Госстрой СССР, 1988) на основании технического задания главного инженера проекта. В соответствии с техническим заданием главный геолог экспедиции составляет программу работ, в которой указывает состав и объемы работ, методику их проведения, состав исполнителей, определяемый в зависимости от объема работ и сроков их выполнения.

Поиск и разведка месторождений в полосе варьирования трассы выполняется с целью:

поиска месторождений дорожно-строительных материалов при их достаточно близком расположении;

оценки условий распространения, залегания и транспортировки материалов к трассе, запасов и их качества;

выделения наиболее перспективных участков по технико-экономическим показателям.

Разведку месторождений в поисках грунтов для земляного полотна выполняют со степенью детализации, отвечающей подсчету запасов по категории C_2. К этой категории относят запасы при соблюдении следующих условий:

контуры месторождений должны быть нанесены по геологическим или геоморфологическим данным и подтверждены отдельными обнажениями или единичными выработками;

проведена привязка к трассе;

выявлены условия залегания, форма тела полезного ископаемого и литологический состав по описаниям отдельных выработок, геофизической разведки и результатам изучения генетических типов грунтов района;

установлена пригодность грунтов для возведения земляного полотна в соответствии с действующими нормами по результатам испытаний единичных проб или по аналогии с другими участками на основании визуального изучения;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

гидрогеологические условия месторождения должны быть ориентировочно известны;

горнотехнические условия предварительно выявлены;

разведанные запасы должны превышать заявленную потребность не менее чем в два раза.

Поисково-разведочные работы выполняют в три этапа (периода): подготовительный, полевой и камеральный.

В подготовительный период на основе дешифрирования аэрофотоснимков по составленной предварительной инженерно-геологической карте намечают маршруты поисков, а также предварительную сеть поисково-разведочных выработок и геофизических профилей.

На основе собранных материалов определяют необходимые объемы работ и составляют программу работ и смету.

Перед непосредственным развертыванием полевых работ изучают материалы фондов местных организаций, уточняют сведения о карьерах, выясняют сколько и какие материалы можно получить при разработке карьера.

Поиск и разведку проводят совместно с геологической рекогносцировкой или инженерно-геологической съемкой.

Основной метод поисковых работ - маршрутное геологическое обследование (рекогносцировка). Поисковые работы ведут по долинам рек и берегам озер, имея в виду нахождение залежей песчаного или гравийно-песчаного аллювия на террасах, в русле, сухих дельтах и конусах выноса, а также выходов скальных пород, слагающих цоколи древних террас или обрывы коренных берегов. В области развития ледниковых отложений объектами поисков являются зандровые участки, моренные песчано-гравийные образования и валунные поля. В горных районах - выходы скальных пород в обнажениях и обрывах, глыбовые россыпи и курумы, осыпи, селевые образования, аллювиальные, элювиальные, делювиальные и пролювиальные рыхлые отложения.

Поисковые маршруты по обеспечению материалов для земляного полотна, как правило, намечают в притрассовой 10-и километровой полосе. Поисковые маршруты по разведке материалов для дорожной одежды и укрепительных работ предусматривают по всей полосе варьирования конкурентных вариантов трассы.

Работы на маршрутах включают дешифрирование аэрофотоснимков, описание обнажений и геоморфологических форм, геофизические исследования, проходку, разведочные выработки и их опробование.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Геофизические работы (вертикальное электрозондирование, радиолокация и т.д.) проводят в целях оконтуривания месторождения, определения мощности полезной толщи и вскрышного слоя, установления уровня грунтовых вод.

В последние годы при разведке запасов дорожно-строительных материалов стали широко применять метод подповерхностной радиолокации, основанный на применении георадаров. Грунтовые радары позволяют зондировать карьеры каменных материалов и грунтов на глубину 0,5-50,0 м с разрешающей способностью соответственно 0,05-2,0 м. При этом метод является неразрушающим и экологически чистым.

Георадары позволяют при разведке оконтуривать на местности границы нахождения кондиционных дорожно-строительных материалов, определять размеры вскрышных работ и объемы запасов полезной толщи в карьерах, а также устанавливать положение уровней грунтовых вод.

Перед выполнением полевых георадарных работ изучают всю имеющуюся документацию по обследуемому району (топографические карты, продольные профили дорог, паспорта существующих карьеров), проводят рекогносцировочные работы, по которым устанавливают границы карьеров и намечают створы прохода георадара длиной 200-1000 м, при этом расстояние между маршрутами в поперечном направлении составляет в пределах 50-300 м. По каждому маршруту производят рубку просек шириной 1,0 м и очистку от валежника.

После выполнения радарных работ производят контрольное бурение 1-3 скважины на 2 га площади карьера. По результатам контрольного бурения и шурфования уточняют глубины залегания кровли и подошвы полезной толщи, а также отбирают образцы для лабораторного анализа.

При поиске грунтов для возведения земляного полотна и строительных песков выработки (шурфы, закопушки, скважины) размещают по всей длине маршрута (не менее одной на 1 км).

При поиске месторождений скальных и крупнообломочных пород сеть поисковых выработок, как правило, размешают по контуру перспективного участка и по двум взаимно перпендикулярным разведочным профилям, пересекающимся в центре участка.

На выявленных месторождениях плотность размещения сети разведочных выработок определяют согласно ВСН 182-91 (Нормы на изыскания дорожно-строительных материалов, проектирование и разработку притрассовых карьеров для автодорожного строительства; ВСН 182-91. - М.: СоюздорНИИ, 1992.-141 с.) по табл. 6.8.

Таблица 6.8.

Рекомендуемая плотность разведочных выработок

Тип месторождения	Характеристика месторождения	Среднее расстояние, м, между	
		маршрутами	выработками по маршрутам
	А. Рыхлые обломочные породы		
1а	Занимающие значительные площади и характеризующиеся относительно выдержанным строением толщи и составом пород (морские, озерные, зандровые, золовые, пролювиальные, делювий водоразделов и пологих склонов и др.)	200	200
2а	Характеризующиеся сравнительно выдержанными по составу породами; вытянутые в одном направлении аллювиальные отложения речных террас; делювий шлейфов, склонов и др.	150-200	75-100
3а	Характеризующиеся невыдержанностью строения толщ и состава пород; различные отложения (пойм, русел, береговых валов, моренных холмов, конусов выноса, селей и оврагов, сухих дельт, осыпей и др.)	100	50
	Б. Скальные и крупнообломочные породы:		
1б	Массивные изверженные и метаморфические породы, однородные по составу и трещиностойкости	1-3 выработки	
2б	Пласты осадочных пород, залегающие горизонтально или полого падающие	200	100

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

3б	Толщи изверженных, метаморфических и осадочных пород неоднородного состава; падающие круто пласты осадочных пород; наличие линзообразных тел, валунных полей, глыбовых россыпей и курумов	100	50-100

Все сведения, получаемые в процессе проведения полевых работ, заносят в журнал поисковых маршрутов и обследования месторождения.

Поисково-разведочные работы выполняют специальные отряды (партии) во главе с геологом.

Камеральные работы на стадии проработки вариантов проложения трассы выполняют в полевых условиях. При этом оформляют следующую поисково-разведочную документацию:

программу, откорректированную в ходе полевых работ;

журнал геологической рекогносцировки и поисковых маршрутов;

журналы буровых, горно-проходческих и геофизических работ;

карту фактического материала;

схематические планы месторождений и предварительные результаты подсчета запасов;

геологические и геофизические разрезы в масштабах: горизонтальный - 1:1000, вертикальный - 1:100);

результаты лабораторных испытаний или сведения о качестве материалов, полученные в местных организациях;

схематический план расположения месторождений и действующих карьеров;

материалы предварительных согласований.

После выбора оптимального варианта проложения трассы определяют перечень тяготеющих к выбранному варианту месторождений и карьеров, материалы из которых могут быть использованы при строительстве дороги.

Разведка месторождений дорожно-строительных материалов по выбранному варианту трассы. Детальную разведку месторождений по выбранному варианту трассы производят для окончательного решения вопросов

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

обеспечения строительства грунтом для возведения земляного полотна и материалами для дорожной одежды и укрепительных работ.

Месторождения местных дорожно-строительных материалов разведывают и испытывают со степенью детализации, отвечающей категории В.

Суммарный запас месторождений должен превышать заявленную потребность не менее чем в 1,2 раза.

Топографическую инструментальную съемку месторождений производят в масштабах 1:2 000.

Месторождения грунтов, предназначенных для сооружения земляного полотна, разведывают со степенью детализации, обеспечивающей отнесение запасов к категории С.

Топографическую инструментальную съемку месторождений в поисках грунтов для возведения земляного полотна производят в масштабах 1:2 000-1:5 000, дренирующих грунтов и материалов для дорожной одежды - в масштабах 1:1 000-1:2 000. Месторождения привязывают к пикетажу трассы в точках примыкания к ней подъездных путей.

Детальную разведку месторождений песка и гравия, а также скальных и крупнообломочных пород для дорожной одежды выполняют согласно ВСН 182-91 по табл. 6.9.

При неоднородном составе полезной толщи количество выработок внутри контура может быть увеличено по усмотрению геолога.

Таблица 6.9.

Рекомендуемые расстояния между выработками и маршрутами

Тип месторождения по табл. 1	Среднее расстояние, м, между			
	разведочными выработками и точками ВЭЗ	точками ВЭЗ	разведочными маршрутами	выработками
А. Рыхлые осадочные породы:				

1а	100	100	100-200	100
2а	50	50	100-250	50-100
3а	50	25	50-100	25-50
Б. Скальные и крупнообломочные породы:				
1б	до 10 точек	До 10 точек	5 выработок	5 выработок
2б	100	50	100	50
3б	50	50	50	25-50

Глубину бурения и расчетную мощность полезной толщи определяют по положению прогнозируемого на период разработки уровня грунтовых вод.

В песчаных аллювиальных месторождениях, подлежащих разработке способом гидромеханизации, мощность полезной толщи определяют техническими возможностями земснаряда. При разведке песчаных месторождений в водоемах выделяют участки с минимальным содержанием прослоев глинистых грунтов.

Для обоснования проекта буровзрывных работ по рыхлению скальных грунтов выполняют сейсмические исследования (25 точек на 1 км разведочного маршрута) и проходят опорные выработки по разрешенной сетке.

В районах распространения вечномерзлых пород для сооружения земляного полотна и дорожной одежды следует использовать разрыхленные скальные породы, мерзлые дренирующие грунты, а также глинистые талые или мерзлые грунты, подвергнутые оттаиванию и просушиванию, с выполнением специальных конструктивных и технологических мероприятий.

Месторождения на местности закрепляют по контуру столбами, на которых подписывают наименование организации, проводившей разведку, номер месторождения и год проведения разведочных работ. Устья буровых скважин и геофизических точек отмечают столбами или кольями.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В процессе полевых работ обследуют условия разработки каждого месторождения и транспортировки материалов на трассу. При этом определяют:

площади для разработки;

способы разработки полезного ископаемого;

местоположение площадок для установки оборудования, складирования готовой продукции и размещения отвалов;

источники электроэнергии, а также возможности снабжения карьера необходимыми материалами и водой;

наличие или состояние подъездных путей, объемы ремонтных работ;

потребность в строительстве новых путей;

условия связи месторождения с ближайшей железнодорожной станцией или пристанью.

В процессе изысканий выполняют следующие камеральные работы:

оформляют поисковые и разведочные журналы;

составляют необходимые выкопировки и схемы;

производят предварительный подсчет запасов по каждому месторождению;

составляют ведомости рекомендуемых месторождений грунта для возведения земляного полотна и материалов для дорожной одежды;

готовят материалы согласований по отводу земель, их утверждению, составляют ведомости постоянного и временного отчуждения земель по намеченному варианту трассы.

В камеральный период обрабатывают и оформляют результаты всех полевых и лабораторных работ с составлением пояснительной записки «Строительные материалы инженерного проекта».

Разведочные работы на стадии разработки рабочей документации. На стадии разработки рабочей документации дополнительные разведочные работы проводят в следующих случаях:

по требованию экспертизы и согласующих проект организаций;

при утверждении запасов и заложения базисных карьеров;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

при изменении положения трассы или проектной линии;

при превышении срока, установленного от разработки проекта до включения строительства в титульный список;

при целесообразности расширения отдельных месторождений;

при необходимости уточнить качество материалов и получения дополнительных данных;

при необходимости перевода запасов отдельных месторождений в более высокую категорию (например, А).

При дополнительной разведке месторождений строительных материалов для дорожной одежды, разведку и испытание образцов следует производить в объемах, обеспечивающих отнесение запасов к категории А.

Качество материала для каждого блока должно быть охарактеризовано по всем требуемым показателям в соответствии со СНиП 2.02.01-83 (СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений. Нормы проектирования. - М.: Госстрой СССР, 1985) и соответствующими ГОСТами.

Условия разработки месторождения должны быть изучены таким образом, чтобы на планах масштаба 1:1000-1:2000 можно было составить проект его разработки.

При дополнительных разведочных работах сеть выработок может быть более густой и в особо сложных случаях, в частности, при больших уклонах может доходить до 20 м.

6.6. Лабораторные испытания и полевые методы исследования физико-механических свойств грунтов и материалов

Лабораторные исследования грунтов выполняют с целью определения их состава, состояния, физических, механических, химических свойств для выделения классов, групп, подгрупп, типов, видов и разновидностей в соответствии с ГОСТ 25100-95, определения их нормативных и расчетных характеристик, выявления степени однородности грунтов по площади и глубине, выделения инженерно-геологических элементов, прогноза изменения состояния и свойств грунтов в процессе строительства и эксплуатации автомобильных дорог.

Отбор образцов грунтов из горных выработок и естественных обнажений, а также их упаковку, доставку в лабораторию и хранение следует производить в соответствии с ГОСТ 12071-2000 (ГОСТ 12071-2000. Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Виды лабораторных определений физико-механических свойств грунтов при инженерно-геологических изысканиях согласно СП 11-105-97 приведены в табл. 6.10. Выбор вида и состава лабораторных определений характеристик грунтов производят с учетом вида грунта, стадии проектирования, характера сооружения, условий работы грунта, а также прогнозируемых изменений инженерно-геологических условий территории в результате ее освоения.

Таблица 6.10.

Виды лабораторных определений физико-механических свойств грунтов

Лабораторные определения	Грунты				ГОСТы на методы определения свойств грунтов
	Скальные	Крупнообломочные	Песчаные	Глинистые	
Гранулометрический состав	-	+	+	С	ГОСТ 12536-79
Петрографический состав	С	С	-	-	-
Минеральный состав	-	С	С	С	-
Валовой химический состав	С	-	С	С	-
Суммарное содержание легко- и средне-растворимых солей	С	С	С	С	-
Емкость поглощения и состав обменных катионов	-	-	-	С	-
Относительное содержание органических веществ	-	С	С	С	ГОСТ 23740-79

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Природная влажность	с	+	+	+	ГОСТ 5180-84
Плотность	+	+	+	+	ГОСТ 5180-84
Максимальная плотность (стандартное уплотнение)	-	С	С	С	ГОСТ 22733-2002
Плотность в предельно плотном и рыхлом состоянии	-	С	С	-	-
Плотность частиц грунта	-	+	+	+	ГОСТ 5180-84
Границы текучести и раскатывания	-	С	-	+	ГОСТ 5180-84
Угол естественного откоса	-	-	С	-	-
Максимальная молекулярная влагоемкость	-	-	С	С	-
Коэффициент фильтрации	-	-	С	С	ГОСТ 25584-90
Размокаемость	С	-	-	С	-
Растворимость	С	-	-	-	-
Коэффициент выветрелости	С	С	-	-	-
Коррозийная активность	-	-	С	С	-

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Компрессионное сжатие	-	С	С	+	ГОСТ 12248-96
Трехосное сжатие	-	С	С	+	ГОСТ 12248-96
Сопротивление срезу (прочность)	-	С	С	+	ГОСТ 12248-96
Сопротивление одноосному сжатию	+	С	-	С	ГОСТ 12248-96
Лабораторные испытания. Общие положения	+	+	+	+	ГОСТ 30416-96

Примечания: «+» - определения выполняются; «-» - определения не выполняются; «С» - определения выполняются по дополнительному заданию.

Лабораторные анализы и испытания выполняют в полевых и стационарных лабораториях. В полевой период выполняют те виды лабораторных анализов грунтов и материалов, которые не требуют использования сложной аппаратуры. В полевой период проводят лабораторные анализы грунтов, в результате которых определяют: гранулометрический состав, консистенцию, естественную влажность, плотность, стандартное уплотнение, коэффициент фильтрации, химический анализ воды на агрессивность и анализ водных вытяжек. В полевых условиях производят испытания физико-механических свойств грунтов в условиях естественного залегания.

Цели и методы полевых исследований свойств грунтов при инженерно-геологических изысканиях согласно СП 11-105-97 сведены в табл. 6.11.

Таблица 6.11.

Цели и методы полевых исследований грунтов

Методы полевых исследований свойств грунтов	Цели полевых исследований свойств грунтов						
	Расчленение геологического разреза и выделение ИГЭ	Определение показателей				Оценка свойств гр	
		Свойств грунтов			Сопротивления грунтов основания свай		
		Физических	Деформационных	Прочностных		Пространственной изменчивости	Воз по н спо
Статическое зондирование	+	+	+	+	+	+	
Динамическое зондирование	+	+	+	+	-	+	
Испытания штампом	-	-	+	-	-	-	
Испытания прессиометром	-	-	+	-	-	+	
Испытания на срез целиков грунта	-	-	-	+	-	-	
Вращательный срез	+	-	-	+	-	+	
Поступательный срез	+	-	-	+	-	+	

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Испытание эталонной сваей	-	-	-	-	+	-	
Испытание натурных свай	-	-	-	-	+	-	

П р и м е ч а н и я: «+» - исследования выполняются; «-» - исследования не выполняются.

В стационарных лабораториях производят испытания образцов пород, требующие использования сложного лабораторного оборудования для определения их компрессионных свойств, определения сопротивления сдвигу, а также испытания образцов строительных материалов для определения временного сопротивления сжатию камня, дробимости щебня, износа в полочном барабане гравия и морозостойкости.

6.7. Геофизические методы инженерно-геологических изысканий

Выбор метода геофизических исследований и их комплектование следует проводить в зависимости от решаемых задач и конкретных инженерно-геологических условий в соответствии с табл. 6.12. согласно СП 11-105-97. Геофизические методы исследований оказываются особенно эффективными при изучении неоднородных геологических объектов, когда их геофизические характеристики существенно отличаются друг от друга.

Таблица 6.12.

Методы геофизических исследований

Задачи исследований	Геофизические методы	
	Основные	Вспомогательные
Определение геологического строения массива		
Рельеф кровли скальных и мерзлых грунтов, мощность	Электроразведка методами электропрофилирования (ЭП) и	ВЭЗ по методу двух составляющих (ВЭЗ МДС);

нескальных и талых перекрывающихся грунтов	вертикального электрического зондирования по методу кажущихся сопротивлений (ВЭЗ); сейсморазведка методом преломленных (МПВ) и отраженных (МОГВ) волн	частотное электромагнитное зондирование (ЧЭМЗ); дирольно-электромагнитное профилирование (ДЭМП); метод Отраженных волн (МОВ); гравиразведка
Расчленение разреза. Установление границ между слоями различного литологического состава и состояния в скальных и дисперсных породах	ВЭЗ; МПВ; различные виды каротажа - акустический, электрический, радиоизотопный	ВЭЗ МДС; ВЭЗ по методу вызванных потенциалов (ВЭЗ ВП); ЧЭМЗ; вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП); непрерывное сейсмоакустическое профилирование на акваториях
Местоположение, глубина залегания и форма локальных неоднородностей		
Зоны трещиноватости и тектонических нарушений, оценки их современной активности	ВЭЗ; ВЭЗ МДС; круговое вертикальное зондирование (ВЭЗ); метод естественного поля (ПС); МВП; МОГТ; ВСП; расходометрия; различные виды каротажа; радиокип; газовоэманационная съемка; георадиолокация	ВЭЗ ВП; радиоволновое просвечивание; ДЭМП; магниторазведка; регистрация естественного импульсного - электромагнитного поля земли (ЕИЭМПЗ)
Карстовые полости и подземные выработки	ЭП; ВЭЗ; ВЭЗ ВСП; расходометрия, резистивиметрия, газовоэманационная съемка	МОГТ; сейсмоакустическое просвечивание; радиоволновое просвечивание; гравиразведка; георадиолокация
Погребенные останцы и локальные переуглубления в скальном основании	МОГТ; ВЭЗ; ВЭЗ МДС; ЭП; гравиразведка, магниторазведка; газовоэманационная съемка	ДЭМП; сейсмическое просвечивание; георадиолокация

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Льды и сильнольдистые грунты	ЭП; ВЭЗ; ВЭЗ МДС; МПВ; различные виды каротажа	ВЭЗ ВП; ДЭМП; ЧЭМЗ; микромагнитная съемка, гравиразведка
Межмерзлотные воды и талики	ЭП; ВЭЗ МДС; термометрия	ПС; ВЭЗ ВП
Изучение гидрогеологических условий		
Глубина залегания уровня подземных вод	МПВ; ВЭЗ	ВЭЗВП
Глубина залегания, мощность линз соленых и пресных вод	ЭП; ЭП МДС; ВЭЗ; резистивиметрия	ВЭЗ МДС; ВЭЗ ВП; ЧЭМЗ; расходометрия
Динамика уровня и температура подземных вод	Стационарные наблюдения ВЭЗ; МПВ; нейтрон-нейтронный каротаж (НН); термометрия	
Направление, скорость движения, места разгрузки подземных вод, изменение их состава	Резистивиметрия; расходометрия; метод заряженного тела (МЗТ); ПС; ВЭЗ	Термометрия; спектрометрия
Загрязнение подземных вод	ВЭЗ; резистометрия	ПС
Изучение состава, состояния и свойств грунтов		
Скальные: пористость и трещиноватость, статический модуль упругости, модуль деформации, временное сопротивление одноосному	Различные виды каротажа, МПВ; сейсмоакустическое просвечивание; ВСП; лабораторные измерения удельных электрических сопротивлений (УЭС) и скоростей упругих волн	ВЭЗ

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

сжатию, коэффициент отпора, напряженное состояние		
Песчаные, глинистые и пылеватые, крупнообломочные: влажность, плотность, пористость, модуль деформации, угол внутреннего трения и сцепление	Различные виды каротажа, ВСП	МПВ; сейсмическое просвечивание; лабораторные измерения УЭС и скоростей упругих волн
Песчаные и глинистые мерзлые: влажность, льдистость, пористость, плотность, временное сопротивление одноосному сжатию	Различные виды каротажа; ВСП; лабораторные измерения УЭС и скоростей упругих волн	ВЭЗ; ВЭЗ МДС
Коррозийная активность грунтов и наличие блуждающих токов	ВЭЗ; ЭП; ПС; лабораторные измерения плотности поляризующего тока; регистрация блуждающих токов	
Изменение напряженного состояния и уплотнения грунтов	МП В; ВСП; сейсмическое просвечивание; различные виды каротажа; резистивиметрия в скважинах и водоемах; гравиметрия	Регистрация естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИ-ЭМПЗ); ПС; эманационная съемка
Оползни	МПВ; ЭП; ВЭЗ; различные виды каротажа	ПС; режимные наблюдения акустической эмиссии; магнитные марки; эманационная съемка; ЕИЭМПЗ

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Карст	ВЭЗ МДС; ЭП; ПС; МПВ; ОГП; различные виды каротажа; резистивиметрия в скважинах и водоемах; гравиметрия	ВЭЗ; ВЭЗ ВП; МЗТ; эманационная съемка
Изменение мощности слоя оттаивания, температуры и свойств мерзлых грунтов	ВЭЗ; ЭП; МПВ; ВСП; различные виды каротажа	ПС;ЧЭМЗ
Сейсмическое микрорайонирование территории	МПВ; ВСП; гамма-гамма каротаж (ГГ); регистрация слабых землетрясений, взрывов	Регистрация сильных землетрясений, регистрация микросейсмичности, определение характеристик затухания и поглощения сейсмических волн в грунтах

Для обеспечения достоверности и точности интерпретации результатов геофизических исследований измерения проводят на контрольных участках, на которых осуществляют изучение геологической среды с использованием таких работ, как бурение скважин, проходки шурфов, зондирования, с определением характеристик грунтов в полевых и лабораторных условиях.

Все геофизические методы, применяемые в дорожном строительстве, можно разделить на следующие: сейсмоакустические, электроразведочные, радиолокационные, радиоизотопные и другие.

Сейсмоакустические методы основаны на изучении распространения в различных грунтах упругих волн, вызванных взрывами или ударами. Различные грунты характеризуются разной скоростью прохождения сейсмических волн, зависящей от состава, пористости, влажности, структуры и напряженно-деформированного состояния грунта.

Принцип действия метода заключается в следующем: на поверхности земли создается искусственное землетрясение (удар). Сейсмические волны, проходя через разные слои по глубине, испытывают отражение и преломление. Часть падающей волны отражается от отражающей границы и возвращается к дневной поверхности. Фиксируя время *t*, прошедшее с момента возбуждения упругого сигнала до момента возвращения полезной отраженной волны, и, зная скорость распространения сейсмических волн в грунте и, легко рассчитать глубину залегания опорного горизонта H:H = u´t/2. Важной характеристикой упругих свойств грунтов является акустическая жесткость *g*, представляющая собой

произведение скорости распространения сейсмических волн в породе u на ее плотность r, то есть g = u´r. Отраженные сейсмические волны возникают только на тех границах, которые различаются по акустической жесткости, т.е. при условии, что $u_1´r_1 \# u_2´r_2$.

Для грунтов, расположенных выше уровня грунтовых вод, скорость прохождения упругих волн не превышает 1200 м/с (почвенные слои 300-900 м/с, плотные глины 600-1200 м/с). Ниже уровня грунтовых вод скорость выше (крупные пески 1000-2000 м/с, глины 1200-1500 м/с и гравий 1500-1800 м/с).

Из оборудования для сейсморазведки наибольший интерес представляет полностью автоматизированная 96-канальная сейсмическая станция "Горизонт", которая позволяет фиксировать информацию в цифровом виде на магнитном носителе. Успешно применяют и передвижную сейсмическую станцию "Поиск-1" на автомобиле ГАЗ-69. ФГУП «Росстройизыскания» успешно провело испытания и подготовило к серийному выпуску сейсморазведочную станцию «Диоген-24».

Инженерная сейсморазведка изучает особенности строения самой верхней части геологического разреза от нескольких метров до глубины 50 м. В связи с чем, сейсмоакустический метод с успехом применяют для выявления оползневых массивов, при исследованиях мощности торфяных отложений и рельефа дна болота, для определения уровня грунтовых вод и обнаружения карстовых полостей, а также для установления мощности многолетнемерзлых грунтов.

Однако применение сейсмоакустического метода для линейных изысканий геологических и гидрогеологических условий трасс автомобильных дорог малоэффективно из-за низкой его производительности, в то время как для небольших и сложных участков трасс (карстовые, оползневые участки и т.д.), а также территории (например, под карьеры, производственные базы или транспортные развязки) площадью 1-2 км^2 сейсмоакустический метод может оказаться незаменимым.

Электроразведка. Суть методов электроразведки заключается в том, что а геологической среде с помощью питающих электродов возбуждается постоянное или низкочастотное переменное поле, а с помощью приемных электродов измеряют разность потенциалов в грунтовой среде между приемными электродами. По разности потенциалов, току, размерам установки электродов вычисляют на соответствующей глубине сопротивление грунта, по которому судят и о его виде. Как правило, удельные сопротивления различных видов грунтов сильно отличаются (табл. 6.13), что и позволяет по результатам измерений определять вид грунта.

Таблица 6.13.

Удельные сопротивления различных видов грунтов

Вид грунта или горной породы	Удельное сопротивление, Ом/м
Глины	0,1-10
Суглинки	10-100
Пески водонасыщенные	100-1000
Пески засоленные	0,1-10
Известняки, песчаники, глинистые сланцы	10-1000
Аргиллиты, алевролиты, мергели	10-100
Граниты, сиениты, диабазы, базальты	100-100000

В зависимости от схемы размещения питающих и приемных электродов различают электропрофилирование (изменение геологических слоев по длине трассы в пределах изучаемой толщи) или электрозондирование (геологический разрез по глубине) грунтов.

При изысканиях трасс автомобильных дорог прибегают к методу электрического зондирования. Электрозондирование проводят через 100-300 м по трассе с разносами электродов не свыше 100 м.

Из всех рассмотренных схем электроразведки методом электропрофилирования с заземленными установками (комбинированное, дипольное, симметричное, электропрофилирование методом срединного градиента и т. д.) наиболее производительным и эффективным для изыскания границ участков с различными гидрогеологическими условиями является метод срединного градиента, который позволяет охватывать при измерениях большие площади без переноса питающих электродов. При электропрофилировании методом срединного градиента следует принимать разнос питающих электродов в пределах AB = 50-100 м, а приемных MN = 1-3 м, что позволяет фиксировать удельное сопротивление грунта до глубины 5-10 м, при выполнении же изыскательских работ в зимний период возникают сложности с забивкой электродов, поэтому в этом случае целесообразно применять методику бесконтактного измерения электрического поля с

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

незаземленной полупетлей или прямоугольной петлей. Для бесконтактных методов электроразведки целесообразно использовать аппаратуру ЭРА-625. Область применения бесконтактного метода такая же, как и у контактного метода срединного градиента.

Тем не менее и электроразведка может быть рационально использована на участках местности с небольшой площадью до 1-2 км^2 при изысканиях границ карьеров дорожно-строительных материалов, карстовых полостей, линз вечномерзлых грунтов, границ болотистых участков и обследовании площадок под производственные базы. При этом сначала методом электропрофилирования определяют в плане либо контуры полезной толщи в карьерах, либо границы смены подстилающих грунтов, а затем методом электрозондирования устанавливают геологические сечения в интересующих точках и разрезах.

Из электроразведочных приборов наибольший интерес представляют: автокомпенсатор электроразведочный АЭ-72 (электрозондирование и электропрофилирование при постоянном токе), аппаратура низкой частоты АНЧ-3 (для низкочастотного электрозондирования и электропрофилирования) и электроразведочная станция "Енисей" на автомобиле УАЗ. В полевых условиях аппаратура низкой частоты АНЧ-3, состоящая из стационарного и переносного генераторов, а также избирательного микровольтметра, показала себя достаточно стабильной к колебаниям влажности и температуры.

Из зарубежного опыта можно отметить выполнение электроразведочных работ с помощью переносного резистометра SYSCAL R1 (табл. 6.14) французской фирмы IRIS INSTRUMENTS. Французский резистомер положительно отличает возможность хранения сведений непосредственно в памяти прибора, а встроенная в нем подзаряжающаяся аккумуляторная батарея позволяет на протяжении нескольких дней производить до 1000 считываний по 10 сек каждое.

Таблица 6.14.

Электроразведочные аппараты низкой частоты

Техническая характеристика прибора	Наименование аппаратуры	
	АНЧ-3	SYSCAL R1
Рабочая частота, Гц	4,88	-

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Максимальная мощность генератора, Вт:		
стационарного	300	-
переносного	30	50
Максимальный ток генератора, А:		
стационарного	2	-
переносного	0,1	1
Максимальное напряжение генератора, В:		
стационарного	350	-
переносного	250	200-400
Нестабильность фиксированного значения тока, %	1	1
Измеряемое микровольтметром напряжение (разрешающая способность), мкВ	10-30000	1000
Погрешность измерения напряжения, %	3	1
Масса генератора, кг:		
стационарного	10	-
переносного	6	9,5
Масса микровольтметра, кг	3,5	-

Радиолокационные методы. Суть радиолокационных методов (чаще всего применяют - подповерхностная радиолокация) заключается в том, что радиолокационное устройство (георадар) при помощи антенны излучает электромагнитные волны, которые, распространяясь в грунте, отражаются от многочисленных границ пород с различными электрофизическими свойствами. Определенная часть энергии электромагнитной волны отражается, остальная часть, преломляясь, распространяется глубже до следующего отражающего горизонта, где происходит новый процесс отражения и преломления. Через некоторые промежутки времени начинают приходить сигналы, отраженные от границ геологических слоев. По скорости распространения сигнала и устанавливают тип

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

грунтов, глубину заложения тех или иных геологических слоев и фиксируют глубину залегания уровня грунтовых вод.

Сам георадар состоит из антенно-передающего, антенно-приемного модулей, блоков управления, отображения и регистрации. Антенно-передающие и антенно-приемные модули в процессе работы устанавливают на устройства передвижения и перемешаются по поверхности грунта по маршруту движения транспортного средства. Модули соединены с блоками управления, отображения и регистрации.

Вычислительный комплекс георадара построен на базе персонального компьютера. Регистрация информации осуществляется на магнитном носителе, визуальное отображение - на экране монитора с цветной индикацией радарограммы.

Ведущими зарубежными фирмами, занимающимися производством георадаров, являются GSSI (Нью Гемпшир, США), Sensor and Software Inc. (Канада), Era Technology (Великобритания), Mala (Швеция), Radar Systems (Латвия), OYO софогаПоп (Zondas) и Geozondas (Литва).

Компания GSSI выпускает георадары с маркировкой Sir systems с модификациями Sir systems -2, -2P, -3, 3R, 3I, -10A, -10H, -10B, 2000 и т.д.

Компания Sensor and Software производит новейшие георадарные системы ЕККО и Noggin различных модификаций.

Компания Radar Systems производит георадары «Зонд» различных модификаций. В настоящее время она выпускает георадар «Зонд-12С» с набором различных антенных блоков.

В России георадары «ЗОНД», «ГЕОН» и «ОКО» производит ООО «Логические системы» совместно с НИИ приборостроения (г. Жуковский), георадары «Грот» - НПО «Инфизприбор» (г. Троицк), георадары «Лоза» - институт механизированного инструмента ВНИИСМИ и георадары «Локас-2» - Правдинский завод радиорелейной аппаратуры.

Технические характеристики георадаров «ОКО», разработчики ООО «Логические системы» и НИИ приборостроения г. Жуковский сведены в табл. 6.15, георадаров «Грот» - в табл. 6.16, георадаров «Sirsystems» - в табл. 6.17, георадара «Зонд-12С» - табл. 6.18.

Таблица 6.15.

Технические характеристики георадаров «ОКО»

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Антенный блок	Параметры георадара		
	Центральная частота, МГц	Глубина зондирования, м	Разрешающая способность, м
АБД	25-100	30	0,5-2,0
АБ-150	150	12	0,35
АБ-250	250	8	0,25
АБ-400	400	5	0,17
АБ-500	500	4	0,12
АБ-700	700	3	0,1
АБ-900	900	2	0,07
АБ-1200	1200	1	0,05

Таблица 6.16.

Технические характеристики георадаров «Грот»

Характеристики среды	Глубина зондирования, м	Разрешение по глубине, м	Разрешение по горизонтали, м
Пресноводный лед	250	0,1	0,5
Известняк	>60	0,1	0,5

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Сухой песок	>50	0,1	0.5
Влажный песок	25	0,1	0.5
Глина	8	0,1	0.5

Таблица 6.17.

Технические характеристики георадаров «Sir systems»

Модель	Глубина зондирования, м	Центральная частота, МГц	Габариты, см	Вес, кг
5100	до 0.50	1500	3,8´10´16,5	1,8
4108	до 1	1000	60´22´19	5,0
3101D	до 1	900	8´18´33	2,3
5103	до 3	400	30´30´20	4,6
5106	до 9	200	60´60´30	20
3207AP	до 15	100	25´96´200	28
Suberho-70	до 25	70	120´15´26	4
Suberho-40	до 35	40	200´15´26	5
3200MLF	до 40	16,20,35,40,80	120-600	17-25

Таблица 6.18.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Технические характеристики георадаров «Зонд-12С»

Антенная система	Размеры, см	Вес, кг
2000 МГц	27´13´13	1,5
1000 МГц	30´20´17	4,0
900 МГц	43´22´4	2
500 МГц	69´32´4	4
300 МГц	98´52´4	10
28-150	-	3-6

Достоинствами применения георадаров в инженерно-геологических изысканиях являются: универсальность, позволяющая определять георадарами загрязнение почв, поиск карстовых воронок и пустот под автомобильными и железными дорогами, обнаружение пластиковых и металлических труб, кабелей и других объектов коммунального хозяйства, определение утечек из нефте- и водопроводов, установление границ залежей полезных ископаемых, определение мест захоронения экологически опасных отходов и т.д.;

высокая производительность работ, достигающая в трудных условиях грунтово-гидрогеологических изысканий автомобильных дорог (залесенные участки, пересеченная местность и т.д.) до 3 км в смену, а в легких условиях (открытая местность, равнинные участки и т.д.) до 30 км в смену;

практически доступный диапазон частот 15-2500 МГц соответственно для глубин зондирования 1-40 м, незначительная потребляемая мощность 4-36 Вт;

небольшая численность обслуживающего персонала, составляющая в зависимости от условий местности 1-3 человек;

большая разрешающая способность (фиксируется малая мощность геологических слоев толщиной 4-8 см) и малая погрешность при выполнении измерений, не превышающая 3%;

возможность применения георадаров как в зимнее, так и в летнее время практически при любых погодно-климатических условиях (диапазон температур от -30 до +50 °С), на любых грунтах (ледники, торфы, пески, глины и т.д.);

малая масса и относительно небольшие габариты приборов, которые обусловливают большую маневренность в случае использования георадаров при ручной транспортировке, а также совместно с вездеходами или малогабаритными автомобилями;

представление полученной информации в цифровом (электронном) виде.

Метод подповерхностной радиолокации является наиболее приемлемым для геологической и гидрологической разведки трасс автомобильных дорог, но в то же время он может быть использован и на небольших территориях для обследований точечных объектов.

Радиоизотопные методы. Принцип действия радиоизотопных экспресс-методов заключается в излучении на заданных грунтовых горизонтах быстрых нейтронов или гамма-квантов и регистрации потоков медленных нейтронов или рассеянных гамма-квантов, образующихся в результате взаимодействия с электронами атомов вещества среды.

Радиоизотопные приборы позволяют определять на различных глубинах изменение влажности (например, поверхностно-глубинный влагомер ВПГР-1) и плотности (например, поверхностно-глубинный плотномер ППГР-1) песчаных и глинистых грунтов в полевых условиях, а также измерять одновременно плотность и влажность грунтов (например, влагоплотномер РВПП-1).

Работа ВГПР-1 основана на зависимости потока медленных нейтронов от объемного содержания в почвах и грунтах водорода, входящего преимущественно в состав воды. При этом поток медленных нейтронов является результатом упругого рассеяния потока быстрых нейтронов ядрами водорода контролируемой среды. В качестве источника быстрых нейтронов используется плутониево-бериллевый источник, а детектора медленных нейтронов - высокоэффективный гелиевый газоразрядный счетчик. Переход от количества зарегистрированных в единицу времени электрических импульсов к влажности контролируемой среды осуществляется при помощи градуировочного графика.

Основные технические характеристики нейтронных влагомеров приведены в табл. 6.19.

Таблица 6.19.

Технические характеристики нейтронных влагомеров

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Тип влагомера	Основная погрешность прибора, % объемной влажности	Схема измерений	
ВПГР-1	1-100	Не более 2,5 % (в диапазоне 1-50 %); не более 4,0 % (в диапазоне 50-100 %)	Глубинная
УР-70	3-100	Не более 2,5 % (в диапазоне 3-50 %); Не более 4 % (в диапазоне 50-100 %)	Глубинная

Работа ППГР-1 основана на зависимости потока рассеянных гамма-квантов от плотности грунта. Так вокруг источника гамма-излучения, помещенного в почву или грунт, образуется "облако" рассеянных гамма-квантов, как результат комптоновского взаимодействия с электронами атомов вещества среды, причем количественно такое взаимодействие определяется плотностью вещества контролируемой среды. В приборе использован источник гамма-излучения с изотопом цезий. В качестве детектора гамма-излучения применен монокристалл NaJ в блоке с электронным фотоумножителем. Плотность грунта определяется по количеству зарегистрированных в единицу времени электрических импульсов также при помощи градуировочного графика.

Основные технические характеристики радиоизотопных плотномеров приведены в табл. 6.20.

Таблица 6.20.

Технические характеристики радиоизотопных плотномеров

Тип плотномера	Диапазон измерений, кг/м^3	Основная погрешность прибора, кг/м^3	Схема измерений
ППГР-1	600-2500	50	Глубинная, поверхностная
УР-70	800-2500	50	Глубинная

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

РПП-2	1000-25000	40	Поверхностная комбинированная
РПП-1	500-1500	30	Поверхностная

Приборы, которые позволяют измерять одновременно плотность и влажность грунтов, получили название влагоплотномеры. Их основные технические характеристики представлены в табл. 6.21.

Таблица 6.21.

Основные технические характеристики влагоплотномеров

Тип влагоплотномера	Диапазон измерений		Основная погрешность		Схема измерений	
	Влажности, %	Плотности, кг/м^3	Влажности, %	Плотности, %, кг/м^3	Влажности	Плотности
РВПП-1	1-30	1000-2500	2,5	3,0%	поверхностная	Поверхностная, комбинированная
МАК-80	0-60	1400-2300	2,0 (в диапазоне 1-25 %); 5,0 (в диапазоне 25-60 %)	50,0 кг/м^3	Глубинная	
ПИКА-14	1-100	800-2400	2,5	50,0 кг/м^3	Глубинная	
ЛСК-1К	2-100	800-2500	3,0	3 % при доверительной вероятности 0,95	Глубинная	

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Из зарубежного оборудования известен гаммаденсиметр МС-3 фирмы VECTRA (Франция), который дает точные данные о плотности и влажности грунтов и строительных материалов на глубине 20-30 см. В прибор встроены два источника радиоактивности: цезий 137 (Cs 137) для измерения плотности и америций 241-бериллий (Am 241-Be) для измерения влажности.

Однако наряду с высокой точностью и стабильностью в работе при применении радиоизотопных приборов, сдерживающими факторами являются обязательное предварительное бурение скважин для последующего зондирования и укладки в них обсадных труб, а также невозможность выполнения измерений на глубинах ниже уровня грунтовых вод.

На основе обобщения вышеизложенного материала можно заключить, что существующие геофизические методы и аппаратура позволяют получать исходную информацию для достоверного описания геологических и гидрогеологических условий местности. При использовании современных геофизических приборов можно сократить трудозатраты на инженерные геологические и гидрогеологические изыскания (например, участка автомобильной дороги протяжением 10 км до 100 чел.-смен), но в то же время получить исходную информацию в широкой полосе варьирования трассы, значительно превышающей ширину полосы отвода.

6.8. Камеральная обработка и представляемые материалы

Камеральную обработку полученных материалов осуществляют в процессе производства полевых работ (текущую, предварительную), а после их завершения и выполнения лабораторных исследований - окончательную камеральную обработку и составление технического отчета или заключения о результатах инженерно-геологических изысканий.

Текущую обработку материалов необходимо производить с целью обеспечения контроля за полнотой и качеством инженерно-геологических работ и своевременной корректировки программы изысканий в зависимости от получаемых промежуточных результатов изыскательских работ.

В процессе текущей обработки материалов изысканий осуществляют систематизацию записей маршрутных наблюдений, просмотр и проверку описаний горных выработок, разрезов естественных и искусственных обнажений, составление графиков обработки полевых исследований грунтов, каталогов и ведомостей горных выработок, образцов грунтов и проб воды для лабораторных исследований, увязку между собой результатов отдельных видов инженерно-геологических работ (геофизических, горных, полевых исследований грунтов и др.), составление колонок горных выработок, предварительных инженерно-геологических и гидрогеологических карт и пояснительных записок к ним.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В результате полевой камеральной обработки представляют:

полевую пояснительную записку с указанием объема выполненных работ, кратким описанием инженерно-геологических условий строительства проектируемой дороги, предварительными рекомендациями по обеспечению устойчивости земляного полотна на отдельных неблагоприятных участках (болота, оползни, карсты и т.д.);

ведомость полевых лабораторных испытаний грунтов и анализов воды;

графики пенетрационных испытаний грунтов;

ведомости образцов грунтов, направляемых в стационарную лабораторию;

планы топографической съемки с нанесенными выработками отдельных сложных мест индивидуального проектирования, а также характерные геолого-литологические разрезы;

планы и предварительные геолого-литологические разрезы мостовых переходов;

продольные грунтовые профили по трассам вариантов или по выбранному варианту;

предварительную инженерно-геологическую карту полосы варьирования с нанесением выявленных месторождений строительных материалов и резервов грунтов;

цифровую модель геологии и гидрогеологии в полосе варьирования трассы;

полевые журналы, колонки скважин, фотоснимки и видеоматериалы.

При окончательной камеральной обработке производят уточнение и доработку представленных предварительных материалов (в основном по результатам лабораторных исследований грунтов и проб подземных и поверхностных вод), оформление текстовых и графических приложений и составление текста технического отчета о результатах инженерно-геологических изысканий, содержащего все необходимые сведения и данные об изучении, оценке и прогнозе возможных изменений инженерно-геологических условий, а также рекомендации по проектированию и проведению строительных работ в соответствии с требованиями СНиП 11-02-96, предъявляемыми к материалам инженерных изысканий для строительства на соответствующем этапе разработки документации. Наряду с вышеперечисленным, представляют уточненный продольный профиль по трассе, инженерно-геологические паспорта мест индивидуального проектирования земляного полотна, мостовых переходов и путепроводов, строительных площадок, месторождений строительных материалов и грунтов, намеченных к

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

использованию, а также цифровые и математические модели геологических и гидрогеологических условий местности под строительство.

При графическом оформлении инженерно-геологических карт, разрезов и колонок условные обозначения элементов геоморфологии, гидрогеологии, тектоники, залегания слоев грунтов, а также обозначения видов грунтов и их литологических особенностей следует принимать в соответствии с ГОСТ 21.302-96 (ГОСТ 21.302-96. Условные графические обозначения в документации по инженерно-геологическим изысканиям).

ГЛАВА 7. ИНЖЕНЕРНО-ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТОВ

7.1. Состав инженерно-гидрометеорологического обоснования проектов

Основными задачами инженерно-гидрометеорологических обоснований проектов являются:

определение характеристик гидрометеорологических условий района изысканий для выбора трассы автомобильной дороги; обоснование выбора типа переходов через водотоки;

обоснование количества и местоположения водопропускных сооружений;

подготовка исходных данных для обоснования генеральных размеров водопропускных сооружений на водотоках, подходов к ним, регуляционных и укрепительных сооружений, а также для проектирования системы поверхностного водоотвода.

В состав работ, выполняемых при инженерно-гидрометеорологических обоснованиях проектов автомобильных дорог и мостовых переходов, входят:

сбор, анализ и обобщение данных о гидрометеорологических условиях района проектирования на основе картографических, фондовых, архивных, литературных данных и материалов изысканий прошлых лет;

инженерно-гидрологическое обследование малых водосборов, пересекаемых трассой дороги, для проектирования малых водопропускных сооружений;

инженерно-гидрологическое обследование пересекаемых средних и больших водотоков для проектирования мостовых переходов;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

обследование существующих водопропускных сооружений, расположенных вблизи проектируемых;

камеральная обработка материалов полевых инженерно-гидрометеорологических обследований;

гидрологические расчеты малых водопропускных сооружений;

гидравлические расчеты малых водопропускных сооружений;

гидравлические расчеты отверстий малых мостов;

гидрологические расчеты мостовых переходов;

морфометрические расчеты мостовых переходов;

гидравлические и русловые расчеты, обосновывающие генеральные размеры сооружений мостовых переходов;

подготовка отчетной документации.

В зависимости от типа дорожного сооружения и его конструкции различают следующие виды инженерно-гидрометеорологических обоснований.

Гидрометеорологическое обоснование малых водопропускных сооружений (труб, малых мостов, переливаемых и фильтрующих сооружений и т.д.) заключается, главным образом, в определении максимальных (расчетных) расходов и объемов стока ливневых и талых вод.

Гидрометеорологическое обоснование мостовых переходов сводится к определению следующих основных характеристик водотока: характерных расчетных уровней (высокой воды - $РУВВ_{р}$%, наинизшей межени - НУВМ, высокого ледохода - РУВЛ, низкого ледохода - РУНЛ, уровня первой подвижки льда (УППЛ), судоходного - РСУ и т.д.); расчетных расходов воды - $Q_{р}$%; уклонов свободной поверхности - $I_{б}$; скоростей течения на поймах и в русле $V_{пб}$ и $V_{рб}$; распределение расхода между руслом и поймами -

$$\tau = \frac{Q_{рб}}{Q};$$

данных о ледовом, ветровом и волновом режимах, карчеходе, русловом процессе, судоходстве и т.д.

Гидрометеорологическое обоснование земляного полотна автомобильных дорог на не подтопляемых участках местности заключается, главным образом, в определении господствующего направления ветров и ожидаемой (расчетной)

толщины снегового покрова. Конструкцию земляного полотна на подтопляемых участках назначают на основании данных о расчетных уровнях воды (с учетом подпора), скоростях течения, волнобое, ледоходе и карчеходе.

Гидрометеорологическое обоснование системы поверхностного водоотвода автомобильных дорог заключается, главным образом, в определении максимального стока ливневых вод с поверхности полотна дороги и прилегающих с верховой стороны участков местности.

Морфометрические, гидравлические и русловые расчеты генеральных размеров различных типов Дорожных сооружений рассмотрены в соответствующих разделах Справочной энциклопедии.

7.2. Технология инженерно-гидрометеорологических изысканий

Инженерно-гидрологические изыскания для разработки проектов автомобильных дорог и мостовых переходов осуществляют в три этапа: подготовительный, полевой и камеральный. Инженерно-гидрологические изыскания проводят с учетом наличия и размещения сети опорных станций и постов гидрометеослужбы России с использованием материалов многолетних наблюдений.

В подготовительный период инженерно-гидрологических изысканий выполняют следующие работы:

изучают, анализируют и обобщают материалы гидрометеорологических изысканий, выполненных на предшествующих стадиях проектирования;

осуществляют сбор, систематизацию и обработку материалов многолетних наблюдений Гидрометеослужбы России по станциям и водомерным постам в районе проектирования объекта, которые могут быть привлечены для его гидрометеорологического обоснования. Сбору и обработке подлежат результаты многолетних наблюдений за характерными уровнями, расходами воды, скоростями течения, продольными уклонами свободной поверхности, расходами руслоформирующих наносов, толщинами снега и льда, осадками за различные интервалы времени, скоростями и направлениями ветров, ходом температур воздуха;

осуществляют изучение района изысканий на основе картографических, фондовых, литературных и архивных данных, а также материалов изысканий прошлых лет, выполненных другими организациями.

В процессе изучения этих материалов должны быть собраны сведения: о геоморфологических особенностях района изысканий; гидрологических, метеорологических условиях и размерах существующих водопропускных и других

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

гидротехнических сооружений, характеристике и условиях судоходства и сплава, сети станций и постов Гидрометеослужбы России в районе изысканий. На основе изучения собранных материалов составляют задание и программу выполнения инженерно-гидрологических изысканий.

Состав и технология **полевых инженерно-гидрологических изысканий** несколько различны при традиционном и автоматизированном проектировании. Эти различия связаны, прежде всего, с объемом собираемой в поле информации и используемыми для этих целей техническими средствами. Если при традиционном проектировании сбор гидрометеорологической информации приурочен к конкретной трассе или створу (створам), то при автоматизированном проектировании в период изысканий положение трассы или конкретных створов перехода еще не известно и гидрометеорологическая информация должна быть собрана в пределах полосы размещения (варьирования) конкурентных вариантов трассы. Это обстоятельство накладывает определенные особенности на технологию и используемые технические средства сбора информации.

Однако независимо от принятой в каждом конкретном случае технологии проектно-изыскательских работ, в полевой период надлежит выполнять следующие работы:

рекогносцировочные обследования вдоль оси предполагаемой трассы либо в пределах полосы варьирования. Рекогносцировочные обследования могут быть наземными и аэровизуальными. Использование аэровизуальных обследований является обязательным при изысканиях на полосе варьирования для системного автоматизированного проектирования. Основными задачами рекогносцировочных обследований является выбор пригодных мест перехода через большие водотоки и выбор конкурентных направлений трассы с учетом гидрометеорологических особенностей района изысканий либо уточнение границ полосы варьирования при автоматизированном проектировании. В результате рекогносцировочных обследований уточняют программу и состав полевых работ;

обследование малых водосборов по всем вариантам трассы на пересечениях водотоков. При системном автоматизированном проектировании большую часть необходимой информации о водосборах получают камеральным путем с использованием аэрофотоснимков, крупномасштабных планов и цифровых моделей местности (ЦММ) на полосе варьирования. Комплекс работ, выполняемых на этой стадии, следующий: установление мест пересечений логов и малых водотоков; определение положений водоразделов и геоморфологических характеристик бассейнов; морфометрические работы; определение высоких уровней паводков прошлых лет; определение уклонов логов на расстоянии размеров ожидаемого распространения пруда и уклонов свободной поверхности на малых водотоках; определение характеристик ледохода, карчехода и образования наледей; определение характеристик формирования максимального стока на малых водосборах (залесенности, заболоченности, озерности, почвенно-грунтовых

условий, искусственной зарегулированности и т.д.); выполнение топографических съемок для проектирования малых водопропускных сооружений; выявление ожидаемых изменений гидрологических и гидравлических условий в течение расчетного срока службы сооружений в результате антропогенных изменений характеристик водосборов; обследование существующих искусственных сооружений;

гидрологические обследования больших и средних водотоков. В ходе изысканий больших и средних мостовых переходов через водотоки выполняют следующий комплекс полевых работ: установление рациональных вариантов трассы мостовых переходов с учетом судоходства, лесосплава, ледохода и карчехода; разбивку и съемку морфостворов и гидростворов, размещаемых, как правило, по оси перехода; проведение краткосрочных водомерных наблюдений для установления связи уровней по оси перехода с опорным водомерным постом с длительным периодом непрерывных наблюдений; измерение уклонов свободной поверхности, скоростей течения и расходов; определение уровней исторических паводков по следам на местности и путем опроса старожилов; сбор данных по судоходству, лесосплаву, волнообразованию, ледоходу и карчеходу; сбор данных по характеристикам руслового процесса; выполнение топографических и русловых съемок для проектирования подходов, мостов, регуляционных и укрепительных сооружений; выявление ожидаемых изменений гидрологических, гидравлических и русловых условий в течение расчетного срока службы мостового перехода; обследование существующих искусственных сооружений, расположенных вблизи проектируемого мостового перехода.

Следует иметь в виду, что при системном автоматизированном проектировании гидрометеорологическую информацию о больших и средних водотоках собирают в переделах довольно широкой полосы варьирования при отсутствии конкретных створов перехода. Поэтому в таких случаях обязательным является использование высокопроизводительных и точных методов сбора информации: аэрокосмических съемок различного назначения; методов аэрогидрометрии; наземной стереофотограмметрии; электронной тахеометрии; цифровой фотограмметрии; лазерного сканирования; наземно-космических съемок с использованием систем спутниковой навигации «GPS», ультразвукового эхолотирования и т.д.

В камеральный период выполняют следующий комплекс работ:

обработка результатов обследования малых водосборов;

подготовка крупномасштабных планов и ЦММ малых водосборов;

определение расчетных максимальных расходов и объемов стока ливневых и талых вод, а при автоматизированном проектировании - расчетных гидрографов стока;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

обработка материалов водомерных, морфометрических и гидрометрических работ с построением водомерных графиков, кривых связей уровней и расходов, продольных профилей реки, морфостворов, кривых скоростей и расходов, планов течений и траекторий судов и т.д.;

определение характерных уровней воды и расходов расчетной вероятности превышения;

определение характеристик судоходства, лесосплава, ледохода и карчехода;

определение характеристик руслового процесса (тип руслового процесса, количественные показатели, измеренные расходы наносов и т.д.);

обработка результатов обследований существующих искусственных сооружений;

подготовка крупномасштабных планов и ЦММ при автоматизированном проектировании.

7.3. Морфометрические работы

При изысканиях мостовых переходов выполняют, как правило, морфометрические работы, дополняя их в необходимых случаях данными гидрометрических работ. Морфометрические работы обычно выполняют в межпаводочный период. На основании морфометрических работ определяют количественные соотношения между морфометрическими и гидравлическими характеристиками русла и пойм, а также другие необходимые для проектирования данные.

Морфометрические работы служат для определения гидрологического режима водотоков и русловых характеристик и включают в себя:

выбор и съемку морфостворов; определение характерных уровней, скоростей течения и расходов воды;

построение продольного профиля реки;

определение типа руслового процесса и его расчетных параметров;

обследование существующих водопропускных сооружений и получение гидрологических данных о водотоке.

Предварительно морфостворы выбирают по крупномасштабным картам или аэрокосмическим снимкам, располагая их нормально к предполагаемому

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

направлению руслового и пойменных потоков. Для этого в ряде случаев назначают ломаные створы.

На обследуемом участке водотока морфостворы разбивают с целью решения следующих задач:

определения распределения расчетного расхода между элементами речной долины (рустом и поймами);

определения уровней, скоростей течения и расходов воды;,

построения интегральных кривых расходов при расчетах групповых отверстий;

построения профиля свободной поверхности потока при уровне расчетной вероятности превышения.

Во всех случаях главным является морфоствор, расположенный непосредственно в месте перехода. Дополнительные морфостворы (если они необходимы) размещают выше и ниже оси перехода.

Морфостворы при изысканиях больших мостовых переходов снимают, выполняя обычный комплекс полевых геодезических работ при линейных изысканиях: вешение морфоствора, закрепление, разбивка пикетажа, двойное нивелирование и т.д., с привязкой в плановом и высотном отношении к трассе мостового перехода.

Морфостворы на средних и малых мостовых переходах обычно снимают теодолитами методом тригонометрического нивелирования и привязывают в плановом и высотном отношениях к трассе мостового перехода. При автоматизированном проектировании морфостворы обычно снимают методами аэрокосмической либо наземной фотограмметрии, а также наземно-космическими методами с использованием систем спутниковой навигации «GPS».

Границами размещения морфостворов являются высоты (отметки) земли, превышающие на 1-3 м наивысшие расчетные уровни воды.

При съемках морфостворов снимают прилегающую ситуацию по 100 м в каждую сторону от оси с описанием ситуационно-морфологических особенностей строения русел и пойм, выделяя: пойменные озера, староречья, протоки и т.д.; характеристики пойменной растительности; характеристики грунтов, слагающих русло и поймы; границы участков морфоствора с различными гидравлическими сопротивлениями.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Расчеты морфостворов выполняют в соответствии с рекомендациями, изложенными в п. 16.3. Образец оформления профиля морфоствора представлен на рис. 7.1.

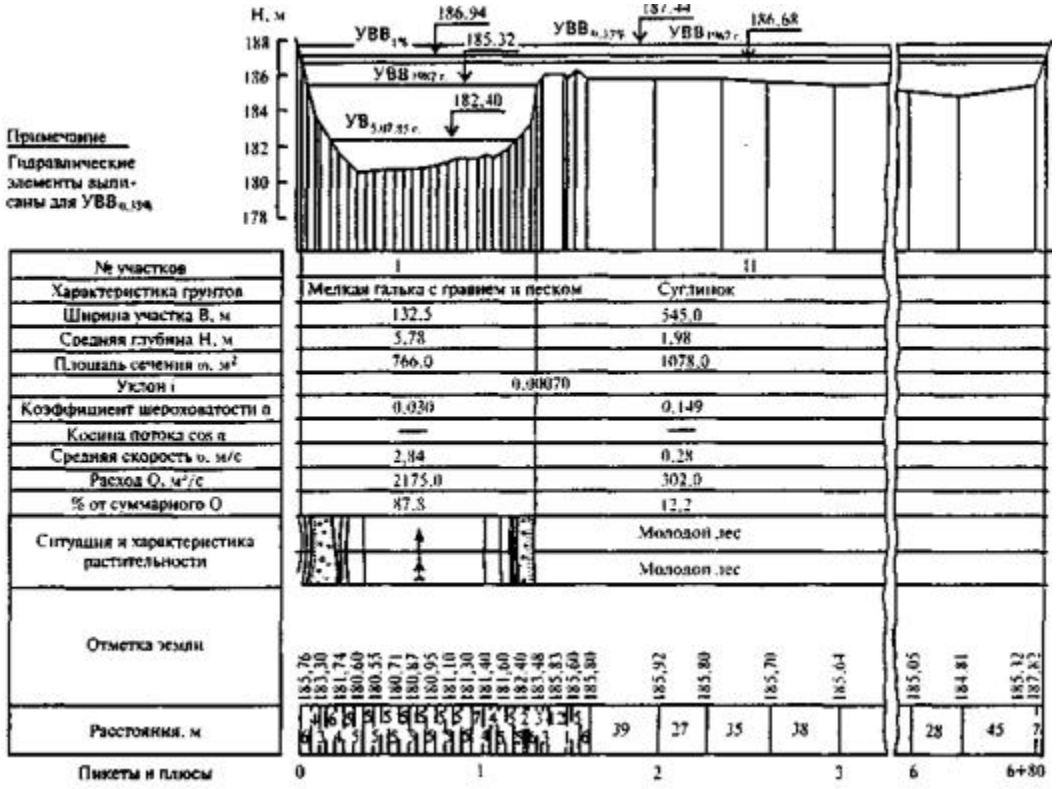


Рис. 7.1. Профиль морфоствора

Характерные уровни воды в месте перехода устанавливают по данным многолетних наблюдений на ближайших к оси перехода водомерных постах Гидрометеослужбы России с перенесением их на ось перехода по кривым связи водомерных постов, по уклонам свободной поверхности потока, методом аналогии, опросом старожилов и по следам на местности. Наиболее надежными являются данные многолетних наблюдений за уровнями и расходами на водомерных постах Гидрометеослужбы России, перенос которых на ось перехода осуществляют с использованием кривых связей соответственных уровней и расходов, построенных по результатам краткосрочных водомерных наблюдений и измерений уровней, скоростей и расходов воды по оси главного морфоствора, выполняемых в период изысканий.

Уровни высокой воды УВВ прошедших выдающихся паводков устанавливают также по данным опроса старожилов, охватывая возможно большее их число на обеих берегах реки, выбирая надежные места показаний высоких уровней: стены домов, ступени крылец, колодцы, бани, погреба, отдельно стоящие деревья и т.д. При отсутствии населенного пункта вблизи мостового перехода, а также в

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

сомнительных случаях уровни высоких паводков определяют по следам на местности, к которым относят: наносник (обломки тростника, пучки трав, ветки, ил и т.д.) на стволах и ветвях деревьев; отложения наносов или следы нефти; следы «загара» на скальных берегах; следы подмыва крутых берегов; границы распространения пойменной растительности и т.д.

Точки уровней высокой воды УВВ, показанные старожилами и установленные по следам на местности, фиксируют соответствующими знаками и привязывают в высотном и плановом отношении к оси мостового перехода. При этом крайне важным является установление даты (года) прохода соответствующего выдающегося паводка.

Чтобы определить уклоны свободной поверхности, необходимые при выполнении морфометрических расчетов, снимают продольный профиль по руслу реки. Для этой цели:

снимают продольный профиль реки по урезным кольям в русле. При изысканиях в период паводков профиль свободной поверхности снимают несколько раз при различных уровнях на разных фазах паводка (на подъеме, на пике и на спаде паводка);

промеряют глубины по фарватеру;

определяют высоты (отметки) бровок берегов и пониженных участков современных прирусловых валов;

на продольный профиль наносят: линии свободной поверхности и берегов; точки УВВ, установленные по данным опроса старожилов и по следам на местности; положение створа перехода, морфостворов. водопостов и существующих искусственных сооружений; линию свободной поверхности по точкам УВВ.

Протяженность съемки продольного профиля реки устанавливают, руководствуясь следующими соображениями: необходимостью охвата нескольких плесов и перекатов в зависимости от размера водотока; возможностью включения опорных водомерных постов Гидрометеослужбы России и существующих искусственных сооружений при относительно близком их расположении к оси мостового перехода; возможностью учета подпора от материнской реки, либо заторных уровней, приуроченных к определенным участкам русла; необходимостью охвата точек УВВ, зафиксированным по данным опроса старожилов или по следам на местности и т.д.

Пример оформления продольного профиля реки представлен на рис. 7.2.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

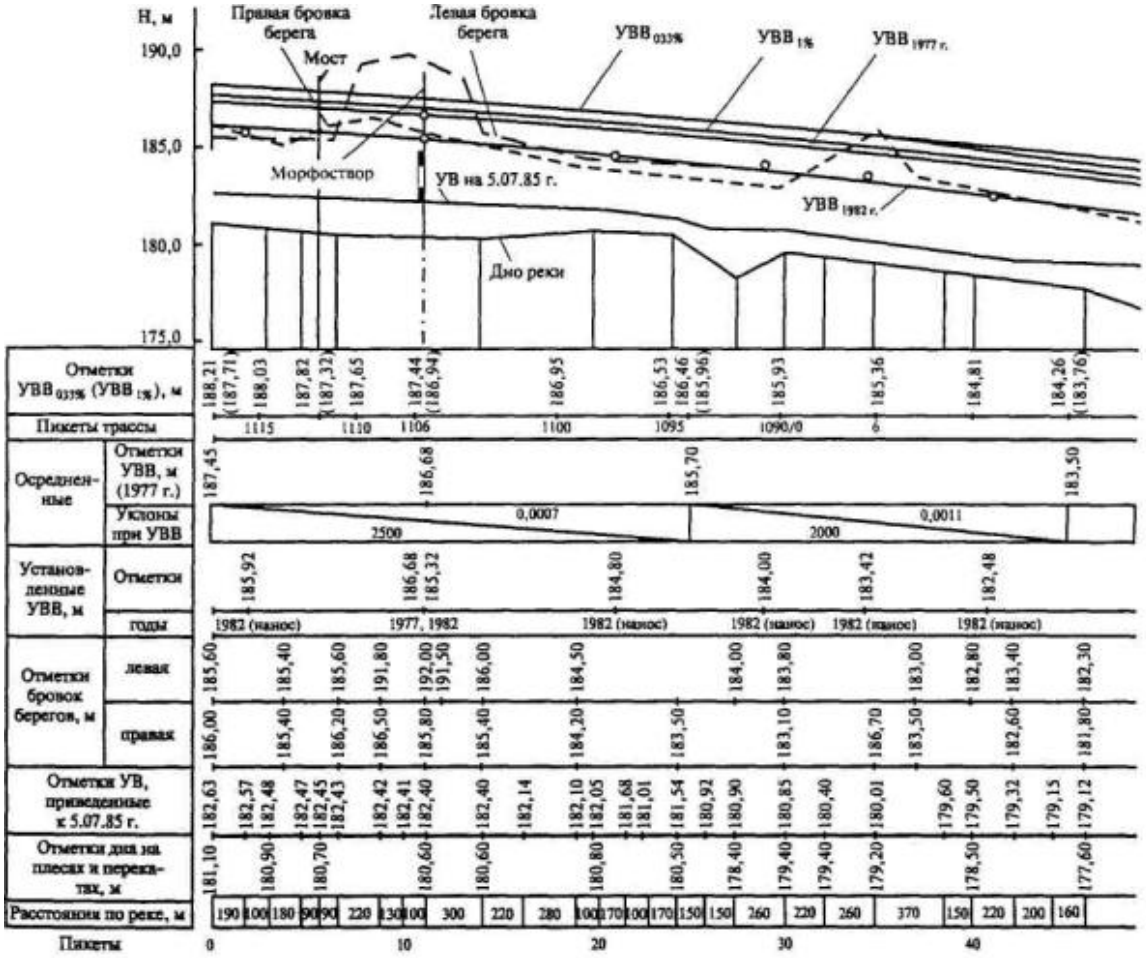


Рис. 7.2. Продольный профиль реки

Тип руслового процесса и его расчетные параметры устанавливают на основе морфометрического обследования русел и пойм рек, данных русловых съемок, материалов аэросъемок, топографических планов и карт, а также лоцманских карт за разные годы.

Целью морфометрического обследования существующих сооружений (малых мостов и труб, мостовых переходов, некапитальных плотин, переходов коммуникаций и т.д.) являются: учет при проектировании опыта эксплуатации существующих мостовых переходов; учет взаимодействия проектируемого и существующих сооружений при близком их расположении; оценка вредного влияния проектируемого сооружения на другие сооружения и объекты (например, оценка возможного размыва попадающих в зону влияния проектируемого мостового перехода существующих переходов коммуникаций; учет экстремальных расчетных Условий при проектировании (например, учет последствий прорыва расположенной выше перехода плотины некапитального типа); сбор дополнительных данных о гидрологическом режиме водотока, природных

Деформациях русел, а также данных об общих и местных размывах под существующими мостами и т.д.

Морфометрические обследования существующих инженерных сооружений осуществляют с использованием как традиционных геодезических методов, так и современных методов наземной стереофотограмметрии, цифровой фотограмметрии, лазерного сканирования, а также наземно-космических съемок с использованием систем спутниковой навигации «GPS».

7.4. Гидрометрические работы

Гидрометрические работы на мостовых переходах позволяют получать следующую информацию о водотоке: данные об изменениях уровней воды в течение года и за многолетний период; данные о скоростях течения и расходах потока в целом для всего сечения долины реки и для характерных его частей, данные о геометрических характеристиках потока (площадях живых сечений, ширине, глубине и уклонах свободной поверхности); данные о характеристиках руслового процесса. В связи с этим гидрометрические работы подразделяют на следующие: водомерные наблюдения (измерение уровней воды и уклонов свободной поверхности речного потока); промеры глубин; измерение скоростей, направлений течения и расходов; измерение твердого стока (расходов наносов).

Гидрометрические работы выполняют в два этапа.

До начала паводка:

выбор, разбивку, закрепление и съемку гидростворов. Устройство в случае необходимости тросовых перетяжек;

устройство и геодезическую привязку водомерных постов;

сооружение вышек для поплавковых наблюдений и наблюдений за траекториями льдин, судов и плотовых составов;

производство подводной съемки меженного русла;

измерение толщин льда.

В период паводка выполняют:

водомерные наблюдения на водомерных постах (наблюдения за изменениями уровней воды);

измерения мгновенных уклонов свободной поверхности потока;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

измерения скоростей течения и вычисление расходов воды;

измерения поверхностных скоростей и направлений течения поплавками, наблюдения за траекториями льдин, судов и плотовых составов;

промеры глубин (подводную съемку русла);

измерения твердого стока (расходов влекомых и взвешенных руслоформирующих наносов).

Изыскательские партии, выполняющие комплекс морфометрических и гидрометрических работ, должны быть снабжены плавучими средствами: весельными и моторными лодками, а на больших реках - катерами и понтонами. Должны иметь необходимый парк геодезических и гидрометрических приборов. При этом по возможности в изыскательских партиях целесообразно иметь светодальномеры, электронные тахеометры, приемники спутниковой навигации «GPS», современные фототеодолитные комплекты, лазерные сканеры, эхолоты, электронные скоростемеры, приборы геофизической разведки и т.д.

Для изучения гидрологического, гидравлического и руслового режима рек проводят регулярные наблюдения за изменениями уровней воды, определяют уклоны рек, измеряют скорости и направления скоростей течения, определяют расходы воды и расходы твердого стока (руслоформирующих наносов), измеряют толщины льда и т.д.

На участке изысканий мостового перехода, как правило, устраивают не менее трех водомерных постов. Один из них размещают по оси моста, а два других (для определения уклонов свободной поверхности) располагают выше и ниже от оси на расстояниях, в зависимости от уклона реки, не менее:

Уклон, ‰.....0,05 0,06 0,08 0,10 0,20 0,30 0,50 0,80 1,5 и более

Расстояние, км.....5,5 4,1 2,7 2,0 0,9 0,5 0,3 0,2 0,1

Указанные расстояния обеспечивают измерение уклона свободной поверхности с точностью до 10 % при измерении уровней воды с точностью до 1 см.

Если в створе проектируемого мостового перехода на излучине меандрирующей реки имеет место разность уровней воды на противоположных берегах более 2 см, то устанавливают по три водомерных поста на каждом берегу.

На реках со сложной свободной поверхностью воды (горные, блуждающие реки, реки с широкими поймами и при наличии поперечного уклона) количество и размещение водомерных постов определяют в зависимости от местных условий.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

При этом, если направление течения на пойме отличается от течения в главном русле, то по концам обследуемого участка реки на поймах устанавливают водомерные посты реечного типа

Различают водомерные посты:

свайные на беспойменных нескальных берегах рек (рис. 7.3);

реечные на поймах, в руслах при сравнительно небольшой амплитуде колебания уровней воды или на скальных берегах;

свайно-реечные на высоких пойменных берегах.

Водомерные посты размещают в местах, не подверженных размывам, навалу льдин, вне заводей, при отсутствии волнобоя, подпоров и обратных течений и т.д., по возможности на берегах с откосами 1:5 - 1:2.

Водомерные посты устраивают обязательно до начала паводка.

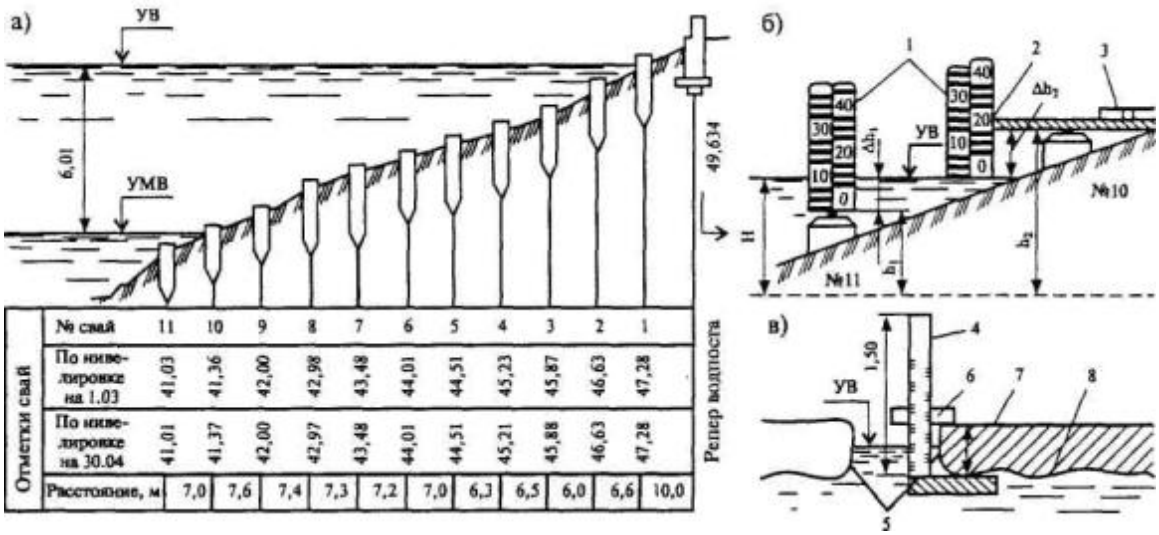


Рис. 7.3. Схема свайного водомерного поста:
а - свайный водомерный пост; б - схема промеров; в - определение толщины льда:
1 - водомерные рейки; 2 - линейка; 3 - уровень; 4 - ледомерная рейка; 5 - лунка; 6 - индекс; 7 - поверхность льда; 8 - нижняя кромка льда

Свайный водомерный пост состоит из ряда свай, забитых в створе, перпендикулярном урезу воды (см. рис. 7.3, а). Для устройства свайных водомерных постов используют железобетонные призматические мостовые сваи заводского изготовления, обрезки рельсов или деревянные сваи из прочного дерева, которые забивают в грунт ниже глубины сезонного промерзания. На торцах свай записывают их номера, при этом счет ведут сверху вниз от первой сваи.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Последнюю сваю устанавливают ниже уровня наименьшей межени. Превышения между торцами соседних свай не должны быть больше 0,5 м, при этом сами сваи не должны возвышаться над поверхностью земли более чем на 0,25 м.

При измерениях уровней воды на свайных водомерных постах используют переносные рейки с сантиметровыми делениями, которые нередко изготавливают ромбического поперечного сечения для лучшего обтекания водой на течении.

Реечный водомерный пост представляет собой рейку с сантиметровыми делениями и прямой оцифровкой длиною 2-3 м, укрепляемую на опоре моста, а на пойменных участках на стволе дерева или на забитой в грунт деревянной свае. Для этой цели часто используют обычные цельные 3-х метровые нивелирные рейки.

Для непрерывной автоматической фиксации колебаний уровней воды иногда применяют специальные автоматические приборы - ламниграфы, записывающие результаты измерений на магнитные носители информации.

При устройстве водомерного поста, для контроля неизменности положения реек или свай, вблизи него устанавливают репер, который закладывают по общим правилам устройства грунтовых реперов, обязательно в месте не подверженном затоплению в паводки. Реперы водомерных постов увязывают между собой и привязывают к пунктам государственной нивелирной сети двойным геометрическим нивелированием IV класса. Невязка разности суммы превышений между прямым и обратным нивелирными ходами не должна превышать

$f_h = \pm 20 \text{ мм}\sqrt{L}$, где L - длина двойного нивелирного хода, км.

Высоты нуля рейки и головок свай устанавливают двойным геометрическим нивелированием технической точности, которое производят дважды до и после прохода паводков.

Измерения уровней воды в период межени производят 2 раза в сутки (в 8 и 20 часов). Во время паводка количество измерений увеличивают до 4, 6, 12 или 24 раз в сутки в зависимости от скорости подъема или спада уровней.

Если наблюдения производят при волнении, то отсчеты по рейке берут дважды при набеге и откате волны, и за окончательный отсчет принимают среднее значение. Отсчеты заносят в специальный водомерный журнал и по окончании водомерных наблюдений строят графики изменения уровней воды (водомерные графики) $H = f(t)$ по всем водомерным постам.

При необходимости производства гидрометрических работ на местности разбивают и закрепляют гидрометрические створы (рис. 7.4).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Гидрометрические створы на местности трассируют теодолитом, разбивают пикетаж и снимают двойным геометрическим нивелированием. Створы закрепляют вехами по две на каждом берегу, а при широком разливе устанавливают дополнительные вехи на поймах. По результатам съемки гидрометрического створа строят его профиль (см. рис. 7.4).

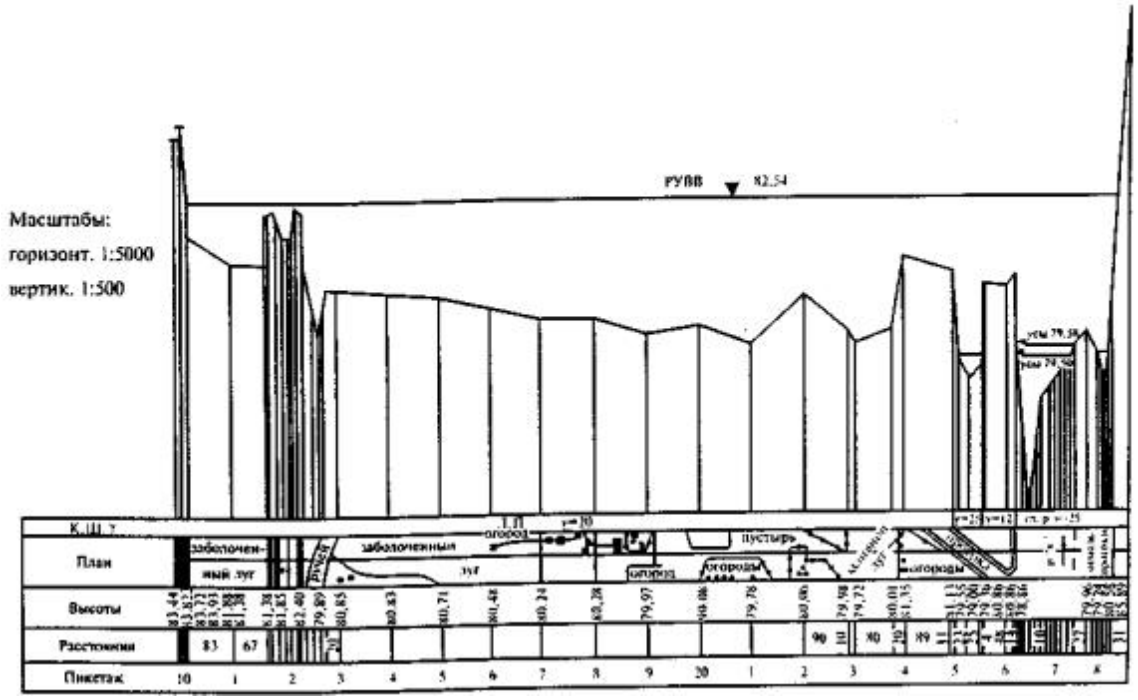


Рис. 7.4. Гидрометрический створ

На заросших поймах прорубают просеки шириной 5-6 м для свободного плавания лодок в ходе производства гидрометрических работ. На гидростворах намечают и закрепляют промерные вертикали плавающими вехами (рис. 7.5, а) или створными знаками (рис. 7.5, б).

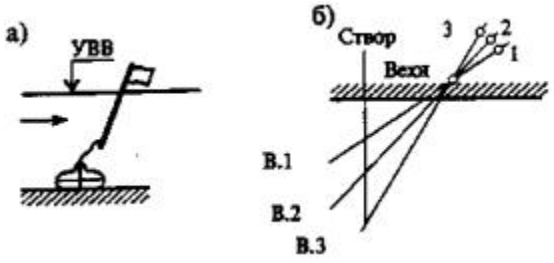


Рис. 7.5. Схемы закрепления промерных вертикалей:
а - плавающими вехами; б - створными знаками

Число промерных вертикалей в руслах рек устанавливают в зависимости от ширины русла:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Ширина русла, м. Число вертикалей

До 100.....5

100 - 300.....7

300 - 600.....9

600 - 1000.....11

Более 1000.....13 (Но не реже, чем через 200 м).

Число промерных вертикалей на поймах назначают также в зависимости от их ширины, но не реже чем через 200 м.

Съемку русел рек, каналов и водохранилищ производят с целью последующего проектирования различных гидротехнических инженерных сооружений (в том числе и мостовых переходов).

Плановое обоснование съемок русел создают методами триангуляции, трилатерации и полигонометрии, высотное - геометрическим нивелированием III, IV классов и техническим нивелированием.

Вдоль рек и каналов прокладывают теодолитно-нивелирные ходы с разбивкой пикетажа. При ширине реки свыше 800 м теодолитные ходы прокладывают по обеим берегам.

Плановое обоснование съемок водохранилищ разбивают способами триангуляции и трилатерации (линейной триангуляции). Триангуляцию используют также для обоснования съемок рек и каналов, при этом вершины треугольников располагают по обеим берегам (см. рис. 5.8, в).

Нивелирные ходы закрепляют грунтовыми реперами, устанавливаемыми в среднем через 2-3 км.

Для составления плана береговой линии рек и водохранилищ выполняют тахеометрическую съемку. При этом съемочные точки размешают таким образом, чтобы с них хорошо просматривалась береговая линия, которую затем снимают. На реках снимают также прирусловой вал по бровкам русла. Наиболее производительной и эффективной такая съемка оказывается при использовании электронных тахеометров.

Измерение глубин речного русла дает возможность построить план дна реки в горизонталях или изобатах. При наличии плана пойм в горизонталях и плана дна

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

русла можно составлять поперечные сечения долины реки по любому интересующему проектировщиков створу.

Промеры глубин, как правило, производят с весельных или моторных лодок. В зависимости от характера реки используют три способа подводных съемок: по поперечникам при сравнительно небольших скоростях течения (рис. 7.6, а), косыми галсами при средних скоростях течения (рис. 7.6, б) и продольными галсами при больших скоростях и глубинах реки (рис. 7.6, в).

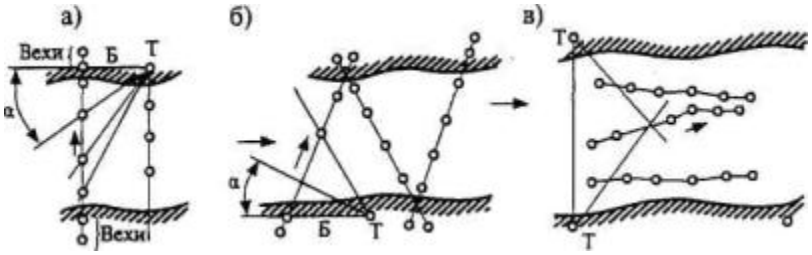


Рис. 7.6. Схемы промеров глубин рек:
а - поперечниками; б - косыми галсами; в - продольными галсами

Первые два способа применяют при небольшой ширине водного зеркала, когда лодку можно устанавливать в конкретных створах, а ориентирование ее осуществлять визуально по створным вехам, установленным на берегах. Расстояния между промерами глубин не должны быть более 1/10 ширины русла. Фактически во многих случаях фиксируют значительно большее число промерных точек.

Промеры по поперечникам выполняют прямыми угловыми засечками положения лодки теодолитом со съемочной точки на берегу, положение которой выбирают так, чтобы угол между промерным створом и направлением от лодки на теодолит составлял порядка 30-50°. Лодку устанавливают в промерном створе по береговым створным вехам. Наблюдатель в лодке подает сигналы флажком о производимых промерах наблюдателю у теодолита, который считывает углы по горизонтальному кругу теодолита. Расстояния между поперечниками принимают не более половины ширины русла реки (см. рис. 7.6, а). На сравнительно нешироких реках промеры нередко ведут, передвигая лодку по натянутому поперек реки размеченному тросу.

Промеры по косым галсам выполняют после расстановки на берегах специальных поворотных и створных вех, позволяющих перемещать лодку по практически прямым линиям, ориентируясь по береговым вехам. Промеры при этом ведут непрерывно, а теодолитом фиксируют положение каждой десятой промерной точки. Промежуточные промерные точки распределяют на равных расстояниях между зафиксированными теодолитом (см. рис. 7.6, б).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

При широком водном зеркале, в частности при промерах во время паводков, когда ориентирование лодки по береговым створным вехам становится затруднительным или невозможным, подводную съемку осуществляют продольными галсами (лодка при этом не управляется, а перемещается только силой течения реки). Для фиксирования положения лодки прямыми угловыми засечками требуется наличие на берегах уже двух теодолитов (см. рис. 7.6, в).

Для всех трех способов подводных съемок русел рек целесообразно использовать электронные тахеометры. На лодке устанавливают отражатель, а засечки ведут с одной точки полярным способом в режиме работы электронного тахеометра - «Слежение».

Еще более эффективным является использование Для определения положения лодки многоканальных приемников систем спутниковой навигации "GPS", устанавливаемых на лодке и фиксирующих ее положение в режиме реального времени, с записью координат на магнитные носители информации (дискеты).

При отсутствии ультразвуковой аппаратуры промеры глубин до 3-4 м осуществляют наметкой, а свыше 3-4 м - лотом.

Наиболее производительно и эффективно можно производить измерения глубин с применением эхолотов, принцип действия которых состоит в определении глубин по времени прохождения ультразвукового импульса от излучателя до дна реки и обратно. В последние годы для этой цели используют портативный эхолот «Язь», модернизированный инж. Ю.М. Митрофановым и позволяющий измерять глубины от 0,8 до 40 м (рис. 7.7).

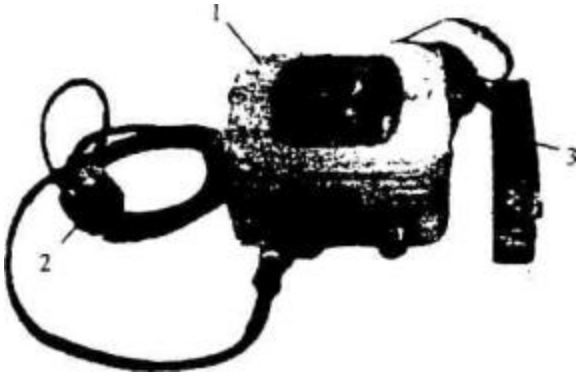


Рис. 7.7. Портативный эхолот "Язь "

Запись глубин осуществляется на непрерывно перемещающуюся ленту в виде продольного профиля дна реки по маршруту следования лодки - батиграммы (рис. 7.8).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

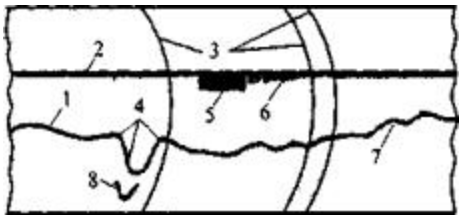
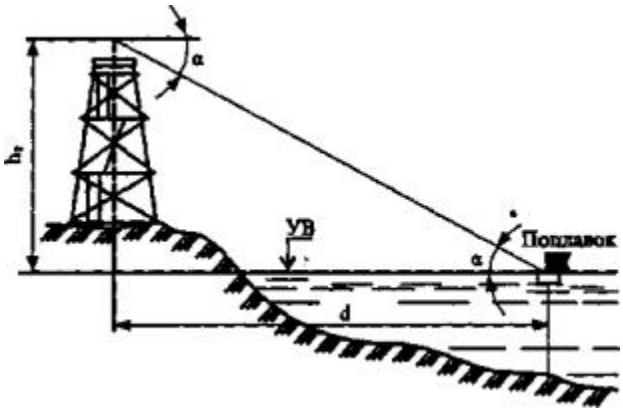


Рис. 7.8. Батиграмма эхолота:
1 - линия записи дна; 2 - линия поверхности воды; 3 - отметки промерных точек в момент теодолитной засечки; 4 - характерные точки дна; 5 и 6 - толщины льда соответственно 20 и 40 см; 7 - отсутствие отраженного сигнала (недостаток усиления); 8 - кратный сигнал, отраженный от дна при неправильной регулировке усиления (избыток усиления)

Модернизированный эхолот «Язь» обеспечивает фиксацию на батиграмме положения промерных створов в момент теодолитной засечки. Эхолот позволяет производить промеры глубин зимой со льда при ледяном покрове толщиной до 1 м, но не менее безопасной толщины для производства работ. При промерах глубин со льда в месте измерения на лед наливают немного воды и на смоченную поверхность устанавливают вибратор.

Глубины с батиграммы снимают с помощью палетки в виде круговой кривой с радиусом, равным радиусу движения пера эхолота при записи на ленту.

При обработке материалов промерных работ определяют линейную невязку, которую находят из сравнения общей длины промерного створа и той же длины, полученной суммированием расстояний между промерными точками. При измерениях скоростей течения для последующего вычисления коэффициентов шероховатости, расходов воды и выполнения гидравлических расчетов, а также для определения направлений течений для правильного размещения оси сооружения нередко используют наиболее простой и дешевый одноточечный поплавковый способ измерения скоростей течения. Его основным недостатком является зависимость точности измерений от погодных условий.



Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Рис. 7.9. Схема засечек поплавков одноточечным способом

Определение направлений и измерения поверхностных скоростей течения воды в реке одноточечным способом осуществляют с помощью поплавков с засечками их приблизительно через равные интервалы времени по вертикальному и горизонтальному кругам теодолита, устанавливаемому на специальной вышке или на высоком крутом берегу (рис. 7.9). Одновременно при производстве засечек берут отсчеты по секундомеру.

Поплавки изготавливают из дерева в виде круглого диска диаметром около 25 см и толщиной порядка 5 см. В центре диска укрепляют стержень высотой до 15 см с белым флажком. В ветреную погоду для придания поплавку большей устойчивости к нему прикрепляют небольшой груз.

При расстояниях от теодолита до поплавков более 1 км применяют поплавки треугольной формы при длине каждой из сторон по 0,5 м. В вершинах треугольных поплавков устанавливают стержни высотой 15-20 см с разноцветными флажками.

При сильном ветре поплавковые измерения скоростей течения не производят.

Поплавковые измерения производят в количестве:

двух во время ледохода с засечками плывущих льдин;

двух на подъеме паводка;

двух на пике;

трех-четырех на спаде паводка до межени.

Длину участка поплавковых наблюдений принимают:

при ширине русла до 200 м .....0,5-1 км

-"- до 500 м.....1-2 км

-"- свыше 500 м.....2-3 км

Участок наблюдений выбирают таким образом, чтобы 2/3 его протяженности располагалось выше оси сооружения и 1/3 ниже. Число траекторий поплавков в русле при одном цикле измерений должно быть не менее:

при ширине русла до 200 м.....7-9 траекторий

-"- до 500 м.....9-11 -"-

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

-"- до 1000 м.....11-13 -"-

свыше 1000 м.....13-15 -"-

Траектории размещают равномерно по ширине потока. На открытых поймах количество траекторий назначают в зависимости от местных условий.

Максимальные интервалы времени между засечками поплавков назначают в зависимости от принятого масштаба поплавкового планшета и поверхностной скорости течения и лежат в пределах от 120 до 20 секунд.

Определение положения поплавков производят способом полярных координат по горизонтальному углу *j*, отсчитываемому от створа засечного пункта (вышки) и расстоянию от центра вышки до поплавка *d* (см. рис. 7.9), которое определяют по формуле:

$$d = \frac{h_T}{tg\alpha \pm I \sin \varphi},$$ где

(7.1)

h_T - высота прибора над рабочим уровнем воды в створе вышки;

а - вертикальный угол;

j - горизонтальный угол между створом засечного пункта и направлением на поплавок;

I - продольный уклон свободной поверхности потока.

В формуле (7.1) знак минус применяют для поплавков ниже засечного створа, а плюс - выше створа.

Высоту рабочего уровня воды вычисляют как среднее значение высот уровней в начале и конце наблюдений.

Измерения скоростей течения гидрометрическими вертушками (рис. 7.10) или электронными скоростемерами производят на строго закрепленных промерных вертикалях (см. рис. 7.5) в тех случаях, когда уровень воды в реке меняется быстро и ширина ее велика. В остальных случаях можно устанавливать лодку в гидрометрическом створе по береговым створным вехам, не закрепляя определенных вертикалей, а положение лодки на створе определять теодолитом угловой засечкой.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

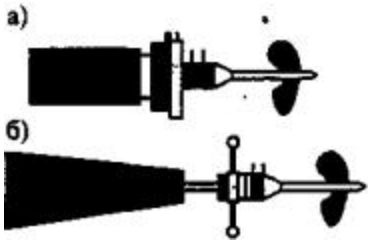


Рис. 7.10. Типы гидрометрических вертушек:
а - штанговая; б - подвесная (тросовая)

Измерения скоростей гидрометрическими вертушками или электронными скоростемерами ведут шеститочечным или пятиточечным способами. При шеститочечном способе измерения скоростей на каждой промерной вертикали ведут: у поверхности воды на 0,2 - 0,4 - 0,6 - 0,8 глубины и у дна (при пятиточечном способе точку на 0,4 глубины исключают). При незначительных глубинах число промерных точек на вертикали уменьшают: так при глубине потока на вертикали от 1 до 3 м - до трех (поверхность, 0,6 глубины, дно), при глубине менее 1 м - до одной (0,6 глубины). Вертушку или скоростемер опускают на тросе с помощью гидрометрической лебедки, а при глубинах до 3 м - на штанге.

По результатам измерения скоростей на каждой промерной вертикали строят эпюры скоростей (рис. 7.11).

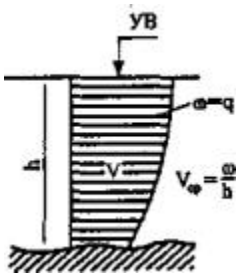


Рис. 7.11. Нормальная эпюра скоростей на промерной вертикали

По площади такой эпюры *w* определяют элементарный расход *q* и среднюю скорость течения $V_{ср}$ на каждой промерной вертикали, используемые в последующих гидравлических расчетах. Невязку распределяют пропорционально измеренным расстояниям.

Поскольку промерный процесс занимает определенный отрезок времени, уровни воды в реке за это время могут измениться, поэтому уровни фиксируют на водомерных постах по меньшей мере дважды - перед началом и по окончании промерных работ. Если эти уровни различаются более чем на 2 см, то необходимо вводить поправки к результатам измерения глубин с тем, чтобы привести измерения глубин к одному моменту времени.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

7.5. Аэрогидрометрические работы

Учитывая исключительную ценность данных гидрометрических наблюдений на реках для разработки проектов, а также высокую стоимость этих работ, их многодельность и приуроченность к периоду прохождения паводков на водотоке, особую значимость при производстве гидрометрических работ приобретает применение аэрометодов (Шумков И.Г. Речная аэрогидрометрия. - Л.: Гидрометеоиздат, 1982. - 208 с).

Аэрофотосъемка позволяет оперативно определять скорости и направления течений, расходы воды, высоты уровней, направления судовых ходов и направления льдин (Пособие по изысканиям и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки: ПМП-91 (к СНиП 2.05.03-84. Мосты и трубы)/ ПКТИТС. - М., 1992. - 413 с). Аэрофотосъемку для получения натурных гидрометрических данных применяют на реках с шириной русла более 100 м.

Летно-съемочные гидрометрические работы выполняют в пасмурные дни с высокой сплошной облачностью. В солнечную погоду аэрогидрометрические работы целесообразно проводить утром или вечером, когда солнечные блики не попадают в объектив аэрофотокамеры (АФА).

Перед началом летно-съемочных работ готовят сосуды с индикатором в количестве (7.2):

$N = 2 \cdot a \cdot n$, где

(7.2.)

a - число промерных точек (вертикалей) на створе наблюдений;

n - общее число измерений в период прохождения паводка.

Перед вылетом сосуды заполняют жидким индикатором и устанавливают в самолете или вертолете для последующего их сброса при измерениях скоростей.

Сосудом для индикатора служит бутыль емкостью 0,75 л с пластмассовой пробкой с отверстиями по окружности на верхней ее поверхности. Чтобы индикатор беспрепятственно выходил из бутыли, она должна занять на дне вертикальное положение, для чего к нижней ее части прикрепляют балласт.

Поверхностные скорости определяют на основе измерения по перекрывающимся аэрофотоснимкам смещения мелких, плывущих по течению реки предметов (специально пущенных поплавков, льдин, пены, щепок, струй индикатора и т.д.) (рис. 7.12).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

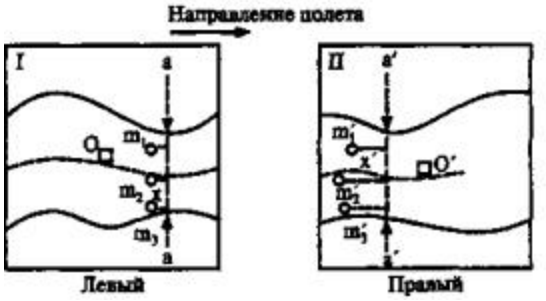


Рис. 7.12. Изображение поверхностных поплавков на смежных аэрофотоснимках I и II:
O, O' - главные точки снимков; m - точки, фиксированные индикатором; a-a и a'-a'- постоянный створ

Разность расстояний (*x*' - *x*) представляет собой смешение поплавков в масштабе аэрофотоснимков за интервал времени аэросъемки. Поверхностную скорость течения в данной точке речного потока определяют по формуле (7.3):

$$V_{пов} = \frac{(x'-x)H'_n}{\Delta t \cdot f_k},$$ где

(7.3)

H'_n- высота полета, м;

f_k - фокусное расстояние АФА, мм;

D*t* - интервал аэрофотосъемки, с.

Смещение поплавков на аэрофотоснимках под воздействием течения аналогично разности продольных параллаксов D*p*. При стереофотограмметрическом методе измерений поверхностную скорость (в м/с) определяют по формуле (7.4):

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$V_{пов} = \frac{\Delta p H_n}{\Delta t \cdot f_k},$$ где

(7.4)

D*p* - разность продольных параллаксов, мм.

Определение поверхностных скоростей таким способом возможно лишь в том случае, если в зоне взаимного перекрытия аэрофотоснимков изображены оба берега реки или какие-либо опорные точки (острова, бакены, буйки и т.д.). Точность определения поверхностных скоростей при таком способе составляет ± 0,05 м/с.

Определение расходов воды с помощью аэрофотосъемки основано на работе поплавков-интеграторов, представляющих собой жидкость, которая выливается из сосудов при соприкосновении их с дном. В зависимости от скорости всплытия поплавка $u_{под}$, глубины потока и средней скорости течения на вертикали поплавок появится на поверхности на расстоянии L_n от места его выпуска (рис. 7.13, а).

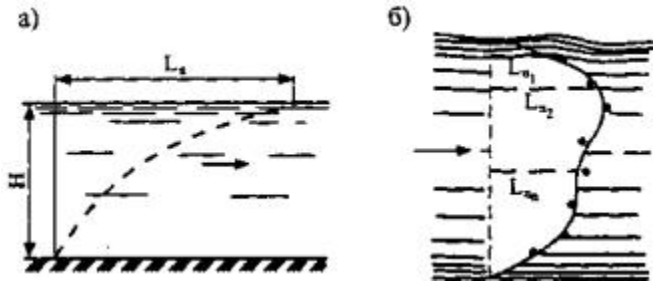


Рис. 7.13. Измерение расходов воды методом поплавков-интеграторов:
а - траектория выхода поплавка-интегратора на поверхность; б - эпюра элементарных расходов

Элементарный расход ($м^2/с$) на вертикали определится:

$q = 0{,}135 L_n.$

(7.5)

Если соединить кривой точки выхода поплавков на поверхность воды, можно получить эпюру элементарных расходов в масштабе аэрофотоснимка (рис. 7.13, б). Общий расход в заданном сечении находят, определив площадь этой эпюры.

Летно-съемочные работы при измерении расходов воды производят в следующей последовательности:

пролетают над створом наблюдений и сбрасывают сосуды с жидким индикатором;

фотографируют точки падения сосудов на поверхность воды;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

после набора самолетом заданной высоты через 3-4 минуты после сбрасывания поплавков вновь фотографируют исследуемый участок русла с тем, чтобы установить точки выхода индикатора.

Высоты уровней воды УВ устанавливают относительно репера, выбранного вблизи одного из урезов воды. Превышение между ними определяют на стереофотограмметрическом приборе. Высота уровня воды (7.6) определится как:

УВ = $H_{рп}$ + $h_{ср}$, где
(7.6)

$H_{рп}$ - высота репера;

$h_{ср}$ - среднее из нескольких измерений превышение между репером и урезом воды. Глубины в точках вертикалей находят при определении расходов воды поплавками-интеграторами по формуле (7.7):

$$h \approx 1{,}18\frac{q}{V_{пов}},$$ где
(7.7)

$V_{пов}$ - поверхностная скорость на вертикали.

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ. ОСНОВНЫЕ ПРОЕКТНЫЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 8. ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ГЕОМЕТРИЧЕСКИМ ЭЛЕМЕНТАМ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

8.1. Элементы плана автомобильных дорог

План трассы автомобильной дороги - это горизонтальная проекция оси дороги на плоскость.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

При традиционном проектировании плана автомобильных дорог переломы трассы в плане смягчают, вписывая в углы поворота круговые кривые (рис. 8.1), либо круговые кривые, сопряженные с прямыми участками трассы посредством вспомогательных переходных кривых (рис. 8.2). При этом непосредственно круговое закругление в плане без переходных кривых допускается при R > 3000 м для дорог I категории и при R > 2000 м - для дорог остальных категорий. Минимально допустимые значения радиусов кривых в плане нормируются СНиП (см. п.8, табл. 8.4).

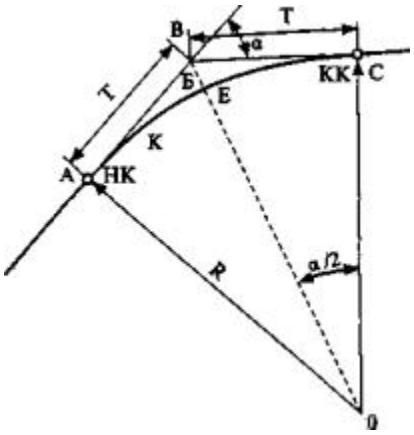


Рис. 8.1. Круговая кривая:
A - точка начала кривой (НК); B - вершина угла; C - точка конца кривой (КК)

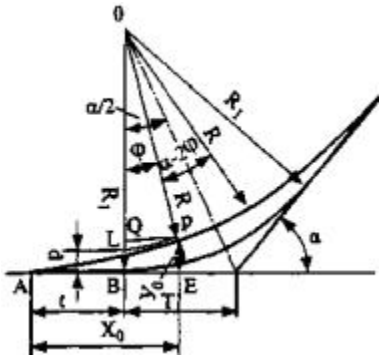


Рис. 8.2. Круговая кривая с вспомогательными переходными кривыми

При проектировании плана автомобильных дорог согласно требованию СНиП рекомендуется устраивать кривые с радиусами, как правило, не менее 3000 м, что обеспечивает безопасные условия движения автомобилей с расчетными скоростями. Основные элементы таких наиболее простых типов закруглений (см. рис. 8.1):

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$T = R\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}; \quad Б = R\left(\sec\frac{\alpha}{2} - 1\right); \quad K = R\frac{\pi\alpha}{180},$$ где

T - тангенс кривой;

Б - биссектриса кривой;

R - радиус круговой кривой;

а - угол поворота.

Между длиной трассы по тангенсам и по кривой существует следующая связь:

Д = 2*T* - *K*, где
(8.1)

Д - домер.

Основные элементы закруглений в плане с радиусами круговых, требующими сопряжения с прямыми участками трассы посредством вспомогательных переходных, представлены на рис. 8.2. При устройстве переходных вспомогательных кривых сокращается длина основной круговой кривой, при этом ее центральный угол a_0 будет меньше на величину 2*j*:

$$\alpha_0 = \alpha - 2\varphi, \quad \varphi = \frac{L}{2R},$$ где

j - угол между касательной в конце переходной кривой и тангенсом;

L - длина переходной кривой;

R - радиус круговой кривой.

Таким образом, для разбивки круговой кривой со вспомогательными переходными необходимо условие а ³ 2*j*.

При применении переходных кривых происходит сдвижка кривой в сторону ее центра на величину *p*:

$p = y_0 - R(1 - \cos j)$;

общая длина тангенса *T* при этом составит:

$T = T_1 + t$, где
(8.2)

x_0, y_0 - координаты точки конца переходной кривой (см. п. 8.8);

t - смещение начала закруглений после вписывания переходных кривых:

$t = x_0 - R \cdot \sin j$.

Биссектриса закругления

$$E = (R + p)\left(\sec\frac{\alpha}{2} - 1\right).$$

Общая длина кривой

$$K = 2L + K_0;\ K_0 = \frac{\pi R(\alpha - 2\varphi)}{180};$$ где
(8.3)

K_0 - длина круговой вставки.

Домер $Д$ определяют по формуле (8.1) соответственно со значениями T и K, определенными по формулам (8.2) и (8.3).

Разбивку круговых кривых, а также переходных кривых со вспомогательными переходными осуществляют на микрокалькуляторах либо с использованием специальных таблиц (Ксенодохов В.И. Таблицы для клотоидного проектирования и разбивки плана и профиля автомобильных дорог. - М.: Транспорт, 1981.).

8.2. Элементы поперечных профилей

Поперечный профиль - это сечение автомобильной дороги вертикальной плоскостью, перпендикулярной ее оси (рис. 8.3).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

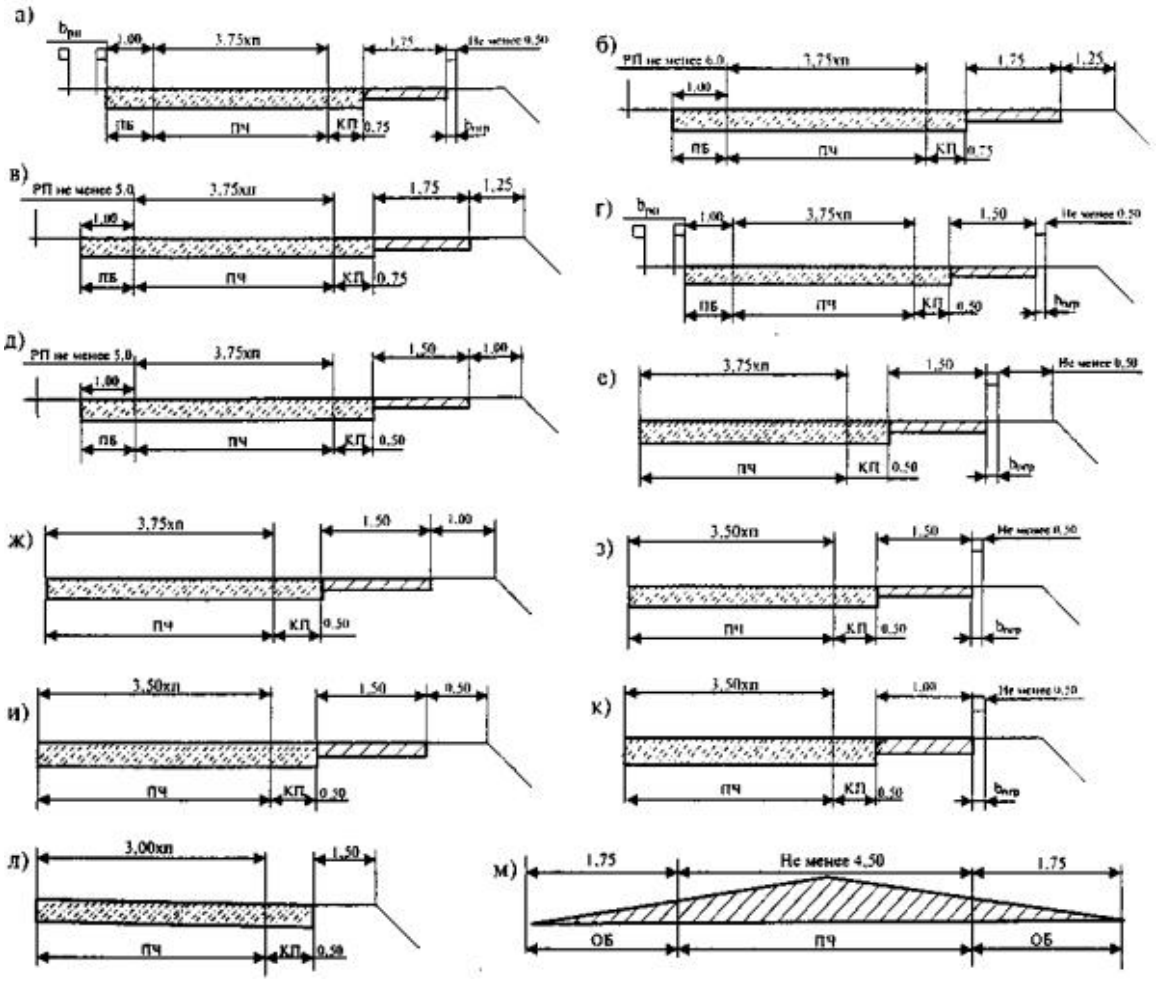


Рис. 8.3. Поперечные профили автомобильных дорог:
а - категории IA, IБ, IВ с ограждениями; б - категории IA, IБ без ограждений; в - категории IВ без ограждений; г - категории II с ограждениями при четырех полосах движения; д - категории IIбез ограждений при четырех полосах движения; е - категории Не ограждениями при двух полосах движения; ж - категории II без ограждений при двух полосах движения; з - категории III с ограждениями; и - категории III без ограждений; к - категории IV с ограждениями; л - категории IV без ограждений; м - категории V; РП - разделительная полоса; ПБ - краевая полоса у разделительной полосы; ПЧ - проезжая часть; КП - краевая полоса у обочины; *n* - число полос движения; $b_{рп}$ - ширина разделительной полосы; $b_{огр}$ - ширина ограждения с учетом требований ГОСТ 23475;

На верхней части земляного полотна можно выделить **проезжую часть (ПЧ)**, т.е. ту полосу, на которой устраивается дорожная одежда и осуществляется непосредственное движение автотранспорта. На автомагистралях проезжую часть устраивают раздельно для обеспечения движения автомобилей в каждом направлении, предусматривая сооружение между ними **разделительной полосы (РП)**.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

По бокам к проезжей части примыкают **обочины** - полосы земляного полотна, предназначенные для временной стоянки автомобилей, размещения дорожно-строительных материалов во время дорожных ремонтно-восстановительных работ и способствующие безопасности движения. Вдоль проезжей части на обочинах предусматривают **краевые полосы (КП),** предотвращающие разрушение кромок проезжей части и позволяющие полностью использовать для проезда проезжие части автомобильных дорог.

Для обеспечения стока с верхней части земляного полотна проезжей части и обочинам придают поперечные уклоны (обычно в обе стороны от оси дороги к бровкам земляного полотна). При устройстве виражей на закруглениях верхней части полотна автомобильных дорог придают односторонний поперечный уклон, направленный в сторону центра закруглений.

Проезжая часть и обочины примыкают к прилегающей местности правильно спланированными наклонными плоскостями - **откосами.** Крутизну откосов назначают в зависимости от высоты насыпи или глубины выемки из соображений незаносимости земляного полотна снегом, гармоничного сочетания его с прилегающим ландшафтом, обеспечения безопасности движения, устойчивости откосов, а также с учетом экономических требований. Откосы могут иметь переменную крутизну, при этом для обеспечения устойчивости на откосах высоких насыпей и глубоких выемок нередко устраивают полки (шириной 2-3 м) - **бермы.**

Для обеспечения минимально необходимого возвышения поверхности покрытия над уровнем поверхностных вод вдоль невысоких насыпей, а также в выемках устраивают боковые канавы - **кюветы**, предназначенные для осушения земляного полотна и быстрого отвода воды.

Все параметры поперечного профиля земляного полотна нормируются действующими нормативными документами. Ширину проезжей части, обочин, краевых полос, разделительных полос и ширину земляного полотна в целом назначают в зависимости от категории дороги (см. п. 8.4). Поперечные уклоны элементов поперечного профиля автомобильных дорог назначают в зависимости от категории дорог, дорожно-климатической зоны района проектирования, типа покрытия, типа укрепления и т.д. (см. п. 8.6).

Разницу между высотой (отметкой) поверхности земли по оси дороги и высотой (отметкой) бровки земляного полотна, определяющей высоту насыпи или глубину выемки, называют рабочей отметкой (рис. 8.4.).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

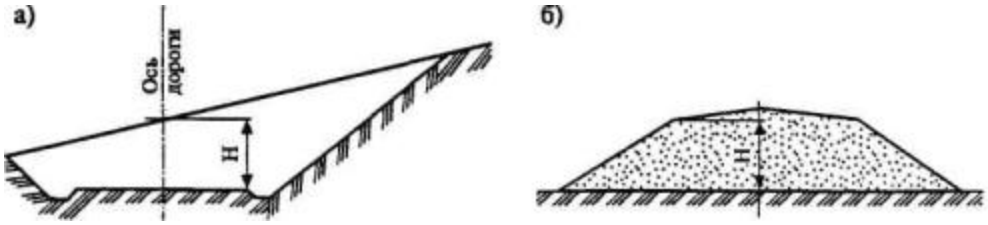


Рис. 8.4. Схемы к определению рабочей отметки земляного полотна:
а - в выемке; б - в насыпи

На участках закруглений в плане при устройстве виражей рабочие отметки обычно исчисляют по внутренней бровке земляного полотна.

8.3. Элементы продольного профиля

Продольный профиль дороги - это развернутый в плоскость чертежа вертикальный разрез по оси дороги (в отметках бровки земляного полотна).

Продольный профиль автомобильной дороги принято изображать в виде специального чертежа (см. рис. 2.6), являющегося одним из основных документов, по которым осуществляется строительство автомобильной дороги. Чертеж продольного профиля обязательно содержит следующие данные о местности и проектных решениях:

проектные данные о системе поверхностного водоотвода, искусственных сооружениях (трубах, мостах, путепроводах), съездах и переездах и рабочих отметках;

изображение проектной линии продольного профиля по бровке земляного полотна;

изображение черного профиля земля по оси дороги, представляемого двойной линией;

грунтово-геологический разрез по оси дороги;

специальную таблицу, содержащую графы: развернутый план трассы; грунт верхней части земляного полотна; тип дорожной одежды; типы поперечных профилей земляного полотна; укрепление кюветов; уклоны кюветов; отметки кюветов; уклоны и вертикальные кривые (проектной линии дороги); отметки по бровке земляного полотна; отметки земли по оси дороги; расстояния; пикеты, кривые, километры.

Таблицы чертежа продольного профиля несколько различаются для традиционного (см. рис. 2.2) и автоматизированного проектирования (см. рис. 2.4).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

На рис. 2.2 показаны основные размеры граф таблицы чертежа продольного профиля, соблюдение которых является обязательным при изготовлении чертежа.

Проектную линию продольного профиля обычно представляют сопряженными между собой в точках с одинаковыми продольными уклонами элементами: параболическими кривыми и прямыми. Возможные случаи сопряжения элементов продольного профиля между собой, схемы их оформления представлены на рис. 8.5.

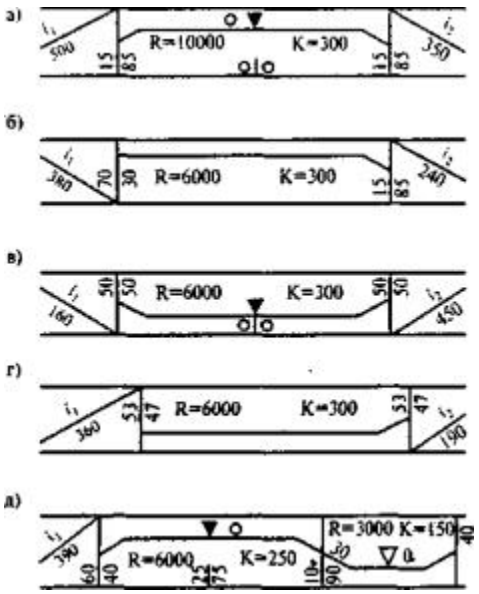


Рис. 8.5. Вертикальные кривые:
а - выпуклая вертикальная кривая с восходящей и нисходящей ветвями; б - выпуклая кривая с нисходящей ветвью; в - вогнутая кривая с нисходящей и восходящей ветвями; г - вогнутая кривая с восходящей ветвью; д - сопряжение вертикальных кривых в точке с одинаковыми продольными уклонами

Для аналитического расчета вертикальных кривых используют формулы (8.4-8.7) (рис. 8.6):

расстояние от начала вертикальной кривой до ее вершины

$l_0 = R \cdot i_1$;
(8.4)

превышение между точкой начала кривой и ее вершиной

$$h_0 = \frac{l_0^2}{2R};$$

(8.5)

превышение h между точкой на произвольном расстоянии l от вершины и вершиной вертикальной кривой

$$h = \frac{l^2}{2R};$$

(8.6)

уклон в той же точке

$$i = l \cdot R.$$

(8.7)

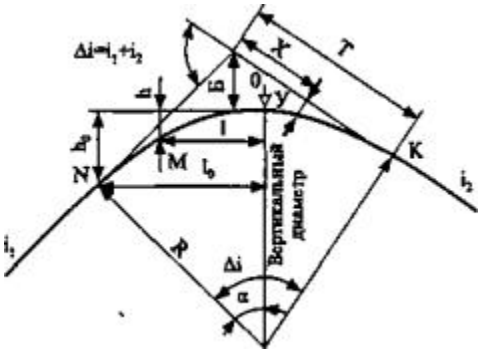


Рис. 8.6. Схема к разбивке вертикальной кривой

При использовании некоторых методов автоматизированного проектирования оптимального продольного профиля автомобильных дорог (например, метода «граничных итераций» и т.д.) в результате отказа от традиционного класса функций (прямых и параболических кривых), в котором ищется проектное решение при традиционном проектировании, проектная линия в общем случае на существенной части своего протяжения может быть представлена вертикальными кривыми переменного радиуса.

8.4 Ширина проезжей части и земляного полотна

Для автомобильных дорог общего пользования ширину проезжей части и земляного полотна устанавливают в зависимости от категории проектируемой дороги и расчетной интенсивности движения в соответствии с действующими

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

нормативными документами (СНиП 2.05.02-85*, ГОСТ Р 52398-2005 и ГОСТ Р 52399-2005) (табл. 8.1).

Таблица 8.1.

Параметры элементов поперечного профиля проезжей части и земляного полотна автомобильных дорог

Параметры элементов дороги	Автомагистраль	Скоростная дорога	Автомобильные дороги обычного типа (нескоростная дорога)					
	Категории							
	IA	IБ	IB	II		III	IV	V
Общее число полос движения n, шт	4 и более	4 и более	4 и более	4	2 или 3	2	2	1
Ширина полосы движения, м	3,75	3,75	3,75	3,5	3,75	3,5	3,0	4,5 и более
Ширина проезжей части, м	3,75·*n*	3,75·*n*	3,75·*n*	3,75·*n*	3,75·*n*	3,5·*n*	3,5·*n*	не менее 4,5
Ширина обочины, м	3,75	3,75	3,75	3,0	3,0	2,5	2,0	1,75
Ширина краевой полосы у обочины, м	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	0,5	0,5	-
Ширина краевой части обочины, м	2,5	2,5	2,5	2,0	2,0	1,5	1,0	-

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Наименьшая ширина центральной разделительной полосы без дорожных ограждений, м	6,0	6,0	5,0	5,0	-
Наименьшая ширина центральной разделительной полосы с ограждением по оси дороги, м	2 м + ширина ограждения				
Ширина краевой полосы безопасности у разделительной полосы, м	1,0				

Примечания: 1 Ширина полосы безопасности входит в ширину разделительной полосы, а ширина краевой полосы - в обочину.

2. Ширину обочин на особо трудных участках горной местности, участках, проходящих по особо ценным земельным угодьям, а также в местах с переходно-скоростными полосами и с дополнительными полосами на подъем при соответствующем технико-экономическом обосновании с разработкой мероприятий по организации и безопасности движения допускается уменьшать до 1,5 м для автомобильных дорог категорий IB, IB, и II и до 1,0 - для дорог остальных категорий

3. Ограждения на обочинах дорог располагают на расстоянии не менее 0,50 м и не более 0, 85 м от бровки земляного полотна в зависимости от жесткости конструкции дорожных ограждений.

На участках автомобильных дорог I и II категорий, где интенсивность движения на первые 5 лет эксплуатации дорог достигает 50 % и более от расчетной перспективной в местах, определяемых и обоснованных проектом, а также в местах пересечений, примыканий и съездов с дорог I и II категорий (при отсутствии переходно-скоростных полос) на обочинах на расстоянии не менее 100 м в обе стороны следует предусматривать устройство твердых покрытий (остановочных полос) шириной 2,5 м.

Число полос движения на дорогах I категории устанавливают в зависимости от интенсивности движения и рельефа местности (табл. 8.2). Строительство дорог с многополосной проезжей частью надлежит обосновывать сопоставлением с вариантами сооружения дорог по раздельным направлениям.

Таблица 8.2.

Число полос движения

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Рельеф местности	Интенсивность движения, прив. ед./сут	Число полос движения
Равнинный и пересеченный	Свыше 14 000 до 40 000	4
	» 40 000 до 80 000	6
	» 80 000	8
Горный	Свыше 14 000 до 34 000	4
	» 34 000 до 70 000	6
	» 70 000	8

При наличии данных число полос движения допускается устанавливать в зависимости от расчетной часовой интенсивности движения $N_{прив}$, коэффициента загрузки дороги движением z и расчетной пропускной способности полосы движения P.

$$n = \frac{N_{прив}}{zP},$$ где

n - количество полос движения.

Дополнительные полосы проезжей части для грузового движения в сторону подъема при смешанном составе транспортного потока предусматривают на участках дорог II категории, а при интенсивности движения более 4000 прив.ед./сут, достигаемой в первые 5 лет эксплуатации и на дорогах III категории с продольным уклоном более 30 ‰ при длине участка свыше 1 км и с уклонами более 40 ‰ при длине участка свыше 0,5 км.

Ширину дополнительной полосы движения принимают равной 3,5 м на всем протяжении подъема. Протяжение дополнительной полосы за подъемом принимают в зависимости от интенсивности движения:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Интенсивность движения в сторону подъема, прив.ед/сут.....3000 5000 6500 8000 и более

Общее протяжение полосы за пределами подъема, м.....50 100 150 200

Переход к уширенной проезжей части осуществляют на участке длиной 60 м.

Ширину проезжей части в пределах средней части вогнутых кривых в продольном профиле, сопрягающих участки продольных уклонов с алгебраической разностью 60 ‰ и более, увеличивают для дорог II и III категорий на 0,5 м, а для дорог IV и V категорий на 0,25 м с каждой стороны по сравнению с нормами в табл. 8.1. Длина участков с уширенной проезжей частью для дорог II и III категорий - не менее 100 м, а для дорог IV и V категорий - не менее 50 м. Переход к уширенной проезжей части осуществляют на участке длиной 25 м для дорог II и III категорий и на 15 м - для дорог IV и V категорий.

Ширину обочин дорог на особо трудных участках горной местности, на участках, проходящих по ценным земляным угодьям, а также на участках дорог с переходно-скоростными полосами на подъем допускается уменьшать до 1,5 м на дорогах I и II категорий и до 1,0 м - на дорогах остальных категорий.

Ширину разделительной полосы на участках дорог IA и IБ категорий принимают равной 6,0 м, а для дорог IB категории 5,0 м, там, где в перспективе может потребоваться увеличение числа полос в связи с ростом интенсивности движения, следует увеличивать на 7,5 м по сравнению с нормами, приведенными в табл. 8.1 и принимать равными для дорог IA категории не менее 13,5 м и для дорог IБ категории - не менее 12,5 м. Ширину разделительной полосы на участках дорог проложенных по ценным землям, особо трудных участках дорог в горной местности, больших мостах, при прохождении дорог по застроенным территориям и т.д. допускается уменьшать до ширины, равной ширине полосы для установки ограждений плюс 2,0 м. Переход от уменьшенной ширины разделительной полосы к ширине полосы, принятой для дорог по табл. 8.1, осуществляют с обоих сторон: при разделительной полосе шириной 5,0 м - на участках Длиной по 100 м; при разделительной полосе шириной 6,0 м - на участках длиной по 150 м. Виды разделительных полос представлены на рис 8.7.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

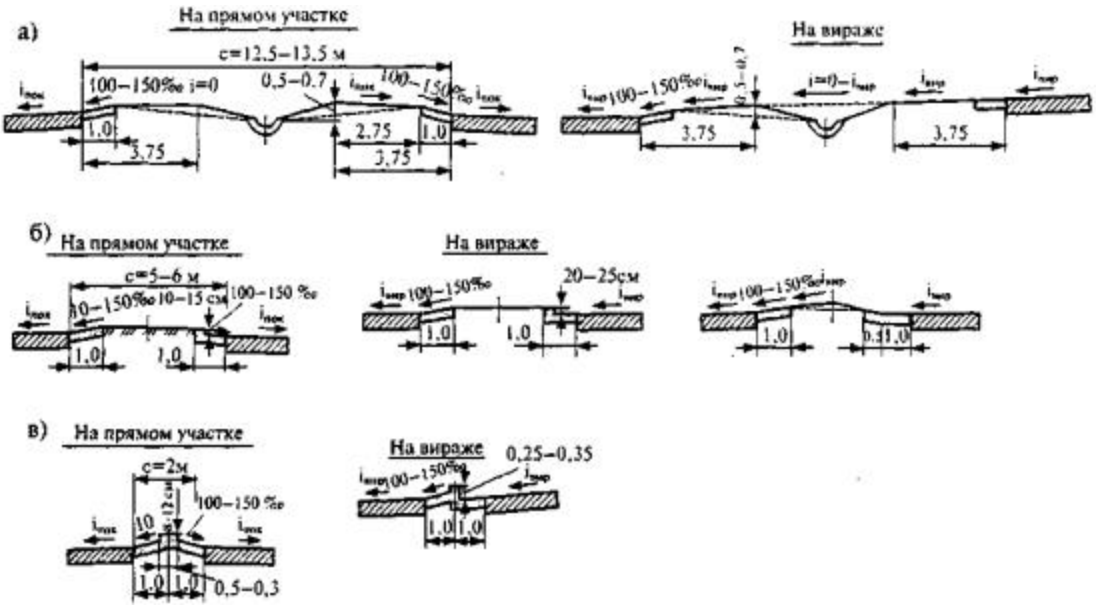


Рис 8.7. Виды разделительных полос:
а - на участках с перспективой увеличения числа полос движения; б - в обычных условиях; в - в стесненных условиях

Ширина насыпей автомобильных дорог поверху на длине не менее 10 м от начала и конца мостов и путепроводов должна превышать расстояния между перилами моста или путепровода на 0,5 м в каждую сторону. При необходимости земляное полотно следует уширять, при этом отгон уширения осуществляют на длине 15-25 м.

8.5. Остановочные, краевые полосы и бордюры

Состояние обочин автомобильных дорог является важным фактором, в значительной степени влияющим на долговечность дорожных одежд, скорости движения автомобилей, пропускную способность, уровни удобства и безопасность движения. При отсутствии надлежащего сопряжения проезжей части с обочинами выезд автомобилей за пределы кромки проезжей части приводит к ряду негативных последствий: разрушаются края покрытия, выносится на дорогу грязь и нередко образуются чрезвычайно опасные колееобразные углубления вдоль кромок проезжей части.

Учитывая важность этого вопроса, в необходимых случаях предусматривают устройство остановочных полос с твердым покрытием шириной по 2,5 м и краевых полос (рис. 8.8), ширина которых нормируется в зависимости от категории дороги (см. табл. 8.1).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

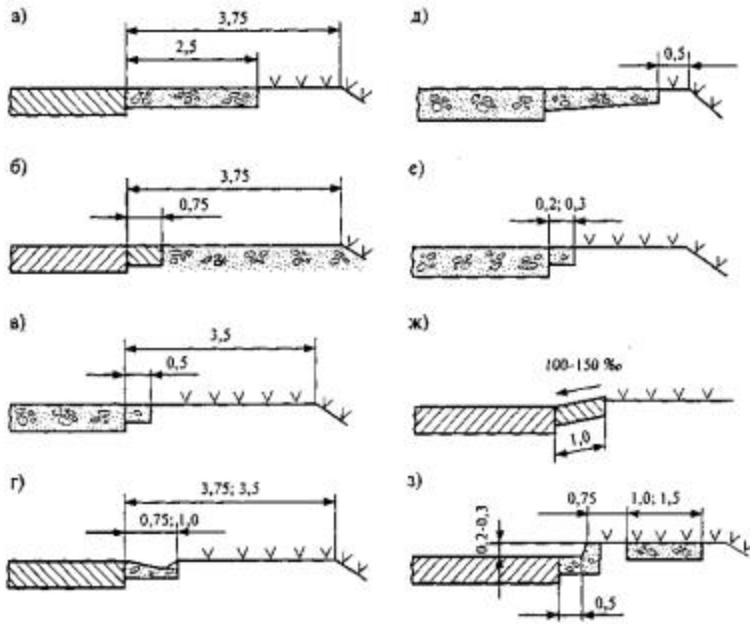


Рис. 8.8. Укрепление обочин и сопряжение проезжей части с обочинами и разделительной полосой

Для устройства остановочных (рис. 8.8, а,д) и краевых полос (рис. 8.8, б,в,е) рекомендуется щебень преимущественно крупных фракций (25-40 мм) из местных каменных, гравийных, шлаковых и других материалов, укрепленных органическими вяжущими или цементом. При устройстве краевых полос поверхность остальной части обочин укрепляют засевом трав, щебнем, гравием, шлаком и другими дешевыми местными дорожно-строительными материалами. При этом на участках дорог, проходящих в пределах населенных пунктов и по территориям с ценными сельскохозяйственными культурами, тип укрепления обочин должен исключать интенсивное образование пыли при движении.

Для предохранения обочин и откосов земляного полотна от размыва на участках дорог I - III категорий с продольными уклонами более 30 ‰ с насыпями высотой более 4 м и в местах вогнутых кривых в продольном профиле проектируют продольные лотки (рис. 8.8, г) для сбора и отвода стекающей с проезжей части воды, а для отвода из лотков - откосные лотки.

На автомобильных дорогах высоких категорий в последнее время получили распространение краевые полосы, устраиваемые по типу основной проезжей части. Однако в этом случае выделение краевой полосы от основной проезжей части осуществляют устройством разметки в виде сплошной полосы.

Проезжие части на дорогах I категорий сопрягают с разделительной полосой через краевые полосы шириной 1,0 м, выполняемые с поперечным уклоном 100-150 ‰ в сторону проезжей части (рис. 8.8, ж). Краевые полосы устраивают из

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

цементобетона или из материалов, обработанных вяжущими. Эти полосы отличаются по цвету и по конструкции от покрытия проезжей части.

Конструкция краевых полос должна быть достаточно прочной, рассчитана на условия заездов на них одиночных автомобилей и по возможности должна создавать условия движения, отличные от условий на основной проезжей части.

С целью обеспечения безопасности и четкой организации движения на сложных участках дорог для выделения отдельных элементов (разделительных полос; тротуаров, расположенных на земляном полотне; направляющих островков; автобусных остановок и т.д.) целесообразно применять бордюры (рис. 8.8, з). Бордюры следует устанавливать только в случае действительной необходимости в них, поскольку они уменьшают используемую ширину проезжей части при движении с высокими скоростями, затрудняют работу водителей, осложняют и ухудшают механизированную очистку проезжей части от снега. Поэтому в местах, не требующих обязательного применения бордюров, по условиям безопасности движения предпочтительнее сопряжение проезжей части с обочинами и разделительными полосами путем устройства краевых полос.

При установке бордюров высотой более 10 см над проезжей частью их смещают от кромки проезжей части на расстояние не менее двукратной их высоты. Этого достигают либо изготовлением бордюров специального профиля (рис. 8.9), либо установкой между бордюром и проезжей частью плит.

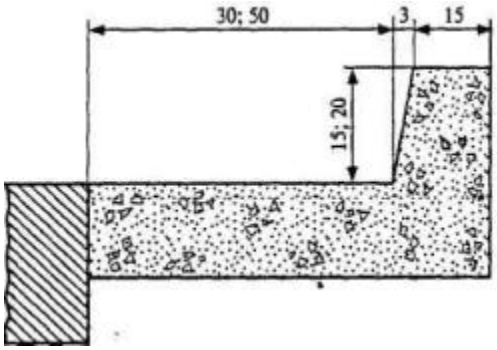


Рис. 8.9. Бордюр

Рекомендуются следующие типы бордюров:

бордюр барьерного типа I высотой 20 см и более рекомендуется применять вдоль прилегающих к проезжей части тротуаров, у зон безопасности пешеходов на переходах, для выделения и поднятия посадочных площадок на автобусных остановках, на искусственных сооружениях и в других местах, где съезд автомобиля может повлечь тяжелую аварию;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

бордюр типа 2 высотой 15 см следует применять на пересечениях дорог для выделения направлений движения (направляющие островки, разделительные полосы на второстепенных дорогах), в местах устройства автобусных остановок в районах с непродолжительным снежным покровом (отделяющие островки), при узких разделительных полосах.

8.6. Поперечные уклоны элементов дороги

Для обеспечения стока воды с поверхности дороги проезжей части, краевым полосам, обочинам и примыкающим элементам придают поперечные уклоны. На прямолинейных в плане участках дорог и, как правило, на горизонтальных кривых с радиусами 3000 м и более для дорог I категории и с радиусами 2000 м и более для дорог остальных категорий, где не требуется устройство виражей, проезжей части придают очертание двускатного поперечного профиля.

На кривых в плане с меньшими радиусами предусматривают устройство виражей с односкатным поперечным профилем, исходя из условия обеспечения безопасности движения автомобилей с расчетными скоростями при данных радиусах горизонтальных кривых.

Поперечные уклоны проезжей части (кроме участков кривых в плане, на которых требуется устройство виражей), назначают в зависимости от числа полос движения и климатических условий (табл. 8.3).

Таблица 8.3.

Поперечные уклоны проезжей части

Категории дороги и число полос проезжей части	Поперечный уклон, ‰, в климатических зонах			
	I	II, III	IV	V
Дороги IA, IБ и IВ категорий:				
а) при двускатном поперечном профиле для каждой проезжей части;	15	20	25	15
б) при односкатном профиле:				

первая и вторая полоса (от разделительной полосы);	15	20	20	15
третья и последующие полосы;	20	25	25	20
Дороги II, III, IV категорий	15	20	20	15

Примечание. На гравийных и щебеночных покрытиях, покрытиях из грунтов, укрепленных местными материалами и на мостовых из колотого и булыжного камня поперечный уклон принимают 30-40 ‰.

Поперечный уклон обочин при двускатном поперечном профиле дорог должен быть на 10-30 ‰ больше уклона проезжей части. В зависимости от климатических условий и типа укрепления обочин принимают следующие значения поперечных уклонов: 30-40 ‰ при укреплении обочин с применением вяжущих; 40-60 ‰ при укреплении обочин гравием, щебнем, шлаком, мощением каменными материалами или бетонными плитами; 50-60 ‰ при укреплении обочин одерновкой или засевом трав по растительному грунту.

Для районов с небольшой продолжительностью снежного покрова и отсутствием гололеда для укрепления одерновкой обочин допускается поперечный уклон 50-80 ‰. При устройстве земляного полотна из крупнозернистых и среднезернистых песков, а также тяжелых суглинистых грунтов и глин уклон обочин, укрепленных засевом трав, может быть принят равным 40 ‰.

На автомобильных дорогах I категории, расположенных на одном земляном полотне, проезжую часть для разных направлений движения, как правило, устраивают с односкатным относительно разделительной полосы профилем. При размещении каждого направления движения на самостоятельном земляном полотне двускатный профиль придается для каждого направления движения аналогично поперечному профилю дорог II категории.

Грунтовая разделительная полоса между укрепленными полосами при ширине 5-6 м и с бордюрами при ширине менее 5 м планируется горизонтально с расположением поверхности земли на 3-6см ниже верхних граней укрепленных полос или бордюров. При устройстве подземного водоотвода и водоприемных решеток по оси разделительной полосы в случаях достаточной ее ширины в районах, обеспечивающих надежную работу водоотводных систем, проезжую часть для каждого направления движения устраивают с двускатным профилем, а разделительной полосе придают вогнутое очертание с уклоном к ее середине (см. рис. 8.7, а).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Разделительной полосе, укрепленной щебеночным и гравийным материалами, обработанными различными вяжущими, придают выпуклое очертание с поперечным уклоном в зоне примыкания к проезжей части большим, чем ее поперечный уклон.

Краевые полосы в зоне сопряжения с обочинами имеют поперечный уклон, равный поперечному уклону проезжей части.

Поперечные профили верхней части земляного полотна автомобильных дорог II-V категорий представлены на рис. 8.7, б,в.

8.7. Нормы проектирования плана и продольного профиля

В соответствии с требованиями СНиП план и продольный профиль автомобильных дорог проектируют из условия наименьшего ограничения и изменения скорости, обеспечения безопасности движения, удобства водоотвода и наилучшей защиты дороги от снежных и песчаных заносов.

При назначении элементов плана и продольного профиля в качестве основных параметров дорог II-V категорий принимают:

продольный уклон - не более 30 ‰;

расстояние видимости поверхности дороги - не менее 450 м;

радиусы кривых в плане - не менее 1000 м;

радиусы кривых в продольном профиле:

выпуклых - не менее 10 000 м;

вогнутых - не менее 3000 м;

длины вертикальных кривых в продольном профиле:

выпуклых - не менее 300 м;

вогнутых - не менее 100 м;

длина кривых в плане - не менее 300 м.

Переломы проектной линии продольного профиля при алгебраической разности уклона 5 ‰ и более - на дорогах I, II категорий, 10 ‰ и более - на дорогах III категории, 20 ‰ и более - на дорогах IV и V категорий сопрягают вертикальными кривыми.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Если по условиям местности не представляется возможным выполнить указанные выше требования или их выполнение связано со значительными объемами работ и стоимостью строительства дороги, при проектировании допускается снижение норм на основе технико-экономического сопоставления вариантов в соответствии с табл. 8.4.

Таблица 8.4.

Предельные нормы для проектирования плана и продольного профиля

Расчетная скорость км/ч	Наибольший продольный уклон, ‰	Наименьшее расстояние видимости, м		Наименьшие радиусы кривых, м				
				в плане		в продольном профиле		
							вогнутых	
		для остановки	встречного автомобиля	основные	в горной местности	выпуклых	основные	в горной местности
140	30	275	-	1200	1000	30 000	8000	4000
120	40	250	450	800	600	15 000	5000	2500
100	50	200	350	600	400	10 000	3000	1500
80	60	150	250	300	250	500	2000	1000
60	70	85	170	150	125	2500	1500	600
50	80	75	130	100	100	1500	1200	400
40	90	55	110	60	60	1000	1000	300

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

30	100	45	90	30	30	600	600	200

Примечания. 1. Наименьшее расстояние видимости для остановки должно обеспечивать видимость любых предметов, имеющих высоту 0,2 м и более, находящихся на середине полосы движения, с высоты глаз водителя 1,2 м от поверхности проезжей части.

2. В горной местности (за исключением мест с абсолютными отметками более 3000 м над уровнем моря) для участков протяженностью до 500 м допускается увеличение наибольших продольных уклонов против норм, приведенных в таблице, но не более чем на 20 ‰.

3. При проектировании в горной местности участков подходов дорог к тоннелям наибольшее допустимое значение продольного уклона не должно превышать 45 ‰ на протяжении 250 м от портала тоннеля.

В особо трудных условиях горной и пересеченной местности (за исключением местности с абсолютными высотами более 3000 м над уровнем моря) для участков протяженностью до 500 м при соответствующем обосновании допускается увеличение наибольших продольных уклонов против норм табл. 8.4, но не более чем на 20 ‰.

При проектировании в горной и пересеченной местности раздельных проезжих частей дорог I категории продольные уклоны для направлений спуска допускается увеличивать по сравнению с уклонами на подъем, но не более чем на 20 ‰. При проектировании в горной местности участков подходов дорог к тоннелям наибольший допустимый продольный уклон не должен превышать 45 ‰ на протяжении 250 м от портала тоннеля.

Малые и средние мосты, а также трубы под насыпями допускается располагать при любых сочетаниях плана и профиля. На участках дорог со сложными дорогостоящими сооружениями (тоннели, мосты, путепроводы, виадуки, эстакады и т.д.) места расположения этих сооружений, а также дороги на местности следует выбирать на основе технико-экономического сравнения вариантов.

Переходные кривые следует предусматривать при радиусах кривых в плане 2000 м и менее, а на подъездных дорогах всех категорий - 400 м и менее.

Наименьшие длины переходных кривых следует предусматривать по табл. 8.5, однако, для обеспечения зрительной плавности и ясности трассы длины переходных кривых, по возможности, следует предусматривать не менее удвоенной длины по сравнению с нормами по табл. 8.5.

Таблица 8.5.

Наименьшая нормативная длина переходных кривых

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Радиус круговой кривой, м	Длина переходной кривой, м	Радиус круговой кривой, м	Длина переходной кривой, м
30	30	250	80
50	35	300	90
60	40	400	100
80	45	500	ПО
100	50	600-1000	120
150	60	1000-2000	100
200	70		

Наибольшие продольные уклоны на участках кривых в плане с малыми радиусами следует уменьшать по сравнению с нормами, указанными в табл. 8.4:

Радиусы кривых в плане, м..... 50 45 40 35 30

Уменьшение наибольших продольных уклонов, ‰, не менее чем на 10 15 20 25 30

Длины участков с затяжными уклонами в горной местности назначают в зависимости от продольного уклона и высоты дороги над уровнем моря, но не более значений, приведенных в табл. 8.6.

Таблица 8.6.

Наибольшие длины участков с затяжными уклонами

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Продольный уклон, ‰	Длина участка, м, при высоте над уровнем моря, м			
	1000	2000	3000	4000
60	2500	2200	1800	1500
70	2200	1900	1600	1300
80	2000	1600	1500	1100
90	1500	1200	1000	-

Размеры площадок для остановки автомобилей определяют расчетом. Они должны быть рассчитаны на остановку не менее чем на 3-5 грузовых автомобилей. Их расположение выбирают из условий безопасности стоянки, исключающих возможность появления осыпей, камнепадов, схода снежных лавин и по возможности у источников воды.

Независимо от наличия площадок на затяжных спусках с уклонами более 50 ‰ предусматривают противоаварийные съезды, которые устраивают перед кривыми малого радиуса, расположенными в конце спуска через каждые 0,8-1,0 км.

Радиусы выпуклых кривых в продольном профиле на дорогах I категории в местах пересечений с железными и другими дорогами допускается уменьшать по сравнению со значениями, приведенными в табл. 8.4, но не менее, чем до 15 000 м.

В зависимости от рельефа местности, геологических, гидрогеологических, гидрологических, ситуационных особенностей местности и других условий положение проектной линии продольного профиля устанавливают, руководствуясь следующими соображениями.

В равнинной местности на участках продольного профиля земли с уклонами меньшими, чем нормируемые по табл. 8.4, проектную линию устанавливают по принципу «обертывающей» в невысоких насыпях.

Возвышение насыпи над расчетным уровнем снежного покрова назначают: не менее 1,2 м - для дорог с шириной земляного полотна 25-28 м и более; 0,7 м - при ширине земляного полотна 15 м; 0,6 м - при ширине земляного полотна 12 м; 0,5 м - при ширине земляного полотна 10 м; 0,4 м - при ширине земляного полотна 8 м.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Поверхность покрытия должна возвышаться над уровнем грунтовых и поверхностных вод на 0,3- 2,4 м в зависимости от места расположения дороги (дорожно-климатической зоны) и применяемых для возведения земляного полотна грунтов (см. главу 11).

В пересеченной местности положение проектной линии в ряде случаев можно устанавливать по принципу «секущей», как правило, с обеспечением баланса объемов земляных работ на смежных участках насыпей и выемок. Следует по возможности избегать «мокрых» выемок (пересечения выемкой грунтовых вод) во избежание оплывов откосов, образования наледей и необходимости устройства дорогостоящих подкюветных либо откосных дренажей.

В горной местности на крутых косогорах положение проектной линии продольного профиля желательно устанавливать таким образом, чтобы земляное полотно оказывалось расположенным в полунасыпи-полувыемке с обеспечением поперечного баланса объемов земляных работ. Принципиальные положения по установлению проектной линии продольного профиля учитываются уже на стадии трассирования автомобильных дорог для выбора наиболее целесообразных инженерных решений: строительства тоннелей, эстакад, галерей, балконов, укладки трассы серпантинами и т.д.

Положение проектной линии продольного профиля обязательно увязывают с высотами контрольных точек (фиксированных либо ограничивающих точек и зон), к которым относятся: начальная и конечная точки трассы, высоты проезда на мостах и путепроводах, минимальные высоты насыпей над трубами, минимальные высоты бровок земляного полотна на подходах к мостам, высоты головок рельса на пересечениях в одном уровне железных дорог, высоты оси пересекаемых в одном уровне автомобильных дорог, высоты ограничивающих зон, обеспечивающих необходимое возвышение низа дорожной одежды над уровнем грунтовых вод и т.д.

Проектную линию продольного профиля в настоящее время проектируют, как правило, автоматизированно с использованием компьютерных программ (см. главу 28).

Во всех случаях по возможности необходимо стремиться к использованию компьютерных программ, позволяющих находить оптимальное решение положения проектной линии продольного профиля, обеспечивающее при соблюдении всех технических требований и нормативов минимум объемов земляных работ, строительной стоимости или приведенных затрат.

8.8. Переходные кривые

При въезде с прямой на круговую кривую водитель постепенно поворачивает передние колеса автомобиля, при этом автомобиль описывает траекторию, соответствующую кривой переменного радиуса от R = ¥ до $R = R_k$ при входе на

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

круговую кривую. Для обеспечения соответствия плана трассы автомобильных дорог фактической траектории автомобиля круговые кривые сопрягают с прямыми участками трассы посредством переходных кривых.

Наименьшую длину переходных кривых устанавливают из условия обеспечения нормируемого значения величины нарастания центробежного ускорения автомобиля, при котором еще обеспечивается комфортабельное и безопасное движение по дороге:

$$l \geq \frac{V^3}{47 \cdot I \cdot R},$$ где

V - расчетная скорость движения, км/ч;

I - нормируемое значение нарастания центробежного ускорения (I = 0,8 м/с^3 - для автомагистралей и скоростных дорог, I = 1,0 м/с^3 - для дорог обычного типа);

R - радиус кривой, м.

При больших радиусах круговых кривых минимально необходимая длина переходной кривой невелика, а ее траектория незначительно отличается от прямой. Именно по этой причине СНиП разрешает устраивать закругления без переходных кривых при радиусах более 3000 м на дорогах I категории и более 2000 м - для дорог остальных категорий. При меньших значениях радиусов переходные кривые являются обязательным элементом закруглений и минимальные длины их нормируются СНиП и представлены в табл. 8.5 настоящей Справочной энциклопедии.

При современном клотоидном трассировании переходные кривые используют наряду с прямыми и круговыми кривыми в качестве самостоятельных элементов трассы, при этом длины их оказываются значительно больше, чем это требуется согласно табл. 8.5 (см. главу 9).

Для обеспечения зрительной ясности и плавности трассы минимальные длины переходных кривых, нормируемые СНиП и представленные в табл. 8.5, нужно увеличивать не менее чем в два раза. Наибольшее распространение для проектирования основных элементов плана автомобильных дорог получили переходные кривые типа **клотоиды,** которые характеризуются линейным законом нарастания кривизны по длине и наилучшим образом отвечают условию движения автомобилей с постоянными (расчетными) скоростями (рис. 8.10).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

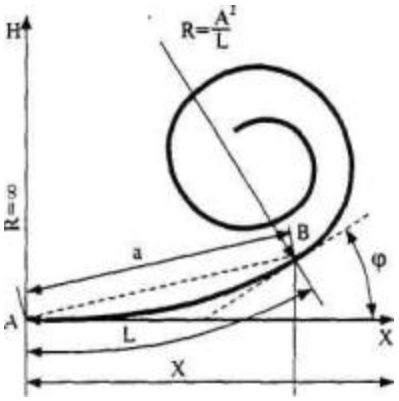


Рис. 8.10. Клотоида

Уравнение клотоиды в параметрическом виде имеет вид:

$A^2 = RL$, где

A - параметр клотоиды, м;

R - радиус кривизны на расстоянии L от начала клотоиды, м.

Координаты клотоиды в прямоугольной системе координат определяются:

$$x = L - \frac{L^5}{40A^4} + \frac{L^9}{3456A^8} - \dots$$

$$y = \frac{L^3}{6A^2} - \frac{L^7}{336A^6} + \frac{L^{11}}{44240A^{10}} - \dots$$

Для разбивки переходных кривых иногда используют специальные таблицы (Ксенодохов В.И. Таблицы для клотоидного проектирования и разбивки плана и профиля автомобильных дорог. - М.: Транспорт, 1981. - 431 с).

8.9. Виражи

В действующих нормативных документах устройство виражей предусмотрено на всех кривых в плане для дорог I категории при радиусах менее 3000 м и на дорогах остальных категорий при радиусах менее 2000 м (рис. 8.11).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

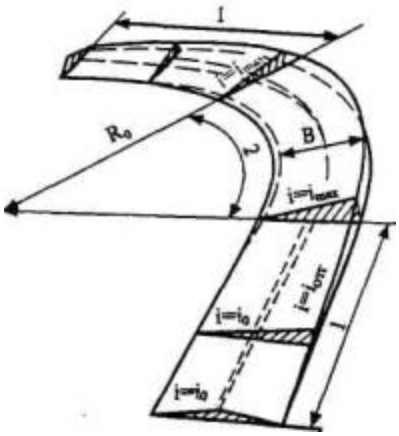


Рис. 8.11. Схема виража
1 - отгон виража, переходная кривая; 2 - круговая кривая

Поперечные уклоны проезжей части на виражах следует назначать в зависимости от радиусов кривых в плане (табл. 8.7).

Таблица 8.7.

Поперечный уклон проезжей части на виражах

Радиусы кривых в плане, м	Основной, наиболее распространенный, ‰		В районах с частыми гололедами
	на дорогах I-V категорий	на подъездных дорогах промышленных предприятий	
От 3000 до 1000 м для дорог I категории	20-30	-	20-30
От 2000 до 1000 м для дорог II - V категорий	20-30	-	20-30
От 1000 до 800	30-40	-	30-40
от 800 до 700	30-40	20	30-40

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

от 700 до 650	40-50	20	40
от 650 до 600	50-60	20	40
от 600 до 500	60	20-30	40
от 500 до 450	60	30-40	40
от 450 до 400	60	40-60	40
от 400 и менее	60	60	40

Примечание. Меньшие значения поперечных уклонов на виражах соответствуют большим радиусам кривых, а большие значения меньшим радиусам.

Уклон виража назначают не менее поперечного уклона покрытия на участках с двускатным профилем (см. табл. 8.3) и не более 60 ‰ в соответствии с табл. 8.7. В районах с незначительной длительностью снежного покрова и единичными случаями снежного гололеда наибольший уклон проезжей части на виражах допускается принимать до 100 ‰.

Когда две соседние кривые, обращенные в одну сторону, расположены близко друг к другу и прямая вставка между ними незначительна, односкатный профиль устраивают и на прямой вставке между ними, но предпочтительнее увеличение радиуса с целью исключения прямой вставки и создания лучших условий для движения.

На горных дорогах при расположении кривой у обрыва на участках виражей предусматривают ограждения.

Переход от двускатного профиля дороги к односкатному осуществляется на протяжении переходной кривой, а при отсутствии ее (при реконструкции дорог) - на прилегающем к кривой прямом участке (рис. 8.12).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

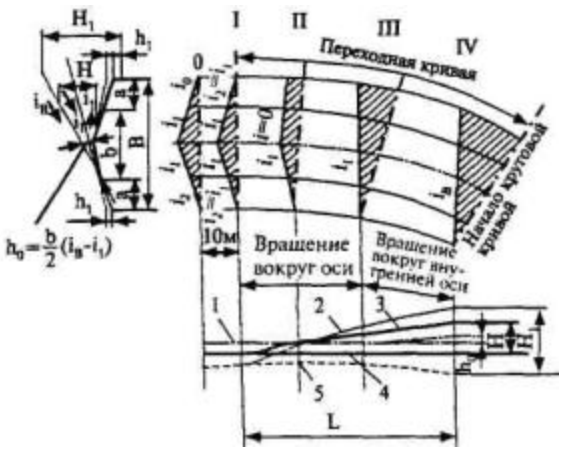


Рис. 8.12. Схема отгона виража:
I-IV - поперечные профили на участке отгона виража;
1 - ось дороги; 2 - внешняя бровка; 3 - внешняя кромка; 4 - внутренняя кромка; 5 - внутренняя бровка

Виражи на многополосных дорогах I категории, как правило, проектируют раздельно для проезжих частей раздельных направлений с необходимым изменением поперечных уклонов разделительных полос.

Поперечные уклоны обочин на виражах принимают одинаковыми с уклонами проезжей части. Переход от нормального уклона обочин при двускатном профиле к уклону проезжей части осуществляют на протяжении 10 м до начала отгона виража.

Дополнительный продольный уклон наружной кромки проезжей части по отношению к проектному продольному уклону на участках отгона виража не должен превышать: для дорог I и II категорий - 5 ‰; для дорог III категории - 10 ‰; в горной местности - 20 ‰.

8.10. Уширение проезжей части

При радиусах кривых в плане 1000 м и менее необходимо предусматривать уширение проезжей части с внутренней стороны за счет обочин таким образом, чтобы оставшаяся ширина обочин была не менее 1,5 м на дорогах I и II категорий и не менее 1 м на дорогах остальных категорий. При недостаточной ширине обочин для размещения уширения проезжей части необходимо соответствующее уширение земляного полотна. В горной местности в виде исключения допускается уширение проезжей части за счет внешней обочины.

Полное уширение двускатной проезжей части дорог на закруглениях следует принимать согласно табл. 8.8.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Таблица 8.8.

Уширение дорог на кривых

Радиусы кривых в плане, м	Уширение, м, для автомобилей и автопоездов длиной *l*				
	£ 7 (для автомобилей) £ 11 (для автопоездов)	13 м	15 м	18 м	23 м
1000	-	-	-	0,4	0,6
800-900	-	0,4	0,4	0,5	0,7
700-600	0,4	0,5	0,5	0,7	0,8
600-550	0,5	0,6	0,6	0,8	1,0
400-450	0,5	0,7	0,7	0,9	1,3
300-350	0,6	0,8	0,9	1,1	1,6
200-250	0,8	1,0	1,1	1,5	2,2
125-150	0,9	1,4	1,5	2,2	3,0
100-90	1,1	1,8	2,0	3,0	-
80	1,2	2,0	2,3	3,5	-
70	1,3	2,2	2,5	-	-

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

60	1,4	2,8	3,0	-	-
50	1,5	3,0	3,5	-	-
40	1,8	3,5	-	-	-
30	2,2	-	-	-	-

Примечание. Длина *l* - расстояние от переднего буфера до задней оси автомобиля, полуприцепа или прицепа.

Для дорог с четырьмя и более полосами движения размер полного уширения увеличивают соответственно числу полос.

В пределах основной кривой уширение должно иметь полную ширину. Отвод уширения выполняют на длине переходных кривых. При этом уширение проезжей части увеличивают пропорционально расстоянию от начала переходной кривой таким образом, что полное значение уширения достигается к началу круговой кривой.

Уширение проезжей части может быть выполнено несколькими способами (рис. 8.13).

Основным способом является отвод уширения пропорционально длине переходной кривой, а при ее отсутствии - по прямой. Однако при этом в точках *A* и *D* кромка проезжей части имеет перелом, что в ряде случаев негативно сказывается на восприятии плавности дороги (рис. 8.13, а). С тем, чтобы исключить этот недостаток, пользуются вторым способом отвода уширения - по касательной к кромке проезжей части на круговой кривой (рис. 8.13, б). При этом получается более плавное сопряжение, однако, за счет сокращения длины участка с полным уширением на величину *d*.

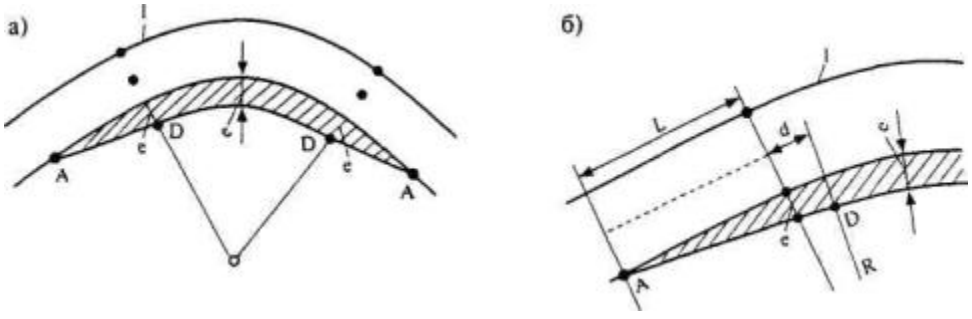


Рис. 8.13. Способы устройства уширений на кривых:
1 - основная кривая; AD - отвод; e - уширение

8.11. Серпантины

При проектировании автомобильных дорог в горной местности с целью смягчения больших продольных уклонов на затяжных участках крутых склонов в некоторых случаях приходится существенно развивать трассу, представляя ее зигзагообразной линией с острыми внутренними углами поворотов. Вписывание кривых внутрь образовавшихся острых углов не дает желаемого результата, поскольку при этом не обеспечивается должное развитие трассы в связи с тем, что длины кривых оказываются несоизмеримо меньшими суммы тангенсов. В таких случаях предусматривают сложные закругления с внешней стороны угла, называемые **серпантинами**.

Серпантина представляется основной кривой *К*, огибающей с внешней стороны центральный угол у двумя вспомогательными (как правило обратными) кривыми K_0 и вставками между основной кривой и вспомогательными *m,* необходимыми для размещения переходных кривых (если таковые нужны), отгонов виражей и отвода уширений проезжей части (рис. 8.14).

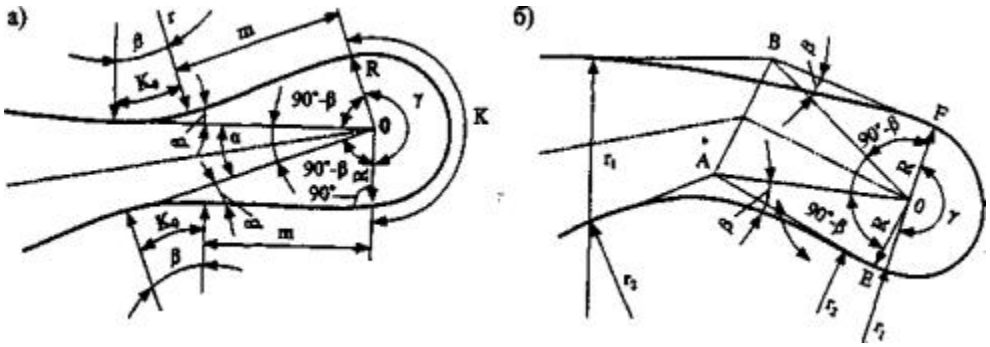


Рис. 8.14. Серпантины:
а - симметричные первого рода; б - несимметричные второго рода

Для устройства серпантин выбирают наиболее пологие, устойчивые участки местности. Проектирование серпантин заключается в назначении таких значений ее элементов, при которых обеспечивается размещение на местности земляного полотна со всеми его элементами с обеспечением по возможности минимальных объемов строительных работ. Очертание серпантины обязательно приспосабливают к рельефу местности, стремясь назначать возможно больший радиус основной кривой. Поэтому иногда устраивают серпантины не только с вспомогательными кривыми с выпуклостью **вовнутрь** закругления (рис. 8.14, а) - **серпантины первого рода**, но и с выпуклостью в одну сторону (рис. 8.14, б) - **серпантины второго рода**.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

При расчетах элементов серпантин задаются радиусами основной R и вспомогательных кривых r, длиной вставки m и в результате находят углы вспомогательных кривых b, тангенс вспомогательной кривой T и полную длину серпантины S.

Углы вспомогательных кривых:

$$\beta = arctg\frac{R}{T+m}.$$

Тангенс вспомогательной кривой

$$T = \frac{r}{2r+R}\left(\sqrt{m^2 - R(2r+R)} - m\right).$$

Длина основной кривой K и вспомогательной кривой K_0:

$$K = \frac{\pi R\gamma}{180^\circ}; \quad K_0 = \frac{\pi R\beta}{180^\circ}.$$

Полная длина серпантины:

$S = 2(K_0 + m) + K.$

Серпантины характеризуются применением кривых минимальных радиусов, большими углами поворота трассы и сильным ее удлинением, что предопределяет снижение скоростей, безопасности движения и увеличение перепробегов автомобилей. Поэтому, как правило, более предпочтительным вариантом трассы является вариант, имеющий возможно меньшее число серпантин. Серпантины можно устраивать только на автомобильных дорогах II-V категорий. Расстояние между концом вспомогательной кривой одной серпантины и началом вспомогательной кривой другой серпантины принимают не менее 400 м для дорог II и III категорий, 300 м для дорог IV категории и 200 м для дорог V категории.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Параметры геометрических элементов серпантин нормируются СНиП и приведены в табл. 8.9.

Таблица 8.9.

Геометрические элементы серпантин

Элементы серпантин	Нормы проектирования серпантин при расчетной скорости км/ч		
	30	20	15
Наименьший радиус основной кривой в плане, м	30	20	15
Поперечный уклон проезжей части на вираже, ‰	60	60	60
Длина переходной кривой, м	30	25	20
Уширение проезжей части, м	2,2	3,0	3,5
Наибольший продольный уклон в пределах серпантин, ‰	30	35	40

Примечание. Серпантины с радиусом 30 м и менее допускаются только на дорогах IV и V категорий при запрещении движения автопоездов длиной более 11 м.

Детально серпантины проектируют по крупномасштабным топографическим планам и цифровым моделям местности (ЦММ), размещая все элементы в соответствии с особенностями рельефа местности. Наивыгоднейшее расположение и форму серпантин устанавливают путем сравнения различных вариантов.

Расчеты и разбивку элементов серпантин осуществляют с использованием соответствующих компьютерных программ или с помощью специальных таблиц (Митин Н.А. Серпантины. - М.: Транспорт, 1972. - 192 с).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

8.12. Мосты и трубы

Мосты и трубы на автомобильных дорогах проектируют в соответствии с требованиями СНиП 32-05-2002. Количество и размеры водопропускных сооружений на пересечениях водотоков определяют на основе гидрологических, гидравлических и русловых расчетов. При этом необходимо учитывать последующее влияние проектируемых сооружений на окружающую среду и другие объекты и сооружения.

Малые мосты[1] и **трубы** допускается проектировать при любых сочетаниях плана и профиля. Размещение их, как правило, полностью подчиняется общему направлению трассы автомобильной дороги.

[1] - Мосты: малые - длиной до 25 м, средние свыше 25 до 100 м, большие - длиной свыше 100 м. Автодорожные мосты (в том числе городские) длиной менее 100 м, но с пролетами более 60 м также относятся к большим мостам. Длина моста принимается между концами береговых опор (закладных щитов), при этом переходные плиты в Длину моста не включаются.

Таблица 8.10.

Габариты мостов и путепроводов

Расположение моста	Категория дороги или улицы	Общее число полос движения	Ширина расчетного автомобиля d, м	Габарит	Ширина, м	
					Полос безопасности, П	Проезжей части bn

Автомобильные дороги общего пользования, подъездные и внутренние автомобильные дороги промышленных предприятий (без обращения автомобилей особо большой грузоподъемности)	I	6	2,5	Г-(13,25+С+13,25) 2(Г-15,25)	2,0	11,25´2
		4		Г-(9,5+С+9,5) 2(Г-11,5)		7,5´2
	II III IV	2		Г-11,5 Г-10 Г-8*	2,0 1,5 1,0	7,5 7,0 6,0
	V	1		Г-6,5** Г-4,5	1,0 0,5	4,5 3,5
Автомобильные внутрихозяйственные дороги в сельскохозяйственных предприятиях и организациях	I-с	2	2,5	Г-8*	1,0	6,0
	II-с	1		Г-6,5** Г-4,5	1,0 0,5	4,5 3,5
	III-с	1		Г-4,5	0,5	3,5

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Улицы и дороги в городах, поселках и сельских населенных пунктах	Магистральные дороги скоростного движения и улицы общегородского значения непрерывного движения	8	2,5	Г-(16,5+С+16,5) 2(Г-18)	1,5	15´2
		6		Г-(12,75+С+12,75) 2(Г-14,25)		11,25´2
		4		Г-(9,0+С+9,0) 2(Г-10,5)		7,5´2

Улицы и дороги в городах, поселках и сельских населенных пунктах	Магистральные дороги скоростного движения и улицы общегородского значения регулируемого движения	8	2,5	Г-(15,0+С+15,0) 2(Г-16)	1,0	14´2
		6		Г-(11,5+С+11,5) 2(Г-12,5)		10,5´2
		4		Г-(8,0+С+8,0) 2(Г-9)		7´2
		2		Г-9		7
	Магистральные транспортно-пешеходные улицы районного значения, улицы и дороги научно-производственных, промышленных и коммунально-складских районов, в жилой застройке местного значения, парковые дороги	4	2,5	Г-16 Г-(8,0+С+ 8,0) 2(Г-9)	1,0	14 7´2
		2		Г-9		7
		2		Г-10		8
		2		Г-8		6

Для **средних** и **больших мостов** предъявляются более жесткие требования.

Выбор места перехода, разбивку мостов на пролеты, назначение положения сооружения в плане и профиле выполняют с учетом требований трассирования дороги и принятых градостроительных и планировочных решений, строительных и эксплуатационных показателей вариантов, а также гидрологических, русловых,

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

гидрогеологических, ландшафтных и других местных условий, влияющих на технико-экономические показатели соответствующего участка дороги. При выборе места перехода через судоходные реки ось перехода следует располагать по возможности перпендикулярно течению воды (с косиной не более 10°) на прямолинейных участках с устойчивым руслом, в местах с неширокой (мало затопляемой) поймой и удаленных от перекатов на расстоянии не менее 1,5 длины расчетного судового или плотового состава. Во всех случаях подчинение общего направления трассы створу, благоприятному для сооружения среднего или большого моста, обосновывается технико-экономическими расчетами.

При проектировании продольного профиля продольный уклон проезжей части должен быть не более 30 ‰ - для больших автодорожных мостов; 40 ‰ - для городских мостов; 20 ‰ - для всех мостов с деревянными настилами. При возможных частых обледенениях проезжей части продольный уклон на мостах принимают не более 20 ‰.

Габариты по ширине мостов, расположенных на автомобильных дорогах общего пользования, на внутрихозяйственных дорогах колхозов, совхозов и других сельскохозяйственных предприятий и организаций, дорогах промышленных предприятий, а также на улицах и дорогах в городах, поселках и сельских населенных пунктах при отсутствии трамвайного движения, принимают по табл. 8.10.

Полосы безопасности шириной меньшей, чем указано в табл. 8.10, допускается при соответствующем технико-экономическом обосновании назначать:

для мостов длиной свыше 100 м на дорогах I-III категорий и длиной свыше 50 м на дорогах IV категории, если мосты расположены на расстоянии свыше 100 км от крупнейших городов и свыше 50 км от других городов, а расчетная интенсивность движения транспортных средств в 2 раза и более ниже, чем на пригородных участках указанных дорог;

в случае расположения мостов на участках дорог с уменьшенной шириной обочин;

при переустройстве мостов;

на путепроводах при наличии переходно-скоростных полос (со стороны этих полос);

на мостах с дополнительной полосой движения на подъеме (со стороны этой полосы).

При этом ширина полос безопасности должна быть не менее: 1,0 м на мостах дорог I-III категорий и 0,75 м на мостах дорог IV категории.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

При расположении мостов на кривых в плане проезжая часть должна быть уширена в зависимости от категории дорог в соответствии с требованиями СНиП 2.05.02-85* и СНиП II-60-75. Проезжую часть автодорожных мостов допускается уширять за счет уменьшения полос безопасности при соблюдении перечисленных выше требований.

На мостах предусматривают с каждой стороны тротуары или служебные проходы, ограждаемые с наружных сторон перилами высотой не менее 1,10 м. Ширину тротуаров назначают по расчету в соответствии с расчетной перспективной интенсивностью движения пешеходов в час пик из расчета пропускной способности 1 м ширины тротуара 2000 чел./ч. При этом ширину многополосных тротуаров принимают кратной 0,75 м. На мостах, расположенных в городах, поселках и сельских населенных пунктах, ширину тротуаров принимают не менее 1,5 м.

Земляное полотно на протяжении 10 м от задней грани устоев с каждой стороны от начала и конца автодорожных и городских мостов должно иметь ширину не менее расстояния между перилами плюс 0,5 м с каждой стороны. Переход от уширенного к неуширенному полотну делают плавным и осуществляют на длине не менее 15-20 м.

Положение элементов мостов над уровнями воды и ледохода на несудоходных реках, а также в несудоходных пролетах на судоходных водных путях определяют в зависимости от местных условий и выбранной схемы моста. Размеры возвышений отдельных элементов мостов над расчетными уровнями воды и ледохода во всех случаях должны быть не менее значений, указанных в табл. 8.11.

Таблица 8.11.

Возвышение элементов мостов над расчетными уровнями воды и ледохода

Части или элементы мостов	Возвышение частей или элементов, м	
	над расчетным уровнем воды (с учетом подпора и высоты волны)	над наивысшим уровнем ледохода
Низ пролетных строений: при глубине подпертой воды 1 м и менее	0,50	

то же более 1 м	0,50	0,75
при наличии на реке заторов льда	0,75	1,00
при наличии карчехода	1,00	
при селевых потоках	1,00	
Верх площадки для установки опорных частей	1,00	0,50
Низ пят арок и сводов	-	0,25
Низ продольных схваток и выступающих элементов конструкций в пролетах деревянных мостов	0,25	0,75

Примечания: 1. Для малых мостов наименьшее возвышение низа пролетных строений допускается определять без учета высоты ветровой волны.

2. При наличии явлений, вызывающих более высокие уровни воды (вследствие подпора от нижележащих рек, озер или водохранилищ, нагона воды ветром, образования заторов или прохождения паводков по руслам, покрытым льдом), указанные возвышения следует отсчитывать от этого уровня, вероятность которого устанавливают в соответствии с табл. 16.1.

3. При определении возвышения верха площадки для установки опорных частей уровень воды определяют с учетом набега потока на опору моста.

Возвышение низа пролетных строений над наивысшим статическим уровнем водохранилища у мостов, расположенных в несудоходных и несплавных зонах водохранилища, должно быть не менее 0,75 высоты расчетной ветровой волны с увеличением на 0,25 м.

Наименьшее возвышение низа пролетных строений при наличии наледей необходимо назначать с учетом их возможной высоты.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

При наличии карчехода и наледных явлений размеры возвышения, приведенные в табл. 8.11, следует увеличивать не менее чем на 0,50 м, а расстояние между опорами в свету назначать не менее 15 м,

Габариты приближения конструкций под путепроводами через железные дороги должны удовлетворять требованиям ГОСТ 9238-83. Габариты приближения конструкций под путепроводами через автомобильные дороги должны соответствовать схеме, представленной на рис. 8.15.

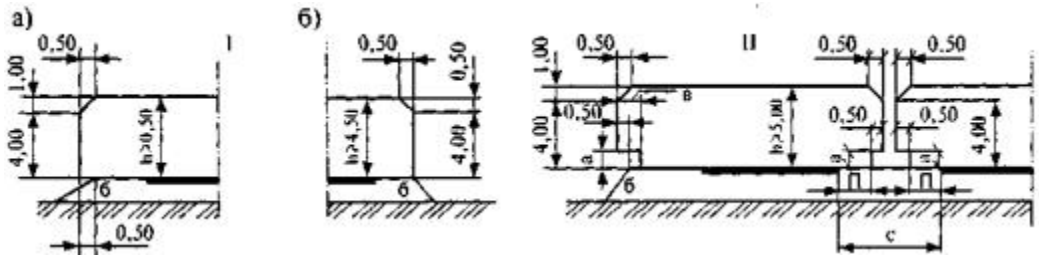


Рис. 8.15. Габариты приближения конструкций под путепроводами через автомобильные дороги

Габариты сооружений для пропуска полевых дорог и прогона скота при отсутствии специальных требований принимают не менее:

для полевых дорог: ширину 6,0 м; высоту 4,5 м;

для прогона скота: ширину 4,0 м; высоту 2,5 м.

Подмостовые габариты для мостов через судоходные реки следует назначать в зависимости от класса внутреннего пути в соответствии с нормами (ГОСТ 26775-97. Габариты подмостовые судоходных пролетов мостов на внутренних водных путях. Нормы и технические требования), данные из которого представлены на рис. 8.16 и в табл. 8.12.

Очертания и размеры подмостовых габаритов судоходных неразводных и разводных пролетов в зависимости от класса внутреннего водного пути должны соответствовать указанным в табл. 8.12 и на рис. 8.16. При этом надводная высота подмостового габарита *h* должна отсчитываться от расчетного судоходного уровня (РСУ), а гарантированная глубина судового хода *d* - от наинизшего (меженного) уровня воды (НСУ).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

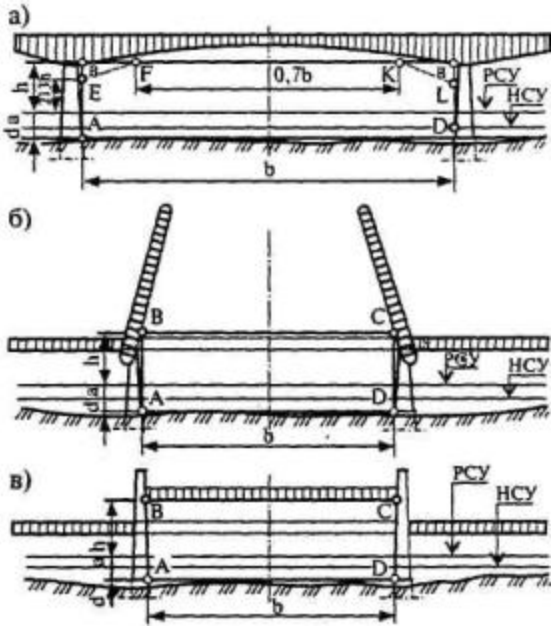


Рис. 8.16. Габариты приближения конструкций под мостами через судоходные реки:
а - для мостов с неразводными пролетными строениями; б - для мостов с разводными (раскрывающимися) пролетами; в - для мостов с разводными (вертикально-подъемными) пролетными строениями; AEFKLD и ABCD - контуры подмостового габарита; РСУ - расчетный судоходный уровень воды; НСУ - наинизший (меженний) судоходный уровень воды; *h* - высота подмостового габарита над РСУ; *b* - ширина подмостового габарита; *d* - гарантированная глубина судового хода; *a* - амплитуда колебаний уровней воды между РСУ и НСУ

Таблица 8.12.

Подмостовые габариты

Класс внутреннего водного пути	Глубина судового хода водного пути, м		Высота подмостового габарита, м	Ширина подмостового габарита, *b*, м		
	гарантированная, *d*	средненавигационная		для неразводного пролета		для разводного пролета
				основного	смежного	
I	Свыше 3,2	Свыше 3,4	16,0	140	120	60

II	Свыше 2,5 до 3,2	Свыше 2,9 до 3,4	14,5	140	100	60
III	Свыше 1,9 до 2,5	Свыше 2,3 до 2,9	13,0	120	80	50
IV	Свыше 1,5 до 1,9	Свыше 1,7 до 2,3	11,5	120	80	40
V	Свыше 1,1 до 1,5	Свыше 1,3 до 1,7	10,0	100	60	30
VI	Свыше 0,7 до 1,1	Свыше 0,9 до 1,3	7,5	60	40	
VII	От 0,5 до 0,7	От 0,6 до 0,9	5,0	40	30	

Если по гарантированной и средненавигационной глубинам судового хода участок водного пути относится к разным классам, то его следует относить к более высокому из этих классов.

При применении типовых пролетных строений неразрезной конструкции, а также при отсутствии пропуска плотовых составов ширину основного и смежного неразводных судоходных пролетов мостов, располагаемых на водных путях IV-VII классов, допускается уменьшать не более чем на 10 м.

Для мостовых переходов через несудоходные каналы ширину подмостового габарита допускается принимать меньше указанной в табл. 8.12, но не менее суммарной ширины канала и береговых полос с каждой его стороны (необходимых для работ, связанных с судоходством и лесосплавом), выделяемых в установленном порядке.

Для мостовых переходов через реки IV и V классов, по которым в полноводный период навигации возможен заход крупнотоннажных судов транспортного флота с водных путей более высокого класса, допускается увеличивать минимальную высоту подмостовых габаритов до 11,5 м для водных путей V класса и до 9,0 м - для водных путей VI класса, что должно быть подтверждено комплексным технико-экономическим обоснованием, согласованным с министерством (ведомством), регулирующим судоходство на соответствующем водном пути.

Неразводные мосты следует проектировать не менее чем с двумя судоходными пролетами: основным - для низового направления движения судов, судовых и плотовых составов; смежным - для взводного направления движения.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Если ширина водного пути с гарантированными глубинами недостаточна для размещения двух судоходных пролетов, а также для разводных мостов, следует предусматривать один судоходный пролет.

Очертание подмостового габарита должно быть прямоугольного очертания (соответствовать указанному на рис. 8.16 б, в контуру ABCD).

На водных путях I-IV классов для неразводных пролетов мостов с криволинейным очертанием нижнего пояса пролетных строений, располагаемых в стесненных условиях (в пределах городов и подходов к ним, вблизи транспортных узлов, на автомобильных дорогах с развязками, на берегах и в других обоснованных случаях), допускается принимать очертание подмостового габарита по контуру AEFKLD согласно рис. 8.16 а.

Класс внутреннего пути, на котором предусматривается строительство моста, гарантированная (и средненавигационная) глубина судового хода (с учетом возможного дноуглубления) на всей ширине каждого судоходного пролета, а также соответствующая высота (отметка) наинизшего судоходного уровня воды (НСУ) в пределах всего участка водного пути, отнесенного к данному классу, устанавливается министерством (ведомством), регулирующим судоходство на соответствующем внутреннем водном пути или организацией, уполномоченной указанным министерством (ведомством).

Высоту (отметку) РСУ следует определять по методике, приведенной в ГОСТ 26775-97.

Трубы под насыпями проектируют независимо от категории дорог на полную ширину земляного полотна с засыпкой (считая от верха звена трубы до низа дорожной одежды): не более 0,5 м - на автомобильных дорогах общего пользования, на дорогах и улицах в городах, поселках и сельских населенных пунктах, а также на автомобильных дорогах промышленных предприятий; не менее 0,2 м - на внутрихозяйственных автомобильных дорогах колхозов, совхозов и других сельскохозяйственных предприятий и организаций.

Отверстие (высоту труб) назначают, как правило, не менее 1,0 м - при длине трубы до 20 м; 1,25 м - при длине трубы 20,0 м и более.

Отверстия труб на автомобильных дорогах ниже II категории допускается принимать равными: 1,0 м - при длине до 30 м; 0,75 м - при длине до 15 м; 0,50 м - на съездах при устройстве в пределах трубы быстротока (уклон 10 ‰ и более) и ограждений на входе.

Отверстия труб и малых мостов допускается увеличивать для использования их в качестве пешеходных переходов, скотопрогонов, в случае технико-экономической целесообразности - для пропуска

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

автомобилей и низких узкозахватных сельскохозяйственных машин с обеспечением соответствующих габаритов.

Возвышение бровки земляного полотна на подходах к малым мостам и трубам над расчетным уровнем подпертой воды принимают не менее 0,5 м при безнапорном режиме протекания потока, а для труб при полунапорном и напорном режимах - не менее 1,0 м.

8.13. Тоннели

Автодорожные тоннели проектируют в соответствии с требованиями СНиП 32-04-97. В плане и продольном профиле тоннели проектируют с соблюдением дополнительных требований, перечисленных ниже.

При проектировании плана предпочтение отдают расположению автодорожных тоннелей на прямолинейных участках дорог. В случае необходимости радиусы кривых в плане для автодорожных тоннелей должны быть не менее 250 м и в исключительных случаях при технико-экономическом обосновании

- не менее 150 м.

Наибольший допустимый уклон проектной линии допускается сохранять в тоннелях длиной менее 300 м. При длине тоннеля 300 м и более уклон в тоннеле не должен превышать значения наибольшего уклона, умноженного на следующие коэффициенты при длине тоннеля: от 0,3 км до 1 км - 0,9; свыше 1 км до 3 км - 0,85; свыше 3 км - 0,8-0,75 (в зависимости от длины тоннеля).

Продольный профиль тоннелей длиной до 300 м проектируют односкатным, а длиной более 300 м

- односкатным или двускатным (в горных тоннелях - с подъемом к середине) с уклонами не менее 3 ‰ и не более 40 ‰. При длине тоннелей до 500 м, располагаемых в трудных топографических и инженерно-геологических условиях, допускается увеличивать продольный уклон до 60 ‰ .

Габарит приближения конструкций автодорожных тоннелей устанавливают в зависимости от категории дороги и принимают в соответствии с рис. 8.17 и табл. 8.13.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

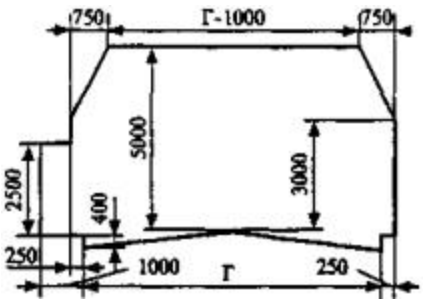


Рис. 8.17. Габариты приближения конструкций автодорожных тоннелей

Таблица 8.13.

Габариты приближения конструкций автодорожных тоннелей

Категория автомобильной дороги	Число полос движения	Расстояние *Г* между бортовыми камнями, мм
I	4	16 000 + *С*
I	3	12 000
I	2	8000
II	2	8000
III	2	7000
IV	2	7000

Примечания: 1. Расстояния *Г* между бортовыми камнями автомобильных дорог I категории при двух- и трехполосном движении указаны для каждого направления при раздельных тоннелях.

2. Расстояние Г между бортовыми камнями, указанное для тоннелей с четырехполосным движением, включает в себя ширину *С* разделительной полосы между разными направлениями движения, принимаемую не менее 1200 мм.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

3. Размеры поперечного сечения тоннелей на кривых участках автомобильных дорог следует принимать с учетом уширения (см. табл. 8.8).

4. Тротуар шириной 1000 мм (в том числе защитная полоса шириной 250 мм) предназначен для служебного пешеходного движения, а также для использования в аварийных ситуациях.

Число полос движения в тоннелях на автомобильных дорогах I категории обосновывается путем сравнения технико-экономических показателей конкурирующих вариантов проектных решений. Тоннели на дорогах III-IV категорий следует проектировать для двух полос движения.

Тоннели должны быть защищены от проникновения в них поверхностных и подземных вод, в них также предусматривают устройства (лотки и трубы) для отвода воды к порталам, выпуска и сброса ее за пределы тоннеля. Дно лотков и труб в пределах горизонтальной разделительной площадки должно иметь уклон не менее 3 ‰. При одностороннем продольном уклоне следует исключать попадание воды в тоннель из верховой предпортальной выемки.

В районах с суровыми климатическими условиями предусматривают мероприятия по предотвращению замерзания воды в дренажных устройствах и образования наледей на проезжей части.

Проезжую часть автодорожных тоннелей проектируют с цементобетонным (монолитным или сборным) или асфальтобетонным осветленным покрытием с шероховатой поверхностью.

На подходах к автодорожным тоннелям устанавливают постоянные дорожные знаки, регламентирующие режим движения транспортных средств.

Систему вентиляции транспортных тоннелей (с естественным или механическим побуждением) в зависимости от длины тоннеля предусматривают:

с естественным побуждением - при длине тоннеля до 150 м;

с естественным побуждением при обосновании расчетами - при длине свыше 150 м до 400 м;

с механическим побуждением - при длине тоннеля свыше 400 м.

Питание электроэнергией силовых и осветительных устройств предусматривают от энергетических систем или промышленных, коммунальных и других электростанций. При отсутствии вблизи тоннеля источников электроснабжения необходимой мощности при технико-экономическом обосновании допускается проектировать собственные электростанции, сооружаемые вблизи тоннеля.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В автодорожных тоннелях предусматривают общее электрическое стационарное освещение с обеспечением горизонтальной освещенности на уровне верха покрытия проезжей части не менее значений приведенных в табл. 8.14.

Таблица 8.14.

Горизонтальная освещенность тоннелей, лк

Режим освещения	Расстояние от въездного портала тоннелей с односторонним движением или от порталов со встречным движением, м					Расстояние от выездного портала тоннелей с односторонним движением, м				
	0	25	50	75	100 и более	100 и более	75	50	25	0
Дневной	750	600	400	200	30	30	100	150	250	400
Ночной	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Примечание. Значения освещенности указаны на уровне верха покрытия проезжей части: при двух и трех полосах движения - по оси тоннеля: при четырех полосах движения и более - по оси проезда в каждом направлении.

В автодорожных тоннелях длиной более 1000 м устанавливают громкоговорители местного вещания, расстояние между которыми определяется проектом. Оповещение ведется из помещения дежурного.

Порталы автодорожных тоннелей для регулирования движения оборудуют световыми сигналами, управляемыми дистанционно из помещения дежурного.

В автодорожных тоннелях протяженностью более 300 м предусматривают заградительную сигнализацию, предназначенную для включения устанавливаемых перед порталами световых сигналов, запрещающих въезд транспортных средств в случае возникновения аварийной ситуации в тоннеле. Кнопки заградительной сигнализации располагают по длине тоннеля через 60 м возле телефонных аппаратов.

Автодорожные тоннели длиной 300 м и более должны иметь телефонную связь с помещением службы технического надзора. Телефонные аппараты устанавливают у обоих порталов, а также в тоннеле на расстоянии не более 150 м один от другого. Противопожарные средства предусматривают для тоннелей длиной более 300 м.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

ГЛАВА 9. ПЛАН АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ. ПРИНЦИПЫ ЛАНДШАФТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

9.1. Выбор направления трассы

Выбор направления трассы является комплексной задачей, при решении которой конкурирующие варианты автомобильной дороги в пределах полосы варьирования трассы детально оценивают по основным показателям (приведенным затратам, строительной стоимости, транспортно-эксплуатационным расходам, материалоемкости строительства, уровням удобства и безопасности движения, степени загрязнения окружающей среды и т.д.).

Общее направление трассы и ширину полосы варьирования конкурирующих вариантов устанавливают на основе аналитических расчетов по результатам экономических изысканий и разрабатываемых на их основе обоснований инвестиций (ОИ) или технико-экономических частей проектов (ТЭЧ), выполняемых в соответствии со схемами развития и размещения сети автомобильных дорог, развития и размещения производительных сил данного региона, схемами районной планировки и благоустройства.

Выбор общего направления автомобильной дороги выполняют в соответствии с основными законодательными актами Российской Федерации по землепользованию, основами водного и лесного законодательства, а также с основными актами по охране недр и окружающей среды.

При нанесении вариантов трассы автомобильной дороги в пределах полосы варьирования принимают во внимание следующие условия:

возможность проектирования автомобильной дороги с соблюдением требований действующих нормативных документов;

трассирование по возможности по кратчайшему направлению между заданными пунктами;

природные условия района трассирования: климатические, топографические, инженерно-геологические, гидрогеологические, инженерно-гидрологические и метеорологические;

ситуационные особенности района проектирования;

варианты пересечения крупных водотоков;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

требования трассирования в районах промежуточных пунктов для наилучшего обслуживания местных сетей и транзитного движения;

требования по обеспечению удобства и безопасности движения;

требования ландшафтного проектирования автомобильных дорог.

Уже на стадии трассирования варианты автомобильной дороги оценивают по степени удовлетворения ими требований удобства и безопасности движения. Всестороннюю оценку каждого варианта по этим критериям удается сделать при системном, автоматизированном проектировании (см. главу 23). Для того чтобы дорога наилучшим образом удовлетворяла требованиям удобства и безопасности движения размеры ее элементов должны обеспечивать возможность движения одиночных автомобилей с расчетными скоростями и транспортных потоков со средними расчетными скоростями, нормируемыми в зависимости от категории дороги, а сочетания элементов плана и продольного профиля должны правильно ориентировать водителей в части дальнейшего направления трассы за пределами фактической видимости.

При проектировании безопасной для автомобильного транспорта трассы автомобильной дороги следует избегать:

кривых малого радиуса в конце затяжных спусков;

резких поворотов дороги за переломами продольного профиля;

пересечений дорог в одном уровне, особенно в условиях необеспеченной видимости;

участков переплетений и слияний транспортных потоков местного и транзитного движения с резко различными скоростями;

длинных прямых, сопрягаемых в конце с кривыми в плане малого радиуса.

Одним из радикальных средств обеспечения удобства и безопасности движения является ландшафтное проектирование (см. разд. 9.4), принципы которого получили развитие в работах проф. В.Ф. Бабкова, доц. Н.П. Орнатского и др. и нашли свое отражение в действующих нормативных документах.

9.2. Элементы клотоидной трассы

Решение плана трассы автомобильных дорог является одним из наиболее ответственных этапов проектирования, поскольку во многом определяет приведенные затраты, строительную стоимость, транспортно-эксплуатационные

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

расходы, уровни удобства и безопасность движения, а также степень вредного воздействия дороги на окружающую среду.

Одним из наиболее эффективных средств получения при трассировании наилучших инженерных решений является обеспечение зрительной плавности и ясности верхней части полотна автомобильной дороги. Решить эту задачу традиционными методами трассирования обычно не представляется возможным в связи с тем, что план трассы при традиционном проектировании представляется сочетанием жестких элементов - прямых и круговых кривых. Последние при радиусах R £ 2000 сопрягаются с прямыми участками трассы посредством относительно коротких переходных кривых, нормируемых действующими нормативными документами из условия допустимого значения нарастания центробежного ускорения, принимаемого J £ 0,5 м/с^3.

При проектировании автомобильных дорог нашли широкое применение как в Российской Федерации, так и за рубежом переходные кривые типа клотоиды (см разд. 8.8), характеризуемые линейным законом изменения кривизны по длине переходной кривой и наилучшим образом отвечающие условиям движения по ним автомобилей с постоянными расчетными скоростями (рис. 9.1).

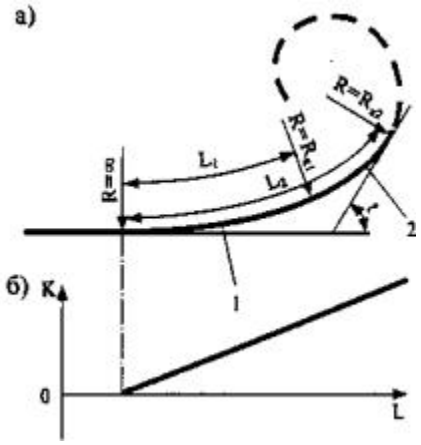


Рис. 9.1. Изменение кривизны по длине переходной кривой:
а - клотоида; б - диаграмма кривизны

При этом кривую на участке от ее начала (с R = ¥) до любой точки с радиусом $R = R_к$ принято называть **клотоидой**. Кривую же от любой точки с радиусом $R = R_{к1}$ до произвольной точки с радиусом $R = R_{к2}$ называют **отрезком клотоиды**.

Если при традиционном проектировании плана трассы автомобильных дорог переходные кривые являются вспомогательными элементами, обеспечивающими приведение в соответствие плана трассы траектории автомобиля на переходных участках закруглений (вход с прямой на круговую кривую и обратно), то при клотоидном трассировании переходные кривые, имеющие существенно большие

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

длины, уже выступают как самостоятельные элементы наравне с прямыми и круговыми кривыми, при этом длины клотоид и их параметры принимают существенно большими, чем минимально нормируемые действующими нормативными документами.

По сравнению с традиционной трассой для клотоидной трассы характерно наличие существенно большего числа типов закруглений, которые к тому же являются предельно гибкими и которые поэтому легко приспосабливать к конкретным особенностям рельефа и ситуации местности:

биклотоида симметричная при $A_1 = A_2$; несимметричная A_1^1 A_1 (рис. 9.2, а);

биклотоида с круговой вставкой, симметричная при $A_1 = A_2$; несимметричная при A_1^1 A_1 (рис. 9.2, б);

коробовая (составная) клотоида (рис. 9.2, в);

комбинированное закругление (рис. 9.2, г).

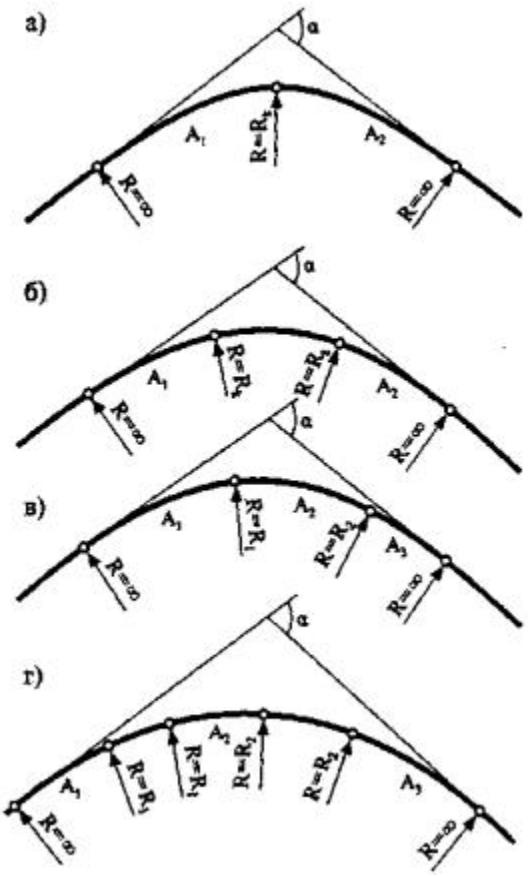


Рис. 9.2. Типы закруглений клотоидной трассы

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Гибкость клотоидной трассы при одних и тех же углах поворота и радиусах сопряжений достигается изменением соотношений параметров соседних клотоид.

Клотоидную трассу проектируют по крупномасштабным топографическим планам обычно масштаба 1:2000 и 1:5000, аэрофотоснимкам, а на ранних стадиях проектирования по крупномасштабным картам масштаба 1:10000. Рассмотренные выше типы закруглений определяют положение магистрального хода, который представляют в общей системе координат, выносят в натуру и закрепляют на местности стандартными знаками.

Каждое закругление определяет один угол поворота магистрального хода, от которого осуществляют детальную разбивку трассы для строительства.

При больших длинах кривых нередко вынос трассы в натуру производят от магистрального хода (рис. 9.3), представленного касательными к главным точкам трассы (точкам сопряжения элементов).

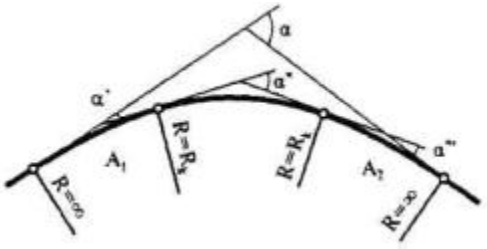


Рис. 9.3. Представление магистрального хода по касательным к главным точкам закругления трассы

В существующих системах САПР-АД предусмотрен также случай выноса в натуру трассы от произвольного магистрального хода. Аналитический автоматизированный расчет трассы при этом является обязательным.

Таким образом, клотоидная трасса в общем случае представляется сочетанием сопряженных между собой, соизмеримых по длине элементов: клотоид, отрезков клотоид, круговых кривых и прямых. Представление о клотоидной трассе как состоящей только из одних клотоид является неправильным.

9.3. Принципы трассирования

Традиционный принцип трассирования автомобильных дорог, который можно назвать принципом **«тангенциального трассирования»,** состоит в том, что на план либо карту наносят с помощью линейки ломаный (тангенциальный) ход, в изломы которого вписывают круговые кривые либо круговые кривые со вспомогательными переходными. Минимальные радиусы закруглений принимают

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

не менее значений, определяемых действующими нормативами для автомобильных дорог соответствующих категорий.

Основной недостаток принципа **«тангенциального трассирования»** состоит в том, что магистральный ход, укладываемый сообразно рельефу и ситуации, во многом определяет положение самой трассы автомобильной дороги в плане (рис. 9.4, а).

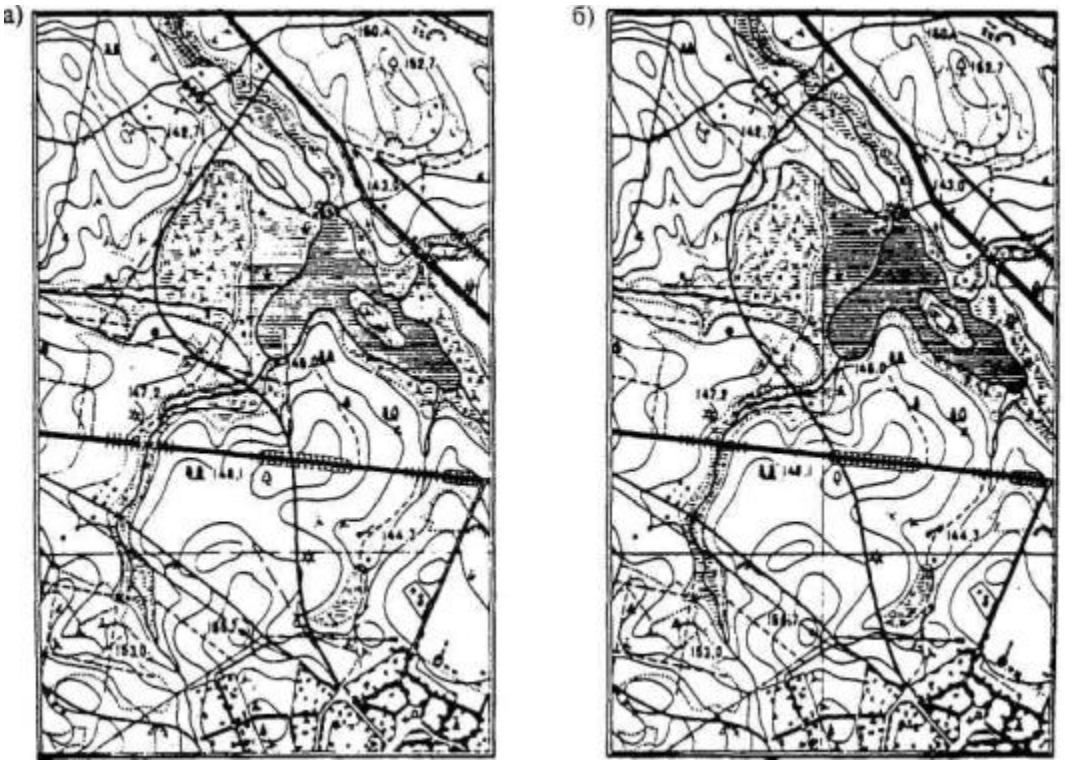


Рис. 9.4. Трасса автомобильной дороги, запроектированная методами:
а - «тангенциального трассирования»; б - «гибкой линейки»

Это обстоятельство почти всегда приводит к получению негибкой пространственной линии автомобильной дороги с невыдержанными принципами обеспечения зрительной ясности и плавности трассы, которая, в частности, нередко характеризуется наличием длинных прямых и коротких круговых кривых минимальных радиусов, наличием закруглений за переломами продольного профиля, повышенными объемами земляных работ, повышенной аварийностью и т.д. Принцип **«тангенциального трассирования»** применим лишь на некоторых участках трассы в случаях, когда направления трассы, определяющие углы поворота, жестко фиксированы ситуационными условиями (например, в населенных пунктах или в некоторых случаях при реконструкции). В остальных случаях свободного трассирования принцип «тангенциального трассирования» использовать не следует ни при ручном, ни тем более при автоматизированном проектировании.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Принцип **«гибкой линейки»** существенно отличен от идеи «тангенциального **трассирования»** и является основой автоматизированного проектирования плана автомобильных дорог. Суть принципа «гибкой линейки» состоит в том, что на крупномасштабном плане либо карте, сообразуясь с рельефом и ситуацией, вписывают плавную линию от руки или с помощью специальной гибкой линейки - сплайна (рис. 9.4, б). При этом положение магистрального хода - углы поворота, положение их вершин, а также параметры закруглений определяются трассой автомобильной дороги, уложенной в рельеф и ситуацию, а не наоборот, как это принято при тангенциальном трассировании.

Принцип **«гибкой линейки»** с успехом используют и при неавтоматизированном проектировании, когда закругления трассы представлены лишь в виде обычных круговых кривых либо круговых кривых со вспомогательными переходными. Для этого по плавной эскизной линии трассы автомобильной дороги устанавливают положение магистрального хода, измеряют углы поворота q и по масштабу значения биссектрис $Б$ на закруглениях. По известным значениям q и $Б$ определяют радиусы закруглений с последующим их округлением до кратных значений (9.1):

$$R = \frac{Б}{\left(\sec\frac{\theta}{2} - 1\right)}.$$

(9.1)

Принцип **«гибкой линейки»** является фундаментальной основой определения положения клотоидных трасс автомобильных дорог, обеспечивающих их наибольшую зрительную плавность и ясность, уровни удобства и безопасность движения и т.д. Укладку и расчет клотоидной трассы осуществляют по крупномасштабным планам как вручную с использованием прозрачных шаблонов клотоид и круговых кривых, так и автоматизированно на компьютерах.

Получившие распространение методы автоматизированного проектирования плана автомобильных дорог, базирующиеся на принципе **«гибкой линейки»** (например, **«однозначно определенной оси»** или **«сглаживания эскизной линии»)** различаются, главным образом, способами аппроксимации эскизной трассы, однако в результате автоматизированной увязки план дороги в конечном итоге представляется сочетанием обычных элементов клотоидной трассы: клотоидами, отрезками клотоид, круговыми кривыми и прямыми.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

9.4. Цели и задачи ландшафтного проектирования*

Ландшафтным проектированием называют трассирование дорог на местности, обеспечивающее плавность сопряжения между собой элементов автомобильных дорог и гармоничное сопряжение самой дороги с окружающим ландшафтом. При этом к элементам дорожного ландшафта относят формы рельефа местности, растительный покров, водные и заболоченные поверхности, а также возникшие в результате деятельности человека сельскохозяйственные угодья, лесные разработки и горные выработки, населенные пункты и промышленные предприятия. Цель ландшафтного проектирования - создание трассы, которая обеспечивает высокие транспортно-эксплуатационные качества дороги, удобство и безопасность движения, не утомительна для водителей и пассажиров, способствует сохранению цельного и живописного ландшафта.

* (Разд. 9.4 - 9.7 подготовлены с использованием материалов проф. В.Ф. Бабкова.

Современная автомобильная дорога является местом работы и отдыха многих тысяч людей и должна удовлетворять не только техническим, но и эстетическим требованиям. Установлено, что дорога с пространственно плавной трассой, хорошо сочетающаяся с ландшафтом, менее утомительна для водителей, обеспечивает меньший риск дорожных происшествий и обеспечивает экономичность перевозок.

Ландшафтное проектирование автомобильных дорог в наибольшей степени обеспечивает возможность выполнения требований, вытекающих из принятых в Российской Федерации законов об охране природы и землепользовании. Оно дает возможность строить дороги, не только не нарушая сложившихся природных ландшафтов, но и способствовать их украшению и повышению плодородности. Ландшафтное проектирование дорог, как правило, обеспечивает снижение строительной стоимости и приведенных затрат за счет уменьшения объемов строительных работ и снижения транспортно-эксплуатационных расходов. Для автомагистралей и автомобильных дорог I категорий это достигается, в частности, ступенчатым расположением земляного полотна на косогорных участках, для дорог более низких категорий - снижением рабочих отметок в результате плавного вписывания трассы дороги в конкретные формы рельефа.

Удовлетворение эстетическим критериям при ландшафтном проектировании не является самоцелью, оно способствует, прежде всего, наилучшему удовлетворению функциональных требований к дороге.

Не следует считать, что обязательность соблюдения принципов ландшафтного проектирования относится только к проектам новых дорог высших категорий. При интенсивной автомобилизации страны и быстром росте грузо- и пассажиропотоков на дорогах необходимо уже при строительстве новой дороги предвидеть пути ее последующей реконструкции. Опыт показывает, что полоса местности, прилегающая к дороге, быстро застраивается, засаживается ценными культурами, и

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

даже минимальные последующие исправления трассы оказываются затруднительными или невозможными. Поэтому для дорог любых категорий следует исходить из рекомендуемых нормативными документами значений параметров плана и продольного профиля и соблюдать требования ландшафтного проектирования.

Ландшафтное проектирование автомобильных дорог включает в себя ряд совместно решаемых задач:

соблюдение требований к плавному сочетанию между собой элементов трассы в целях обеспечения высоких уровней удобства и безопасности движения автомобилей с высокими скоростями;

обеспечение «зрительного ориентирования» водителя - ясности в направлении дороги на достаточно больших расстояниях и даже за пределами фактической видимости, чтобы при движении водитель не мог встретиться с неожиданным для себя изменением дорожных условий, требующим резкого изменения режима движения. Видимые участки дороги и придорожной полосы должны заблаговременно подсказывать водителю изменения направления движения за пределами фактической видимости;

проложение трассы дороги и назначение ее элементов таким образом, чтобы не возникали зрительные искажения вида отдельных участков в перспективе и у водителя не создавалось бы впечатления, что впереди имеются необоснованно крутые изломы дороги;

обеспечение плавного вписывания дороги в ландшафт местности для повышения удобства движения, лучшего раскрытия перед участниками движения красоты природы, устранения нарушений дорогой закономерностей сложившегося придорожного ландшафта, соблюдение требований охраны окружающей среды;

сохранение исторических и культурных памятников, ценных сельскохозяйственных угодий, сведение к минимуму вредного воздействия дороги на окружающую среду;

дополнение и улучшение природного ландшафта посадками деревьев и кустарников на придорожной полосе, планировочными и осушительными работами, созданием водоемов, раскрытием или маскировкой вида с дороги отдельных участков ландшафта. Для этой цели на дорогах высоких категорий, как правило, с большой долей легкового движения, производят разреживание леса или срезку откосов выемок, закрывающих красивые виды (рис. 9.5), а также маскировку растительными посадками некрасивых выработок или больших обнаженных откосов (рис. 9.6 и 9.7).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

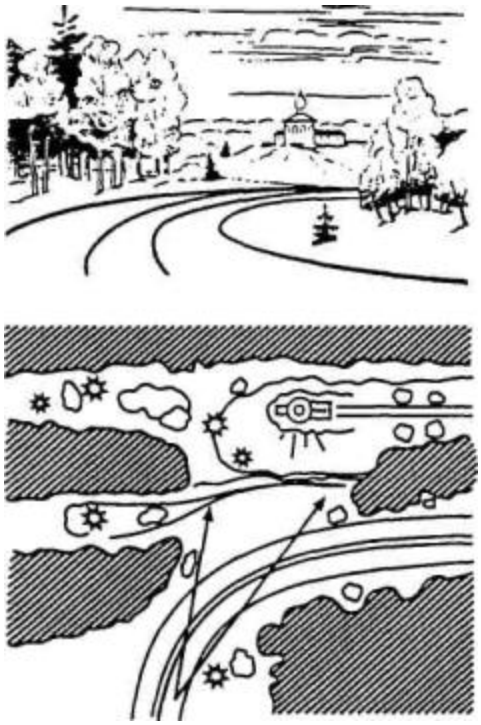


Рис. 9.5. Расчистка леса для раскрытия вида на памятник архитектуры

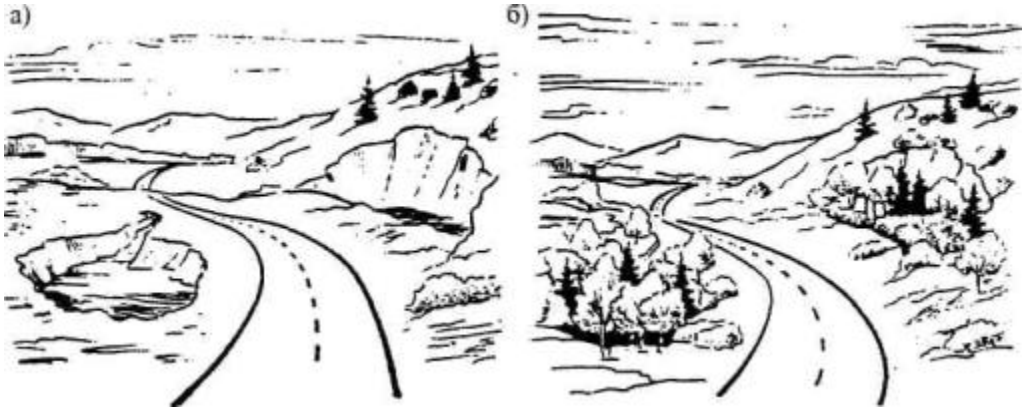


Рис. 9.6. Маскировка грунтового карьера посадкой деревьев:
а - придорожная полоса после строительства дороги; б - после декоративных посадок

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

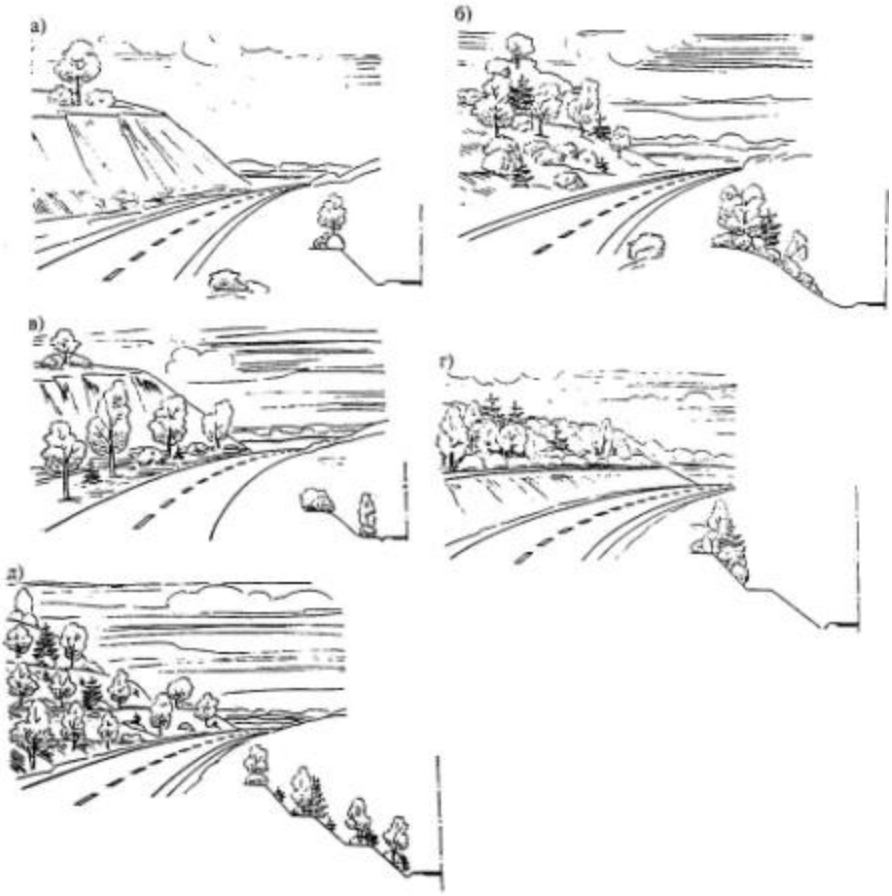


Рис. 9.7. Способы маскировки высоких обнаженных откосов насыпей и выемок растительными посадками:
а - некрасивый обнаженный откос выемки; б - посадка на откосе деревьев и кустарников; в - посадка вдоль дороги высокорослых деревьев; г - уменьшение видимой высоты откоса устройством бермы и засаживанием части откоса, расположенного выше бермы деревьями и кустарниками; д - то же, с устройством на откосе нескольких берм

Первые три пункта направлены на обеспечение плавности и психологической ясности дороги для водителей **(«внутренняя гармоничность трассы»).**

Два последующих преследуют цель согласования дороги с придорожной полосой **(«внешняя гармоничность трассы»).**

При решении всех этих задач должны соблюдаться требования действующих нормативных документов.

Ведущим в процессе ландшафтного проектирования является инженер-дорожник - автор проекта. При сравнении возможных вариантов дороги и уточнении проектных решений отдельных ее участков желательно также участие

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

архитектора, оценивающего их с точки зрения удовлетворения эстетическим критериям и дающего советы в отношении осуществления лучшей увязки дороги с ландшафтом и архитектурной композицией придорожной полосы. При этом дорога со всеми ее элементами (трасса, искусственные сооружения, придорожные постройки, обстановка пути, снегозащитные и декоративные посадки) должна рассматриваться как единый архитектурный ансамбль, который должен обладать определенным единством.

Попытки улучшения неудачно запроектированной дороги средствами ландшафтной архитектуры, в первую очередь маскирующими декоративными посадками, как правило, обречены на неудачу и сводятся к украшательству.

9.5. Согласование элементов трассы с ландшафтом

Согласование дороги с ландшафтом основывается на закономерностях сочетания элементов ландшафта. Трасса дороги должна соответствовать изменению общего ритма взаимного расположения элементов рельефа, сглаживания их в соответствии с требованиями пространственной плавности и ясности трассы. Трасса в пространстве должна представлять плавную линию с отсутствием резких изгибов и переломов, нарушающих ее общий ритм. Она может состоять из сочетающихся прямых, круговых и переходных кривых с закономерно изменяющейся кривизной или быть кривой непрерывно изменяющейся кривизны, участки которой описываются двух или трехмерными сплайнами.

При следовании вдоль водотоков или по берегам больших водоемов трассу удаляют примерно на одинаковое расстояние от водного зеркала, пересекая узкие заливы мостами или насыпью. В некоторых случаях осью ландшафта, в непосредственной близости к которой трассируется автомобильная дорога, могут быть и существующие другие инженерные сооружения: мелиоративные, ирригационные и судоходные каналы, железные дороги, линии электропередачи и т.д.

Идея согласования дороги с ландшафтом отнюдь не означает полного ее подчинения формам рельефа или элементам ситуации. В каждом ландшафте есть основные, характеризующие его элементы, на которые и следует ориентироваться при трассировании дороги. Автомобильная дорога должна следовать крупным формам рельефа, не считаясь с множеством малых и мельчайших складок местности или извилин границ леса. Степень согласования дороги и ландшафта во многом определяется значением дороги.

Чем выше категория дороги, тем более строгие требования к согласованию должны предъявляться. В отдельных случаях, например, в курортных районах и в заповедниках, трассирование дороги может быть полностью подчинено задаче внезапного раскрытия перед участниками движения красивых видов и при этом

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

могут даже предусматриваться специально размещаемые с этой целью смотровые площадки.

В число многочисленных задач дорожного озеленения входит и использование древесных и кустарниковых посадок как средства согласования дороги с ландшафтом, его украшения и дополнения. Тщательно подобранные совместно со специалистом-озеленителем древесно-кустарниковые посадки позволяют:

закрывать вид с дороги на некрасивые или неудачные места придорожного ландшафта или сооружения самой дороги: выработанные придорожные карьеры, обнаженные откосы выемок на покрытых растительностью склонах холмов, насыпи подходов к пересекающих дорогу путепроводам, складские территории вблизи границ полосы отвода и т.д.;

устранять монотонные и однообразные виды длинных прямых участков в лесных районах путем посадки декоративных групп деревьев и расчистки границ просек;

создавать в однообразной степной местности на придорожной полосе отдельные декоративные группы, привлекающие и активизирующие внимание водителей;

на подъездах к городам и курортным поселкам подчеркивать приближение к цели путешествия, а в некоторых случаях и создавать настроение торжественности, используя для этих целей посадки аллей из высоких деревьев на прямых участках автомобильных дорог;

создавать зрительные ориентиры в виде «барьерных» посадок, показывающих водителям предстоящие изменения направления трассы и крутизну поворота за пределами фактической видимости, «обозначающих» посадок, указывающих в степных районах места пересечений и примыканий второстепенных дорог в одном уровне и т.д.

9.6. Особенности трассирования автомобильных дорог в характерных ландшафтах

Из всего многообразия факторов (как природных, так и возникших в результате деятельности человека), которые определяют современные географические ландшафты, необходимо выделить, прежде всего, высотные и плановые препятствия, между которыми должна быть уложена трасса автомобильной дороги. Выделяемые далее типичные ландшафты могут встречаться в различных географических зонах, что придает общность описываемым приемам трассирования.

Выделяют следующие основные типы характерных ландшафтов, идентичные по принципам трассирования автомобильных дорог: равнинные (степной, низменный

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

заболоченный, лесисто-болотистый); холмистые (пересеченная лесостепь, сильно холмистый, моренный ландшафт, ландшафт речных долин); горные (предгорья, морские побережья, долины горных рек, высокогорные перевальные участки).

В **степных районах** рельеф и ситуация местности не вносят существенных ограничений при трассировании автомобильных дорог как в плане, так и в продольном профиле. В этих районах, как правило, отсутствуют какие-либо препятствия при трассировании дорог длинными прямыми протяжением иногда до нескольких десятков километров. Однако движение по длинным прямым в открытой однообразной равнинной местности для водителей грузовых автомобилей сопряжено с повышенной утомляемостью, снижением внимательности, а в отдельных случаях даже с впадением в дремотное состояние. Водители легковых автомобилей нередко теряют контроль над скоростью. В ночное время на длинных прямых участках повышается опасность ослепления водителей светом фар встречных автомобилей. Все это приводит к увеличению числа дорожно-транспортных происшествий на длинных прямых участках автомобильных дорог.

Предельную длину прямых в плане рекомендуется ограничивать согласно таблице 9.1. Рекомендуется также ограничивать суммарную длину прямых, сопрягаемых короткими кривыми в плане. Если длина кривой в плане менее 300 м, суммарная длина двух сопрягаемых ею прямых также не должна превышать величин указанных в таблице 9.1. более чем на 20 %.

Таблица 9.1.

Предельные длины прямых в плане

Категория дороги	Предельная длина прямой в плане на местности, м	
	Равнинной	Пересеченной
Автомобильные дороги I категории	3500-5000	2000-3000
Автомобильные дороги II и III категорий	2000-3500	1500-2000

Примечание. Большие длины прямых применяют при наличии в транспортном потоке грузового движения менее 30 %, меньшие - более 30 %.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Установлено, что длина прямых не должна превышать расстояний, проходимых автомобилями с расчетной скоростью за 3-4 минуты и составлять не более длин, рекомендуемых табл. 9.1.

Выполнение этих требований, как правило, не требует искусственного искривления трассы, так как при детальном изучении микрорельефа равнинной местности обычно всегда обнаруживается достаточно много причин, делающих обоснованным искривление трассы (участки поверхностного заболачивания и пятен избыточного засоления, места с необеспеченным стоком поверхностных вод, лесные массивы и рощи в степных районах, мелкие элементы рельефа, не находящие отражения на топографических картах, но влияющие на условия поверхностного водоотвода, ценные сельскохозяйственные угодья, населенные пункты, понижения местности, над которыми в безветренные летние ночи образуются туманы, ограничивающие видимость и т.д.).

Допустимая длина прямых участков трассы связана также с окружающей местностью. Всякие выделяющиеся элементы местности привлекают к себе внимание водителей и способствуют повышению их сосредоточенности. В связи с этим, всегда оправдывает себя направление дороги на хорошо заметные из далека ориентиры - «доминанты», выделяющиеся на общем фоне местности - горы, высокие здания и заводские сооружения, шахтные терриконы, соборы и церкви (рис. 9.8).

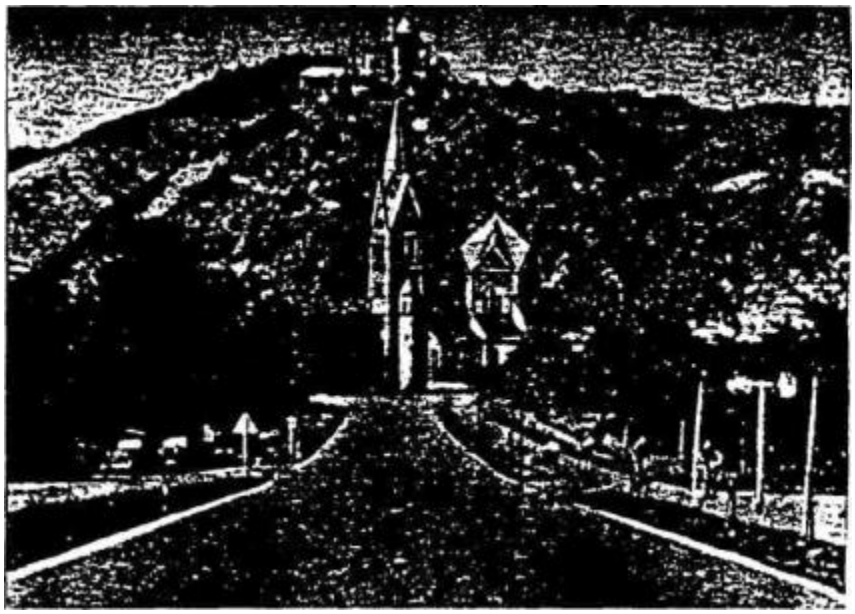


Рис. 9.8. Трассирование автомобильной дороги на «доминанту». Издалека видно дальнее сооружение, расположенное на горе; вблизи доминирующее влияние оказывает нижнее, свидетельствующее о повороте дороги

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

При отсутствии на местности естественных ориентиров их создают искусственно в виде декоративных групп деревьев на придорожной полосе (рис. 9.9) или в виде памятников и обелисков, указывающих на расположенные в стороне от дороги достопримечательности местности.

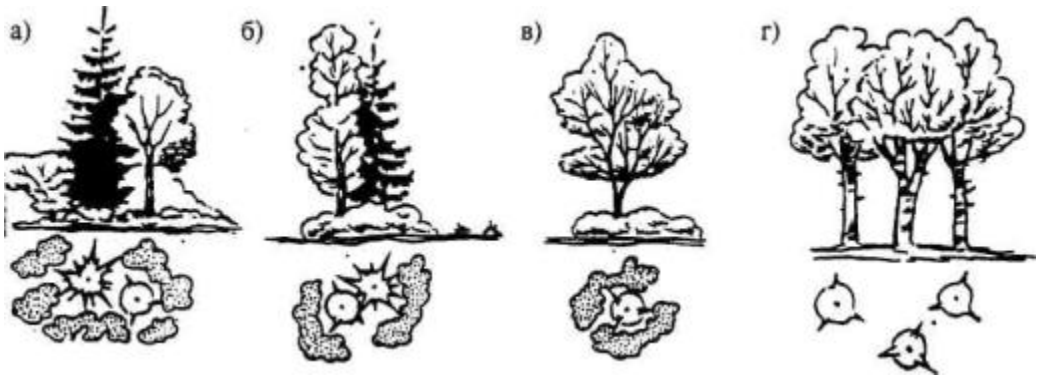


Рис. 9.9. Примеры групповых декоративных придорожных насаждений:
а - из двух деревьев и высокого кустарника; б - из двух деревьев и низкого кустарника; в - из одного дерева; г -из деревьев без посадки кустарника

Радиусы смежных кривых в плане должны различаться не более чем в 1,3 раза. Параметры смежных переходных кривых при сопряжении кривых в плане разных знаков рекомендуется назначать одинаковыми.

При малых углах поворота (менее 7°) радиусы кривых в плане рекомендуется назначать в зависимости от величины угла поворота по таблице 9.2.

Таблица 9.2.

Наименьшие радиусы кривых в плане при малых углах поворота трассы

Угол поворота, град	1	2	3	4	5	6	7
Наименьший радиус круговой кривой, м	30 000	20 000	10 000	6000	5000	3000	2500

Рекомендуется избегать коротких прямых вставок между кривыми в плане одного знака. При длине прямой менее 100 м рекомендуется заменять смежные кривые одной кривой большего радиуса, при длине прямой вставки от 100 до 300 м последнюю целесообразно заменять переходными кривыми соответствующей суммарной длины.

Глубокие долины малых рек и **широкие балки** нецелесообразно пересекать длинными прямыми, так как затяжные спуски, в которых глубокие выемки

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

переходят в нижней части спуска в высокие насыпи, характеризуются повышенной аварийностью.

Опасными являются участки перехода из выемок в насыпи и на съездах с мостов со сплошными перильными ограждениями, на которых автомобили могут подвергнуться внезапному приложению боковой ветровой нагрузки.

Желательность искривления плана дороги на крутых подъемах после пересечения долин связана также с возникновением в этом случае зрительным обманом. Взгляд водителя направлен при движении в направлении спуска в долину параллельно проезжей части, поэтому последующий подъем представляется ему значительно более крутым, чем есть на самом деле. У водителей создается иллюзия, что он движется по горизонтальному участку, а впереди ожидается подъем с крутизной, равной сумме фактических уклонов подъема и спуска (рис. 9.10).

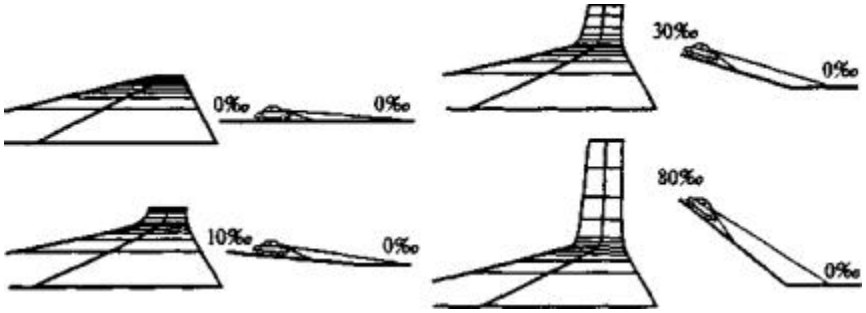


Рис. 9.10. Кажущееся увеличение продольного уклона при спуске по прямым участкам дороги разной крутизны

В ряде случаев это приводит к тому, что в нижней части склонов водители развивают опасно высокие скорости с намерением форсировать кажущиеся крутые подъемы с помощью инерции.

Местные дороги пересекают магистрали по путепроводам с высокими насыпями на подходах. Желательно в таких случаях маскировать эти насыпи декоративными посадками, расположенными у подошвы насыпи (рис. 9.11).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

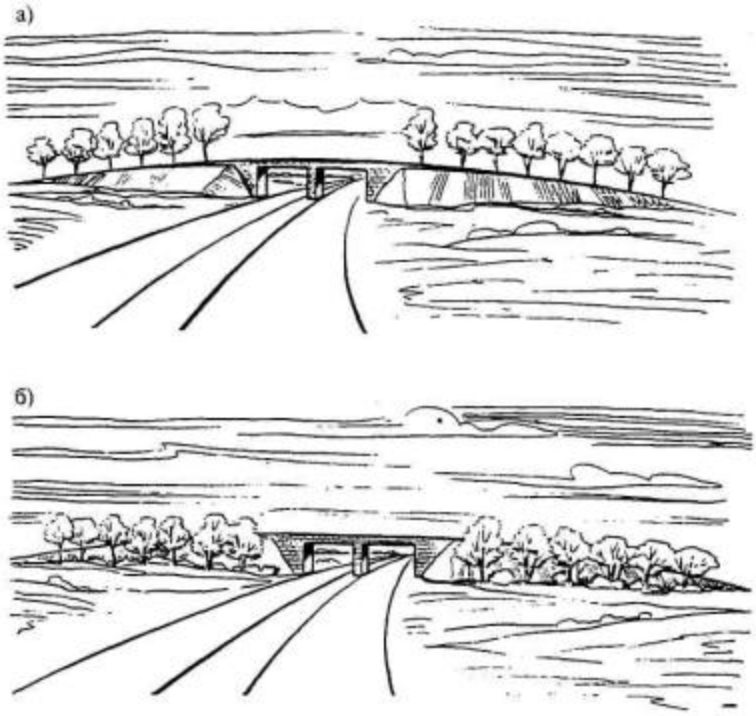


Рис. 9.11. Маскировка высокой насыпи в равнинной местности на подходах к пересечению в разных уровнях:
а - деревья, посаженные на насыпи, зрительно увеличивают ее высоту и делают еще более бросающейся в глаза и некрасивой; б - высокие деревья, посаженные у подошвы насыпи, маскируют ее

Ландшафты осваиваемых заболоченных низменностей и **орошаемых районов** характеризует ярко выраженная созидательная деятельность человека, превращающего системой ирригационных и мелиоративных каналов ранее заболоченные или пустынные территории в плодородные сельскохозяйственные угодья.

Соображения экономии производства строительных работ и обеспечения лучшей организации сельскохозяйственного производства в большинстве случаев предопределяют трассирование дорог, по возможности, в непосредственной близости и параллельно направлению каналов, хотя это заметно ухудшает водно-тепловой режим земляного полотна автомобильных дорог. На вновь осваиваемых территориях это требует совместного решения дорожных и ирригационно-мелиоративных проблем. Дороги высших категорий трассируют в соответствии с требованиями экономичности перевозок, пересекая каналы.

Трассы местных дорог подчиняют ирригационно-мелиоративной сети. Они состоят из прямых участков, обычно окаймленных рядами деревьев и сопряженных кривыми минимальных радиусов. Плоский характер местности и неблагоприятные

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

гидрогеологические условия в связи с высокими уровнями грунтовых вод обусловливают расположение дорог в невысоких насыпях.

В **лесисто-болотистых** и **лесных районах в равнинной** и **слабо холмистой местности** автомобильные дороги трассируют по длинным однообразным лесным просекам. Обязательными мерами устранения однообразности и монотонности вида дороги являются посадки по краям просек декоративных растительных групп, отличающихся цветом листвы от основного фона леса. Впечатление прямолинейности коридора может быть исключено посредством посадки выступающих групп деревьев или вырубкой, по договоренности с органами управления лесным хозяйством, в основном лесном массиве углублений - «бухт» (рис. 9.12).

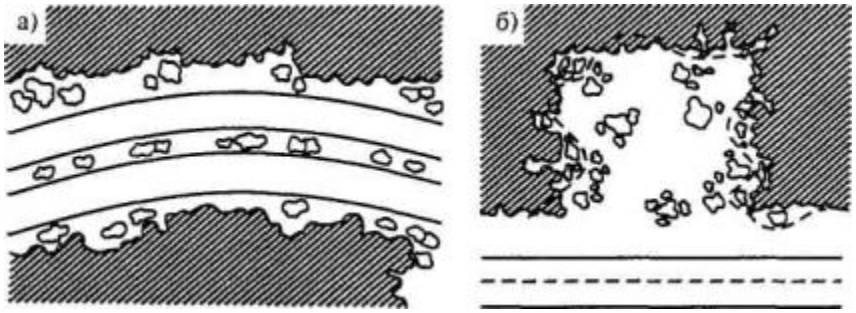


Рис. 9.12. Устранение прямолинейных краев просек и исправление прямолинейных границ вырубок:
а - устройством местных уширений и посадкой деревьев; б - улучшением придорожных полян приданием их контурам неправильной формы, а также посадкой деревьев и кустарников

Ландшафт лесостепи характеризуется наличием развитых малых форм рельефа и частых долин постоянных и временных водотоков: рек, заросших балок и действующих оврагов. Леса в этой зоне расположены своеобразными островами, представляющими в связи с их относительно малыми площадями значительную ценность. Поскольку элементы рельефа не создают существенных препятствий для трассирования, за редким исключением дороги трассируют с соблюдением допустимых продольных уклонов, не затрагивая лесных массивов.

Наиболее целесообразным является трассирование дорог вдоль опушек лесных массивов, что не мешает сельскому хозяйству, так как не вызывает необходимости перепланирования полей и не отрезает от них узких полос, дальнейшее использование которых в сельскохозяйственном обороте становится затруднительным в связи с невозможностью их механизированной обработки.

В южных районах целесообразно обходить даже небольшие рощи. При необходимости их пересечения нельзя делить лес прямой сквозной просекой на

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

зрительно изолированные друг от друга части. Дорога должна входить в лес на закруглении (рис. 9.13).

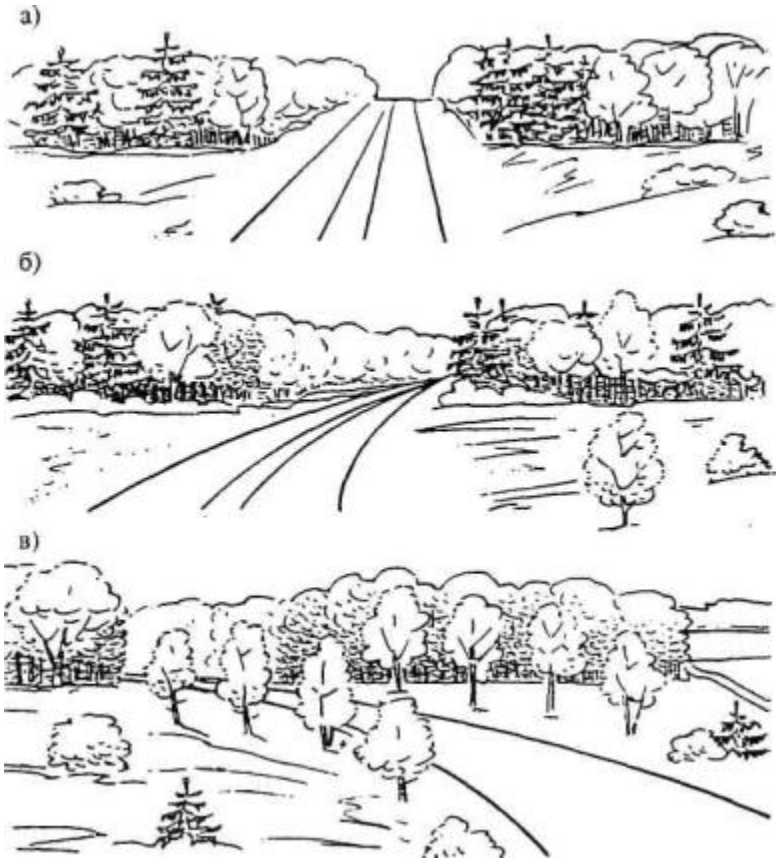


Рис. 9.13. Особенности проектирования автомобильных дорог на участках входа в лес:
а - прямолинейное пересечение леса; б - вход в лес на кривой; в - посадка деревьев и кустарников на входных участках

При неизбежности прохода дороги через небольшие рощи прямыми участками некрасиво выглядят как пересечение их точно посередине, так и резко ассиметричные, при которых отрезаются узкие полоски леса.

Чтобы предотвратить заносы дорог снегом, переносимом вдоль опушек леса, отклоняющих общее направление ветрового потока, на участках автомобильных дорог, которые прилегают к лесу, располагают групповые посадки деревьев и кустарников. По мере приближения к лесу эти посадки должны становиться все более густыми и увеличивающимися по высоте. Их назначение состоит в смягчении перехода от открытого пространства к узкой лесной просеке и плавном изменении боковой ветровой нагрузки на автомобиль.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В южной части лесостепной и степной зон большое значение приобретает сохранение не только существующих лесов, но даже отдельных групп деревьев. В большинстве случаев бывает достаточно незначительного смещения трассы в сторону для сохранения красивой группы деревьев. При реконструкции дорог необходимо стремиться к использованию существующих придорожных насаждений.

Холмистый ландшафт складывается из более развитых элементов рельефа. Для сокращения объемов земляных работ рекомендуется осуществлять трассирование в виде кривых преимущественно больших радиусов с вписыванием их в элементы ситуации и рельефа с обязательным прохождением между крупными элементами ландшафта.

Основная трудность трассирования дорог в холмистой местности заключается в выявлении основных форм рельефа, с которыми должна быть увязана трасса без подчинения мелким второстепенным элементам. Чем выше категория дороги и шире земляное полотно, тем с более крупными элементами рельефа должна увязываться трасса. Это обусловлено тем, что для обеспечения плавности широкого земляного полотна требуется вводить кривые больших радиусов, чем при узком земляном полотне. Влияние пересекаемых дорогой небольших впадин и отрогов холмов обычно уничтожается планировочными работами и плавным сопряжением земляного полотна с прилегающей местностью.

Дорога в холмистой местности в результате сочетания подъемов и спусков с кривыми в плане обычно открыта для обзора на значительном протяжении, особенно на спусках с водоразделов. Непродуманное сочетание элементов плана и продольного профиля с элементами ландшафта в этом случае особенно резко бросается в глаза.

В условиях холмистого ландшафта наиболее целесообразным является проектирование трассы в плане сопрягающимися кривыми с введением переходных кривых большой длины и с большими параметрами, типа клотоид и сплайнов.

При сильно извилистых трассах на местности с пересеченным рельефом иногда бывает трудно обеспечить видимость дороги на большом расстоянии. В таких случаях целесообразно предусматривать обгонные участки с увеличенными расстояниями видимости, располагаемые на прямых или кривых в плане больших радиусов. Длины этих участков в зависимости от категории дороги должны быть не менее Утроенного расстояния видимости встречного автомобиля.

К прямым участкам следует относить в данном случае и так называемые **«квазипрямые»** - конечные участки переходных кривых, в пределах которых ось дороги отклоняется от действительно прямого направления не более чем на 1 м.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В **горной местности** высотные элементы ландшафта преобладают настолько, что любое неподчинение им дороги сопряжено с резким увеличением сметной стоимости строительства. Согласование с ландшафтом для горных дорог сводится к огибанию элементов горного рельефа с отклонением от них на минимальные расстояния, необходимые для соблюдения требований к элементам плана и продольного профиля в трудных условиях рельефа.

При обеспечении достаточно высоких технических нормативов для автомагистралей геометрическая правильность их очертания приобретает решающую роль в формировании нового ландшафта горной местности. Дорога становится господствующим и организующим элементом крутых склонов горного ландшафта, не затронутого деятельностью людей. Монументальные инженерные сооружения - серпантины, подпорные стенки, мосты, балконы, тоннели, противолавинные и противоселевые галереи, выделяясь на однообразной поверхности горных склонов, сосредоточивают внимание и определяют характер ландшафта. В данном случае гармоничное сочетание дороги с ландшафтом достигается контрастностью между геометрически правильными элементами дороги и хаотичностью горного ландшафта.

В согласовании дорог с ландшафтом в горной и сильно пересеченной местности существенное значение приобретает оформление откосов и обнажений склонов получившихся при устройстве земляного полотна на полках косогоров. Средством маскировки обнажений могут быть посадки кустарника и ползучих растений в грунт, которыми заполняют выдолбленные в откосе карманы.

9.7. Согласование земляного полотна с ландшафтом

Одним из главных принципов увязки дороги с ландшафтом является условие, чтобы дорога не выделялась резко на общем фоне местности. Поэтому целесообразен поперечный профиль земляного полотна с округленными очертаниями пологих поперечных откосов, плавно переходящих в поверхность прилегающих элементов рельефа (рис. 9.14).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

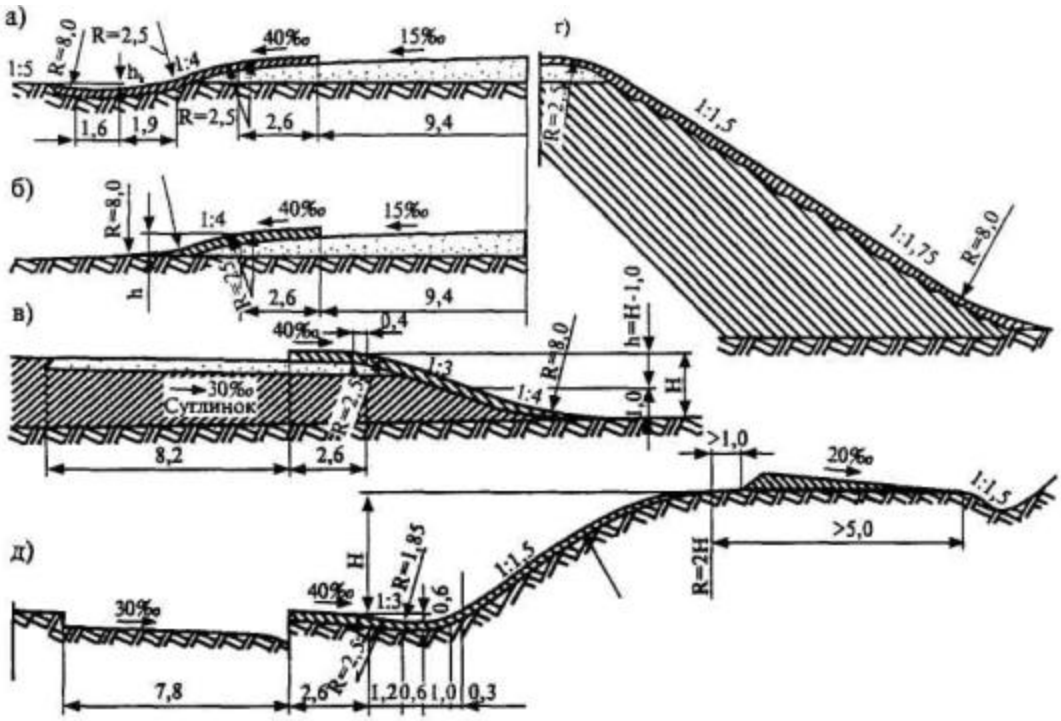


Рис 9.14. Обтекаемые поперечные профили земляного полотна, принятые в России: а - невысокая насыпь с лотком вместо боковой канавы; б - невысокая насыпь с пологими откосами; в - насыпь высотой до 2 м; г - высокая насыпь с откосами переменной крутизны: д - выемка с лотками и округленными кромками откосов

Пологие обтекаемые откосы имеют следующие преимущества по сравнению с обычно применяемыми откосами постоянной крутизны: обеспечивают безопасность движения, поскольку при отсутствии боковых канав автомобиль, потерявший управление, имеет возможность съехать по пологому откосу с насыпи на прилегающую полосу отвода; возрастает уверенность водителя в управлении автомобилем, так как он видит весь откос, а не только бровку земляного полотна, закрывающую от него вид на откос насыпи; обеспечивается лучшее обтекание земляного полотна снеговетровым потоком и снег переносится через дорогу, не откладываясь на проезжей части.

При индивидуальном проектировании земляного полотна, например, в парковых зонах, мелкие выемки и невысокие насыпи обязательно устраивают с пологими откосами. Коэффициент заложения откосов принимают тем большим, чем ниже насыпь. У мелких насыпей откосам придают заложение 1:4 - 1:6. Высокие насыпи устраивают или с постоянным по высоте заложением откосов, или даже делают откосы ломаными с крутизной уменьшающейся по мере приближения к подошве. Откосы выемок чаще всего устраивают с откосами постоянной крутизны.

Большое внимание уделяют сопряжению земляного полотна с прилегающими формами рельефа, добиваясь их плавного слияния. Для этого верхнюю часть

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

откосов выемок и подошву насыпей плавно сопрягают с прилегающей поверхностью грунта по круговым кривым малого радиуса, обычно принимаемого равным одной-двум величинам рабочих отметок.

При сильно пересеченном рельефе местности для лучшего вписывания дороги в ландшафт крутизну откосов выемок и насыпей следует изменять как по высоте, так и по протяжению дороги в зависимости от значения рабочих отметок. Для наилучшего сочетания форм земляного полотна с ландшафтом необходимо:

устраивать более пологие откосы, чем меньше рабочие отметки насыпей и выемок. Наиболее просто достигнуть этого можно, приняв постоянный размер подошвы откоса, соответствующий крутизне откоса 1:1,5 в месте наибольшей глубины выемки;

наряду с округлением кромок земляного полотна использовать плавные формы перехода элементов земляного полотна в окружающие элементы рельефа, например, заполняя пазухи с верховых сторон насыпей на косогорах или срезая бугры, образующиеся в выемках на косогорах у низовых сторон откосов;

на участках перехода из выемок в насыпи устраивать очень пологие откосы с заложением от 1:7 до 1:12, что способствует уменьшению заносимости дороги снегом;

в местах, где дорога пересекается путепроводами, прилегающим участкам земляного полотна придавать геометрически правильные очертания, плавно переходящие через 20-40 м в обтекаемые поперечные профили;

при длинных затяжных выемках примерно постоянной глубины, которые приходится устраивать с откосами постоянного заложения, для расчленения однообразного вида откосов использовать посадку декоративных групп деревьев и кустарников;

избыточный грунт, получаемый при разработке выемок, в первую очередь, использовать для засыпки пониженных мест рельефа с одновременной рекультивацией для передачи сельскому хозяйству, а при невозможности этого - отсыпать вблизи дороги отвалы, оформляемые на основе проектов, разработанных ландшафтным архитектором;

применять раздельное трассирование проезжих частей автомагистралей на косогорных участках, поскольку трассирование по склонам в сильно пересеченной местности автомагистралей с разделительной полосой требует выполнения значительных объемов земляных работ для размещения широкого земляного полотна на полке и в полувыемке-полунасыпи. При этом дорога начинает резко выделяться на местности, ухудшая вид ландшафта большими обнаженными поверхностями откосов. Особенно заметно это бывает на склонах, покрытых лесом.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Более экономичное решение достигается при расположении проезжих частей уступами на разных уровнях, что эффективно уже при разностях высот проезжих частей более 0,1 м. Переход от общей трассы к участкам ступенчатого, раздельного трассирования допускается только на участках кривых в плане (рис. 9.15).

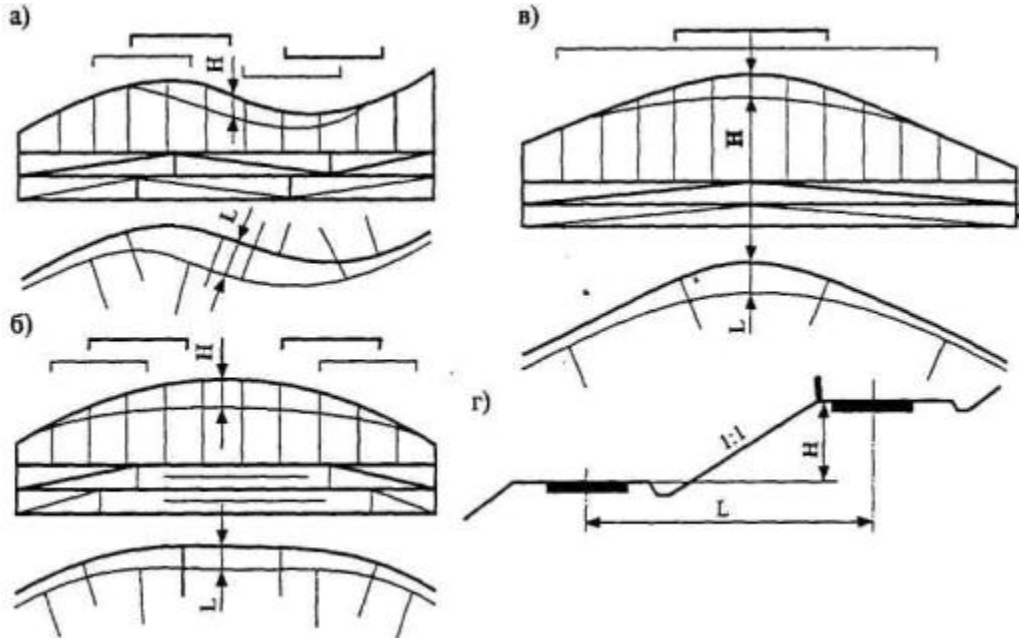


Рис. 9.15. Способы перехода от обычного расположения проезжих частей к ступенчатому на автомагистралях с разделительной полосой:
а, б, в - продольные профили и планы трассы; г - поперечный профиль

При этом не должна нарушаться плавность трассы обеих направлений, и каждая из проезжих частей должна удовлетворять нормативам плана и продольного профиля, принятым для автомагистрали в целом.

В сложных условиях рельефа также применяют самостоятельное трассирование обеих проезжих частей. В этом случае ведется трассирование как бы двух параллельных дорог, по каждой из которых происходит одностороннее движение в соответствующих направлениях. Сложным является в данном случае обеспечение впечатления единой дороги. Для этого проезжие части должны периодически сближаться.

9.8. Правила обеспечения зрительной плавности и ясности трассы

Основные требования, которым должна удовлетворять трасса дороги в пространстве сводятся к следующему:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Ритмичность изменения размеров элементов трассы («**внутренняя гармония трассы**») - закономерность чередования и изменения элементов трассы (длин, углов поворота, радиусов кривых);

согласованность с ландшафтом **(«внешняя гармония трассы»)** - соответствие элементов дороги элементам рельефа и ситуации;

зрительная плавность трассы - отсутствие искажений вида дороги в перспективе, создающих у водителей ошибочное впечатление о необходимости в дальнейшем резкого изменения режима движения;

психологическая ясность трассы - создание продолжением дороги, придорожной обстановкой и озеленением у водителей уверенности в дальнейшем направлении дороги за пределами фактической видимости, что позволяет прогнозировать режимы движения.

Для выполнения этих требований необходимо движение по дороге осуществлять практически с постоянной скоростью, исключив необходимость частых торможений и последующих разгонов. Водитель должен быть ориентирован в направлении дороги и в дорожной обстановке на расстоянии, существенно превышающем нормативное расстояние видимости, что обеспечивает возможность уверенного управления автомобилем.

При проектировании необходимо исключать зрительные искажения вида впереди лежащих участков дороги, связанные с тем, что водители воспринимают их в перспективе под малым углом зрения, причем оптическая ось глаза направлена не по горизонтали, как в обычных условиях, а параллельно уклону того участка дороги, на котором автомобиль в данный момент находится. В результате изменения вида дороги в перспективе круговые кривые представляются водителям деформированными, длина кривых уменьшенной, а крутизна поворота значительно возросшей. Угол поворота в несколько градусов, искажаясь в перспективе, кажется поворотом в 15-20° и более. Короткая кривая между длинными прямыми воспринимается как крутой изгиб дороги, а сравнительно пологие поднимающиеся участки за длинными спусками - как крутые подъемы. Эти особенности восприятия отражаются на избираемых водителями режимах движения, как правило, более напряженных, чем позволяют фактические дорожные условия (см. рис. 9.10).

По предложению проф. Е.М. Лобанова за критерий зрительной плавности принимают изменение кривизны линий, образующих изображение дороги на картинной плоскости, на которую как бы проецируется дорога при взгляде водителя. Из контурных линий, определяющих вид дороги, наиболее характерной является внутренняя кромка дороги - «ведущая линия» (рис. 9.16), математической характеристикой изображения которой является радиус в точке с наибольшей видимой кривизной (в «экстремальной точке»).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

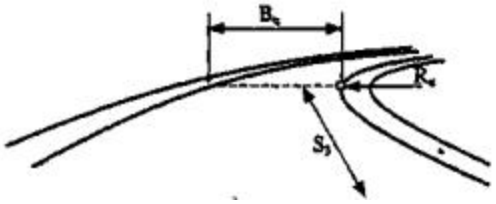


Рис. 9.16. Характеристики изображения в картинной плоскости, определяющие зрительную плавность дороги

$$R_\alpha = \frac{RH^2}{S_\alpha^3} K,$$ где

R - радиус кривой в плане, м;

H - высота глаза водителя над поверхностью проезжей части, м;

S_α - расстояние от водителя до экстремальной точки, м;

$K = \frac{10^4}{2,91}$ - коэффициент перехода к градусным единицам измерения.

Вид дороги считается зрительно плавным при соблюдении условия (9.2):

$$B_\alpha < 1,6\sqrt{R_\alpha - 1}$$ где

(9.2)

$B_\alpha = \frac{B_{ви}}{0,18}$ - видимая ширина проезжей части, м.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

По мере сокращения расстояния от автомобиля до критической точки зрительная плавность дороги возрастает. Желательно, чтобы она была обеспечена при взгляде с границ ландшафтного бассейна и, во всяком случае, на расстоянии не меньшем видимости из условия обгона.

Трассу автомобильной дороги следует рассматривать как плавную линию в пространстве. Недопустимо проектировать план, продольный профиль и поперечные профили земляного полотна независимо друг от друга, без учета их взаимного влияния, создаваемых условий движения и зрительного восприятия дороги. Рациональное сочетание элементов дорог в плане и продольном профиле всегда подразумевает вертикальные и горизонтальные проекции плавной пространственной линии. Плавность трассы должна быть обеспечена в пределах видимых водителем участков местности («**ландшафтных бассейнов**»), на которые ее расчленяют естественные препятствия - элементы рельефа и ситуации.

Следует избегать использования предельно допустимых норм на элементы плана и продольного профиля (минимальные радиусы кривых в плане и продольном профиле, максимальные продольные уклоны). Необходимо всегда стремиться применять максимально возможные по местным условиям и не вызывающие чрезмерного удорожания строительства радиусы кривых в плане и профиле, желательно не меньше указанных в СНиП 2.05.02-85. Наибольшая плавность в продольном профиле достигается при проектировании его из вогнутых и выпуклых кривых, непосредственно сопрягающихся друг с другом без промежуточных прямых вставок.

Чем меньше разность смежных уклонов, тем большими должны быть радиусы вертикальных кривых.

Обертывающая проектная линия, точно следующая очертанию форм поверхности земли, нерациональна, так как это часто приводит к получению участков с недостаточной видимостью или неприятной для взгляда волнистой поверхностью. В то же время длинные участки, запроектированные с постоянными продольными уклонами, нерациональны даже при слабо пересеченном рельефе, поскольку их устройство связано с необходимостью строительства высоких насыпей и глубоких выемок.

Наибольшая плавность трассы бывает обеспеченной при совпадении вертикальных и горизонтальных кривых. Желательно, чтобы длина горизонтальной кривой превышала длину выпуклой вертикальной кривой, а радиус выпуклой кривой превышал радиус кривой в плане не менее чем в 8 раз. Несовпадение вершин кривых допустимо не более чем на 1/4 длины наименьшей из них. Взаимное смешение вершин горизонтальных и вогнутых вертикальных кривых допустимо только в исключительных случаях, но при этом поворот влево следует разбивать перед вогнутостью продольного профиля, а поворот вправо - за ней (рис. 9.17).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

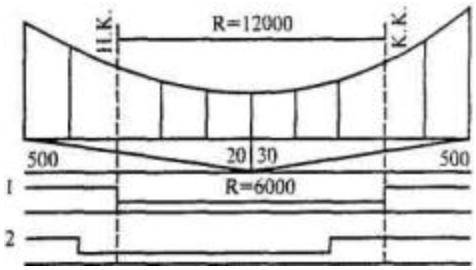


Рис. 9.17. Сочетание кривых в плане с вогнутыми вертикальными кривыми:
1 - рекомендуемое; 2 - допустимое

Вогнутые кривые на прямых участках допустимы, если сумма продольных уклонов тангенсов вертикальных кривых не превышает максимального допустимого уклона. В противном случае вогнутую кривую целесообразно совмещать с кривой в плане большого радиуса. Наилучшая плавность достигается, если радиусы вертикальных вогнутых кривых не менее чем в 6 раз превышают соответствующие радиусы горизонтальных кривых.

Следует избегать сопряжений концов кривых в плане с началом выпуклых или вогнутых вертикальных кривых, расположенных на последующих прямых участках. В первом случае для водителей автомобилей, следующих в сторону вертикальной кривой, не ясно дальнейшее направление дороги. Во втором случае создаются участки с плохой видимостью ночью при свете фар.

Для обеспечения на дороге видимости на большом расстоянии следует избегать сочетания элементов трассы, в результате которых для водителей остается неопределенным дальнейшее направление дороги. К их числу относятся: короткие вогнутые участки в продольном профиле на прямых и кривых в плане большого радиуса, которые создают впечатление карманов или просадок; резкие снижения продольного уклона на подъемах, при которых нарушается видимость проезжей части на большом расстоянии; крутые выпуклые участки, как бы упирающиеся в небо, на вершинах выпуклых кривых малого радиуса или на путепроводах пересечений дорог в разных уровнях.

Количество переломов в плане и продольном профиле должно быть по возможности одинаковым. Нарушение этого принципа обычно приводит к неудачным решениям, в ряде случаев характеризующимися низкими уровнями удобства и безопасности движения.

Частые переломы продольного профиля на длинных прямых в плане создают при обертывающем проектировании проектной линии неспокойную волнистую поверхность проезжей части (рис. 9.18).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

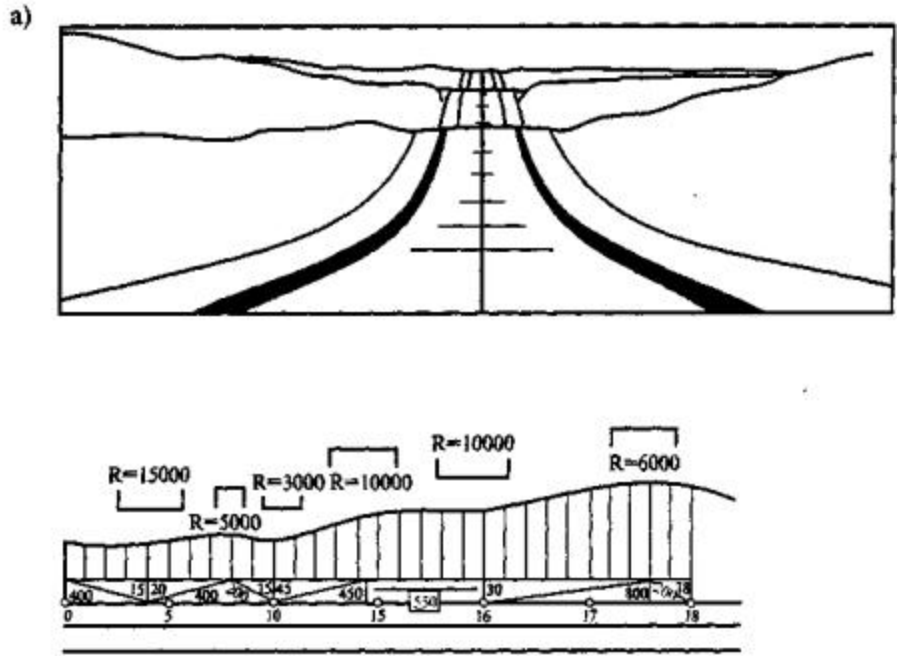


Рис. 9.18. Волнистый вид участка дороги в результате частых переломов продольного профиля на длинных прямых

Если при постоянном продольном уклоне точек перелома в плане больше чем в продольном профиле, получаются S-образные кривые или извилистые участки, вид которых представляется участникам движения логически неоправданным. При регулярном изменении направления трассы на пересечениях цепи холмов («биение трассы») дорога оказывается весьма неудобной и опасной для движения (рис. 9.19).

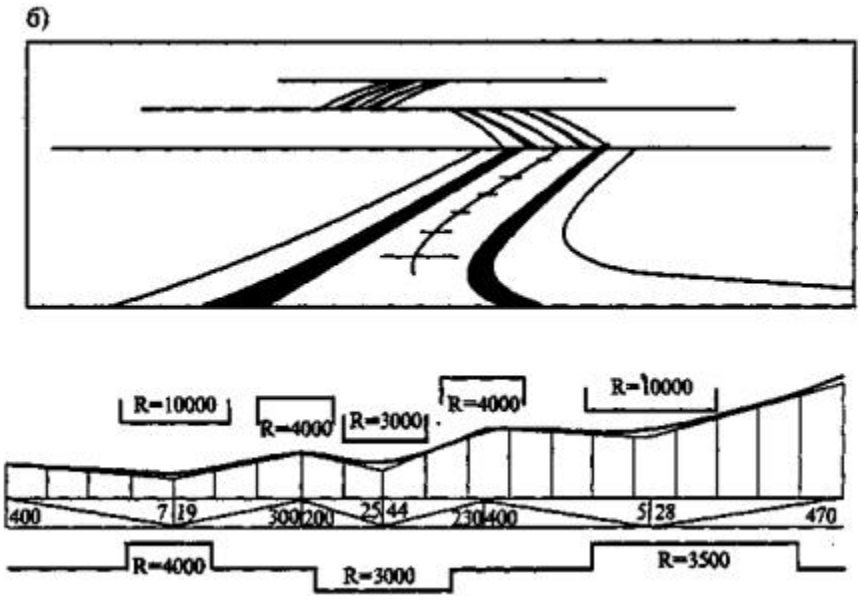


Рис. 9.19. «Биение трассы» при регулярном изменении направления дороги

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Длины прямых и кривых участков дороги в плане должны соответствовать друг другу. Следует избегать:

сочетаний элементов дороги в плане и профиле, которые из-за искажения их вида в перспективе кажутся неплавными, имеющими крутые изломы;

коротких кривых в плане, располагаемых между длинными прямыми, которые водителям издалека кажутся резкими переломами дороги и вызывают необоснованное снижение скорости движения. Поэтому повороты дороги на малые углы должны смягчаться вписыванием кривых больших радиусов (рис. 9.20).

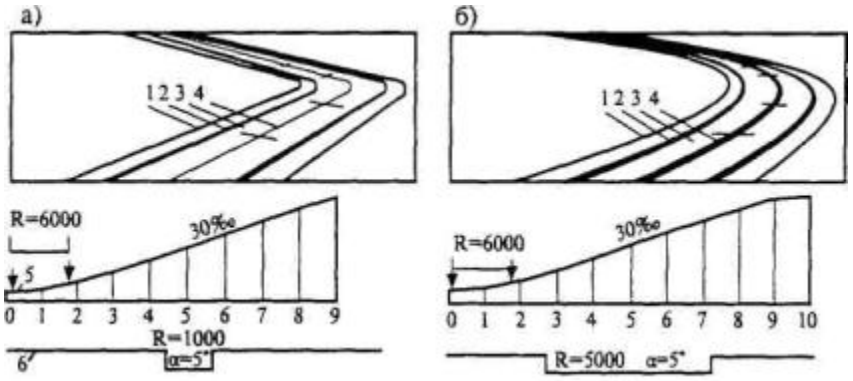


Рис. 9.20. Изменение вида дороги в зависимости от радиуса кривой в плане при малом угле поворота:
а - при малой длине круговой вставки, при радиусе 1000 м; б - то же при увеличении радиуса до 5000 м; 1 - обочина; 2 - краевая полоса; 3 - проезжая часть; 4 - ось дороги; 5 - продольный профиль; 6 - план трассы

В равнинной местности рекомендуются соотношения (табл. 9.3):

Таблица 9.3.

Рекомендуемые соотношения параметров кривых, расположенных на малых углах поворота трассы между длинными прямыми

Длина меньшей из двух прямых, м	Наименьшая длина кривой, м	Наименьший радиус кривой
[3]2000	500	$2R_{min}$
1000	400	$1{,}2R_{min}$

£500	350	R_{min}

Примечание. R_{min} - минимальный радиус для дороги соответствующей категории согласно «Методическим рекомендациям»

коротких прямых вставок между кривыми в плане одного знака. Зрительная плавность не нарушается лишь в том случае, если видимые угловые размеры вставки менее 0,1 Ra ближайшей к водителю кривой. Иначе они воспринимаются как неприятный для взгляда излом дороги (рис. 9.21). Особенно неблагоприятны такие сочетания при совпадении их с вогнутыми вертикальными кривыми. В этих случаях целесообразно заменять круговые кривые с короткой прямой вставкой между ними кривыми больших радиусов трехзвенными коробовыми кривыми;

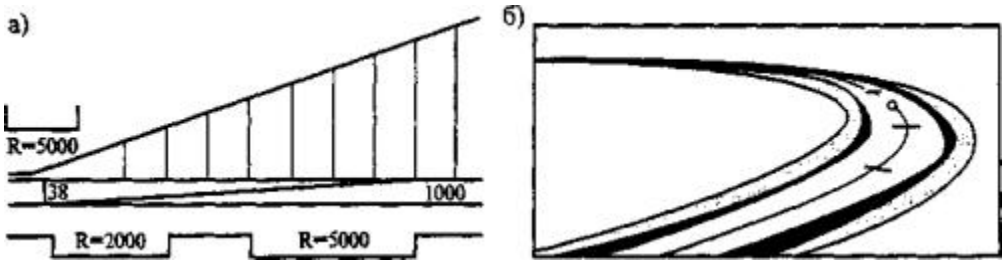


Рис. 9.21. Вид участка дороги с короткой прямой вставкой между двумя кривыми, направленными в одну сторону:
а - продольный профиль и план трассы; б - вид дороги

коротких прямых вставок между смежными кривыми. Условия движения становятся более благоприятными, если увеличить радиусы направленных в одну сторону кривых таким образом, чтобы они непосредственно сопрягались друг с другом. Прямые вставки между обратными кривыми могут быть оставлены, если они воспринимаются как самостоятельный элемент трассы (700 м для дорог I категории с многополосной проезжей частью и 300 м для дорог II, III и IV категорий).

Недопустимы резкие переходы от кривых большого радиуса в плане к кривым малого радиуса. Желательно, чтобы радиусы сопрягаемых или расположенных поблизости друг от друга кривых различались не более чем в 1,3 раза. Это необходимо как для обеспечения зрительной плавности дороги, так и для плавного изменения скоростей движения на смежных участках дороги (не более чем на 10-15 %). Если в каком-либо месте извилистой дороги неизбежно значительное снижение скорости, радиусы предшествующих кривых должны постепенно уменьшаться, чтобы водитель, снижая скорость на каждой последующей кривой по отношению к предыдущей, подъехал к указанному участку с существенно уменьшенной скоростью.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Недопустимы сочетания элементов дорог, при которых в каком-то месте требуется неожиданное Для водителя и не оправданное предыдущим положением дороги резкое снижение скорости, например, расположение кривых малого радиуса среди группы кривых, допускающих движение с высокими скоростями, или устройство кривой малого радиуса на затяжном спуске. Такие места всегда характеризуются повышенной аварийностью. Поэтому радиусы кривых, расположенные в конце спусков длиной более 500 м и с уклонами более 30 ‰, следует увеличивать не менее чем в 1,5 раза по сравнению с минимальными.

Необходимо избегать сочетаний элементов трассы, создающих у водителей ошибочное представление о дальнейшем направлении дороги за пределами фактической видимости (рис. 9.22).

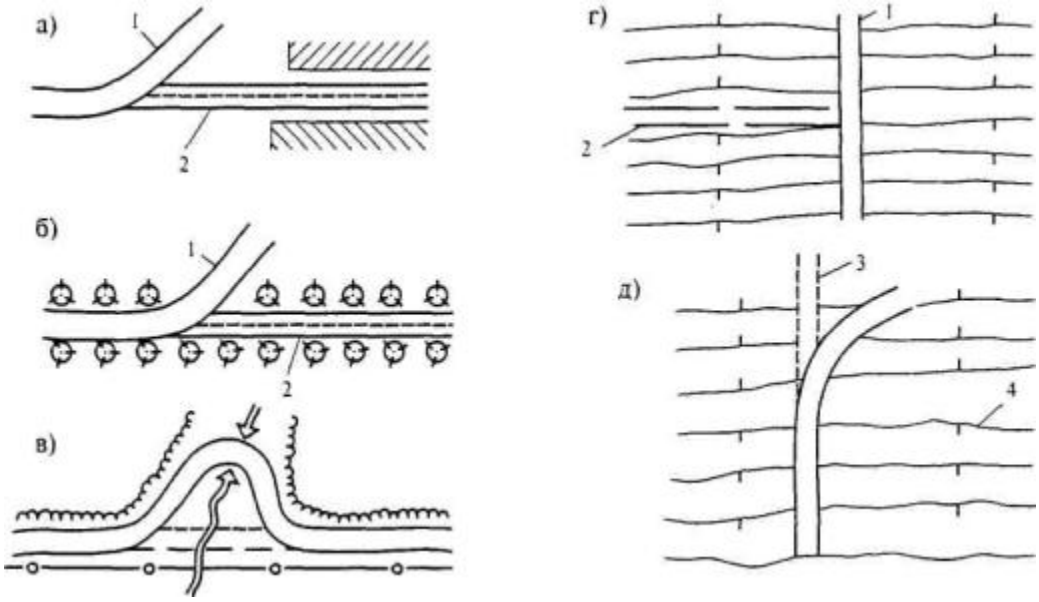


Рис. 9.22. Примеры неудачных сочетаний элементов дорог, которые создают у водителей неправильное представление о дальнейшем направлении дороги:
а, б - незаметный издалека поворот основной дороги (водителю кажется, что она не меняет направления); в - спуск дороги по склонам оврага, когда начало спуска не видно водителю (линия связи, пересекающая овраг по прямому направлению, создает ошибочное представление, что и дорога продолжается прямо); г - примыкание второстепенной дороги на гребне водораздела (водителю кажется, что основная дорога круто поворачивает в сторону); д - скрытый поворот дороги за водоразделом (у водителя создается впечатление, что дорога идет прямо);
1 - основная дорога; 2 - примыкающая второстепенная дорога; 3 - кажущееся водителю направление дороги; 4 - горизонтали местности

При трассировании автомобильной дороги и последующем размещении озеленительных посадок и расстановке оборудования дороги следует соблюдать принцип «зрительного ориентирования» - создания комплекса опорных точек для

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

взгляда водителя, подсказывающего ему последующее направление дороги. При продуманном размещении эти точки могут ориентировать водителей в направлении дороги на сравнительно большом расстоянии за пределами фактической видимости. Для этого края дороги обозначают при помощи видимых издалека предметов - направляющими столбиками, ограждениями бордюрного типа, растительными посадками и т.д.

Средствами зрительного ориентирования являются:

полотно дороги в целом. Например, в случае, когда начало кривой в плане, частично перекрывающееся вертикальной кривой, расположено за пределами продольного профиля, направление движения остается непонятным для водителей (рис. 9.23, а). Ясность в направлении дороги может быть достигнута увеличением радиуса кривой в плане или смещением ее вершины таким образом, чтобы начало кривой располагалось до перелома продольного профиля (рис. 9.23, б). При этом угол поворота видимого участка кривой должен быть не менее 3°;

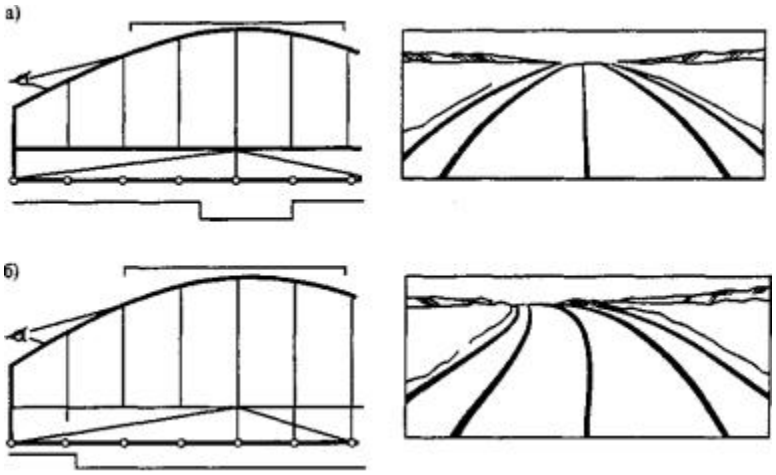


Рис. 9.23. Обеспечение видимости кривой в плане, расположенной за выпуклым переломом продольного профиля путем выноса ее начала за вершину вертикальной кривой

сигнальные столбики, боковые ограждения барьерного типа. Установленные на обочинах, они, сливаясь в перспективе, создают цепь опорных точек, скользя по которым взглядом и мысленно экстраполируя их дальнейшее направление, водители получают представление о дальнейшем направлении дороги;

придорожная растительность, особенно высокие деревья. Изменения направления проезжей части иногда бывают плохо видны с большого расстояния, так как луч зрения водителя, направленный под очень острым углом к полотну дороги, может прерываться выпуклыми переломами продольного профиля или неровностями поверхностями земли на придорожной полосе. Возвышающиеся

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

вершины деревьев хорошо видны издалека и, привлекая к себе внимание водителей, указывают дальнейшее направление дороги (рис. 9.24);

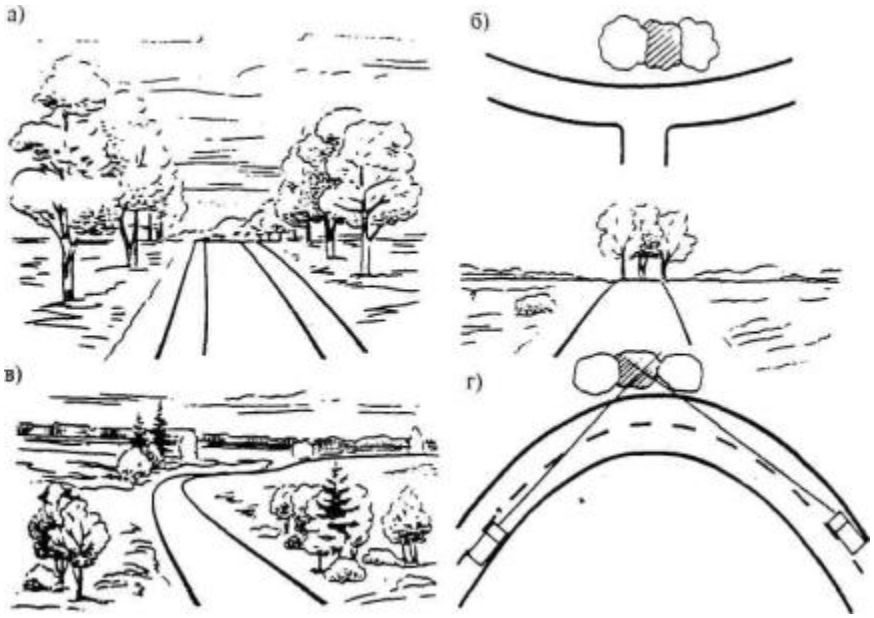


Рис. 9.24. Обозначение направления дороги вершинами деревьев:
а - поворот за переломом профиля, хорошо заметный по положению крон деревьев; б - Т-образный перекресток, обозначенный группой деревьев; в - участок дороги большой протяженности, обозначенный группами деревьев, расположенными с интервалами; г - вершина кривой малого радиуса, обозначенная группой деревьев

ориентирование дороги на отдельные возвышающиеся предметы, повышающие внимательность водителей. Появляющийся на горизонте силуэт ориентира, вначале трудноразличимый, заинтересовывает водителя и, сосредоточивая на себе внимание, способствует устранению усыпляющего влияния однообразной придорожной обстановки. Для этой цели около дорог в степной местности иногда устанавливают обелиски и скульптурные группы.

Наибольшая плавность трассы дороги обеспечивается введением длинных переходных кривых, описанных по клотоиде с уравнением в параметрическом виде $A^2 = RL$. Значение параметра A переходных кривых должно находиться в пределах от $0{,}4R$ до $1{,}4R$, причем параметры смежных кривых не должны различаться более чем в 1,5 раза.

Для зрительной плавности дороги угол поворота трассы при вписывании переходных кривых должен составлять не менее 3°. Длина каждой переходной кривой должна быть не менее 1/4 длины круговой кривой. При сопряжении переходными кривыми обратных S-образных кривых желательно, чтобы обе переходные кривые имели одинаковые значения параметров A. При этом радиусы сопрягаемых кривых должны находиться в соотношении $R_1 \leq 3R_2$.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

При сопряжении переходными кривыми круговых кривых одного знака следует соблюдать соотношения

$0{,}5\ R_1 < A < R_2$;

$A_1 £ A_2 £ 1{,}2A$.

При $R_1 £ 2R_2$ круговые кривые можно сопрягать между собой непосредственно. Длина прямой вставки между обратными клотоидами с параметрами A_1 и A_2 не должна превышать

$L = (A_1 + A_2)/2$.

При этом параметры A_1 и A_2 не должны различаться более чем в два раза.

Расположение малых и средних мостов должно полностью подчиняться общему направлению трассы. Прямолинейные мосты небольшой длины, расположенные между кривыми в плане, или горизонтальные мосты в пределах вертикальной кривой резко нарушают зрительную плавность полотна дороги, а при резком несоответствии ухудшают условия и безопасность движения. Совершенно недопустимо устройство кривых малых радиусов перед въездами на мосты.

Малые и средние мосты следует располагать в соответствии с общим направлением дороги - на кривых в плане и профиле, на переходных кривых с устройством виражей. Неизбежное усложнение конструкции моста оправдывается в этом случае улучшением трассы дороги. Строительство мостов на кривых повышает безопасность движения и транспортно-эксплуатационные характеристики дороги и позволяет едущим в полной мере оценить красоту этих оригинальных инженерных сооружений.

Большие мосты через реки, особенно судоходные, являются весьма дорогими и уникальными сооружениями и их расположение обосновывают выбором наиболее рационального мостового перехода. Трасса дороги соответственно должна быть подчинена на достаточно большом расстоянии рациональному створу мостового перехода без резкого ее изменения вблизи моста.

В горных районах широкое применение должны находить высокие мосты и эстакады, пересекающие глубокие долины без изменения общего направления трассы. Они требуют меньшего отвода земли по сравнению с высокими насыпями, что очень важно, в частности, для курортных районов и при высокопродуктивных землях. При строительстве мостов не нарушаются условия устойчивости горных склонов, в то время как отсыпка высоких насыпей, перегружая склоны, иногда вызывает развитие оползневых явлений.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Пересечения автомобильных дорог в разных уровнях, расположенных на прямых участках, являются местами с необеспеченной видимостью, так как водители подъезжающих автомобилей видят дорогу только до верхней точки путепровода. Участок за путепроводом остается невидимым, что существенно снижает уровни удобства и безопасности движения. Поэтому целесообразно располагать путепроводы на кривых в плане с радиусами более 1000 м и углами поворота, близкими к 30°.

ГЛАВА 10. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

10.1. Принципы проектирования продольного профиля

Определение положения проектной линии продольного профиля - один из наиболее ответственных и сложных этапов проектирования автомобильных дорог. На положение проектной линии продольного профиля влияет большое число факторов и условий.

Топографические условия проложения трассы в сильной степени определяют положение проектной линии продольного профиля. На участках местности со спокойными плавными формами рельефа продольный профиль проектируют «**по обертывающей**», следующей очертанию земли и, наоборот, на участках с резко пересеченным рельефом положение проектной линии устанавливают «**по секущей**» с устройством чередующихся выемок и насыпей. При проектировании «**по обертывающей**» руководящую отметку назначают из условия незаносимости земляного полотна снегом (см. разд. 8.7) либо из условия минимального возвышения поверхности покрытия над уровнем грунтовых и поверхностных вод в соответствии с табл. 11.15.

Гидрогеологические условия в ряде случаев вынуждают ограничивать глубину выемок в связи с необходимостью обеспечения нормируемого возвышения поверхности покрытия над уровнем грунтовых вод. Несоблюдение этого условия требует строительства дорогостоящих откосных и подкюветных дренажей.

Почвенно-грунтовые и геологические условия во многом влияют не только на положение проектной линии продольного профиля, но и на конструкцию земляного полотна: ограничивают высоту насыпей на слабых основаниях и вынуждают по возможности уменьшать глубину выемок в грунтах, непригодных для отсыпки насыпей на прилегающих участках дороги, а в местах, где качество грунтов позволяет возводить насыпи из притрассовых резервов, дают возможность проектировать продольный профиль «по обертывающей» с минимальной руководящей отметкой и т.д.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Климатические факторы оказывают ощутимое влияние на положение проектной линии продольного профиля. На участках, подверженных снежным заносам, всегда стремятся избегать профиля, особенно в отношении предотвращения снегозаносов на будущей дороге, выемок (особенно мелких), а при проектировании «по обертывающей» руководящую отметку назначают из условия незаносимости земляного полотна снегом.

Гидрологические условия определяют минимальное возвышение бровки земляного полотна над трубами. Во многом определяют высоты бровок земляного полотна на подходах к мостам, а также высоты проезда на самих мостах.

Ситуационные особенности района проложения трассы диктуют прохождение линии продольного профиля через определенные фиксированные точки (пересечения и примыкания автомобильных дорог, пересечения железных дорог, входы в города и населенные пункты, условия прохождения через населенные пункты и т.д.).

Общими требованиями по установлению положения проектной линии продольного профиля независимо от используемого метода проектирования являются:

соблюдение технических норм проектирования (допустимые продольные уклоны, минимальные радиусы вертикальных выпуклых и вогнутых кривых, минимальное расстояние видимости и т.д.);

обеспечение минимальных объемов земляных работ и рационального распределения земляных масс;

прохождение проектной линии через контрольные точки (фиксированные, полуфиксированные, ограничивающие зоны и т.д.);

ограничение длин участков с предельными допустимыми уклонами;

ограничение минимальных длин вертикальных кривых одного знака (шаг проектирования) во избежание получения «неспокойной» проектной линии;

обеспечение зрительной плавности и ясности трассы и связанных с ними уровней удобства и безопасности движения. Эта задача, как правило, решается совместно с проектированием плана автомобильных дорог.

10.2. Критерии оптимальности

Выбор критерия оптимальности является важнейшим элементом проектирования, во многом определяющим его результаты. Для оптимизации положения проектной линии продольного профиля автомобильных дорог (при фиксированном плане) могут быть использованы следующие критерии:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

приведенные затраты; стоимость строительства; транспортно-эксплуатационные расходы; стоимость отчуждения земель под земляное полотно; затраты на борьбу со снежными заносами; уровни удобства и безопасности движения; обеспечение зрительной плавности и ясности трассы.

Наиболее полным критерием оптимальности являются **приведенные затраты**, учитывающие как стоимость строительства, так и эксплуатационные расходы.

Среди составляющих единовременных затрат в наибольшей степени реагируют на изменение положения проектной линии продольного профиля стоимость возведения земляного полотна, искусственных сооружений, укрепление откосов, стоимость отчуждения земель под земполотно и в целом дорожных одежд.

Среди составляющих текущих затрат от положения проектной линии продольного профиля зависят ежегодные расходы на снегоборьбу, стоимость перевозок, народнохозяйственные потери, связанные со временем нахождения в пути пассажиров и потери, связанные с дорожно-транспортными происшествиями.

Таким образом, **общий критерий оптимальности** при поиске положения проектной линии продольного профиля автомобильных дорог может быть представлен в виде приведенных затрат (10.1):

$$P_{пр} = K_0^{(зн)} + K_0^{(ис)} + K_0^{(укр)} + K_0^{оз} + K_0^{до} + \sum_{t=1}^{T} \frac{1}{(1+E_{нп})^t} \left(Э_t^{(сн)} + Э_t^{(пр)} + Э_t^{(в)} + Э_t^{(ДТП)} \right),$$

где

(10.1)

$K_0^{(зн)}$ - стоимость сооружения земляного полотна;

$K_0^{(ис)}$ - стоимость строительства искусственных сооружений;

$K_0^{(укр)}$ - стоимость укрепительных работ;

$K_0^{оз}$ -стоимость отчуждения земель под земляное полотно автомобильной дороги;

$K_0^{до}$ -стоимость дорожной одежды;

$Э_t^{(сн)}$ - ежегодные затраты на снегоборьбу;

$Э_t^{(тр)}$ - ежегодные транспортные расходы;

$Э_t^{(в)}$ - народнохозяйственные потери, связанные с затратами времени пассажиров в пути следования;

$Э_t^{(ДТП)}$ - народнохозяйственные потери, связанные с дорожно-транспортными происшествиями;

$E_{нп}$ = 0,08 - коэффициент приведения разновременных затрат.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Стоимость возведения земляного полотна

$$K_0^{(зн)} = \sum_{i=1}^{n} q_i V_i,$$ где

q_i - стоимость единицы объема земляных работ на i-м участке продольного профиля, зависящая от категории грунта и способа производства земляных работ;

V_i - профильный объем i-го массива земляного полотна;

n - количество массивов земляного полотна.

Стоимость искусственных сооружений (водопропускных труб, мостов и путепроводов)

$$K_0^{(ис)} = \sum_{i=1}^{n} (K_i^{(ое)} + K_i^{(укр)} + K_i^{(тр)} l_i) + \sum_{j=1}^{n'} [K_j^{(усм)} + n' k_j^{(пр)} + k_j^{(оп)} (n'-1) + K_j^{(упр)}],$$ где

$K_i^{(ое)}$ - стоимость входного и выходного оголовков i-й трубы;

$K_i^{(укр)}$ - стоимость укрепления верхнего и нижнего бьефов;

$K_i^{(тр)}$ - стоимость единицы длины трубы, включая фундамент;

$l_i = B + f(y_i)$ - длина основной части трубы;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

B - ширина земляного полотна в бровках;

y_i - рабочая отметка;

n - количество труб;

$K_j^{(ycm)}$ - стоимость устоев *j*-го моста;

$k_j^{(np)}$ - стоимость одного пролетного строения;

$n' = f(y_i)$ - число пролетов *j*-го моста;

$k_j^{(on)} = f(y_i)$ - стоимость одной опоры;

$K_j^{(ykp)}$ - стоимость укрепительных работ.

Стоимость укрепления откосов насыпей и выемок

$$K_0^{(ykp)} = \sum_{i=1}^{n} k_i^{(ykp)} \left(\frac{l_i^{(omx)} + l_{i+1}^{(omx)}}{2} \right) \Delta l_i,$$ где

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$k_i^{(укр)}$ - стоимость единицы площади укрепления;

$l_i^{(отк)}$, $l_{i+1}^{(отк)}$ - длины укрепляемой части откосов в *i*-м и *i*+1-м сечениях земляного полотна;

Dl_i - длина *i*-го участка.

Стоимость отчуждения земель под земляное полотно автомобильной дороги

$$K_0^{оз} = \sum_{i=1}^{n} k_i^{(оз)} \left(\frac{B_i + B_{i+1}}{2} + 2 \right) \Delta l_i ,$$ где

$k_i^{(оз)}$ - стоимость единицы площади отводимой земли на i-м участке;

B_i, B_{i+1} - общая ширина всех элементов земляного полотна в *i*-м и *i*+1-м сечениях;

слагаемое «2» означает, что в постоянный отвод входит еще дополнительная ширина по 1 м от крайних элементов земляного полотна;

Dl_i - длина *i*-го участка.

Стоимость дорожной одежды

$$K_0^{до} = \sum_{i=1}^{n} k_i^{(н)} \Delta l_i + \sum_{j=1}^{m} k_i^{(в)} \Delta l_j ,$$ где

$k_i^{(н)}$ - стоимость 1 пм дорожной одежды для *i*-й насыпи;

Dl_i -длина *i*-й насыпи;

n - общее количество участков трассы в насыпях;

$k_i^{(в)}$ - стоимость 1 п.м. дорожной одежды для *j*-й выемки;

Dl_j - длина *j*-й выемки;

m - количество участков трассы в выемках.

Ежегодные затраты на борьбу со снегозаносами

$$Э_i^{(сн)} = Э_{сн}\left[L_{сн} + \sum_{i=1}^{n} L_i\left(1 - \frac{y_i}{h_{сн} + \Delta}\right)\right],$$ где

$Э_{сн}$ - ежегодные расходы на снегоборьбу на единицу длины снегозаносимых выемок и насыпей;

$L_{сн}$ - общая протяженность снегозаносимых выемок, нулевых участков и насыпей высотой до 0,1 м;

L_i - длина *i*-го участка насыпи высотой от 0,1 м до $y = h_{сн}$ + D;

y_i - средняя высота насыпи на *i*-м участке;

$h_{сн}$ - высота снегового покрова 5 %-й обеспеченности;

D - нормируемое возвышение бровки земляного полотна над расчетным уровнем снега.

Транспортно-эксплуатационные расходы

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$Э_t^{тр} = \sum_{t=1}^{n} \sum_{k} L_i N_{kt} Э_{ki}^{(тр)},$$

L_i - длина i-го проектируемого участка дороги;

N_{kt} - среднегодовая суточная интенсивность движения автомобиля k-го типа в t-м году эксплуатации;

$Э_{ki}^{(тр)}$ - себестоимость перевозок на единице длины i-го участка для k-го типа автомобиля, зависящая от конкретных дорожных условий.

Потери народного хозяйства связанные с затратами времени на проезд пассажиров по дороге.

$$Э_t^{(в)} = 365\left[N_{лt}\left(\frac{L}{V_л} + t_{пл}\right)P_л + N_{at}\left(\frac{L}{V_a} + t_{па}\right)P_a\right]Э_п,$$ где

$N_{лt}$, N_{at} - интенсивность движения легкового автотранспорта и автобусов в t-м году эксплуатации автомобильной дороги;

L - длина проектируемого участка дороги;

$V_л$, V_a - средняя скорость движения легковых автомобилей и автобусов;

$t_{пл}$, $t_{па}$ - суммарные потери времени, связанные с простоями на пересечениях дорог в одном уровне, на несовершенных переходах через водотоки, паромных переправах и т.д.;

$P_л$, P_a - среднее количество пассажиров в одном легковом автомобиле и в одном автобусе;

$Э_п$ -средние потери народного хозяйства, приходящиеся на единицу времени пребывания в пути одного пассажира.

Потери народного хозяйства, связанные с дорожно-транспортными происшествиями

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$Э_t^{(ДТП)} = 3{,}65 \cdot 10^{-6} \sum_{i=1}^{n} L_i a_{ti} C_{ti} m_{ti} N_{ti},$$ где

L_i - длина i-го участка дороги;

$a_{ti} = 0{,}009 \cdot K^2 - 0{,}27K + 34{,}5$ - количество дорожно-транспортных происшествий на 100 млн.авт.-км в t-м году эксплуатации автомобильной дороги;

K - итоговый коэффициент аварийности, определяемый путем построения линейного графика итогового коэффициента аварийности (см. глава 24);

C_{ti} - средний размер потерь от дорожно-транспортных происшествий;

N_{ti} - среднегодовая суточная интенсивность движения в t-м году эксплуатации автомобильной дороги.

Зрительная плавность и ясность трассы, оптимальное сочетание элементов ее плана и продольного профиля, наилучшее вписывание полотна дороги в окружающий ландшафт при автоматизированном проектировании обеспечиваются на стадии оценки проектных решений путем построения перспективных или перцептивных изображений, либо киноперспектив или киноперцептив автомобильной дороги. В случае обнаружения неудачных сочетаний элементов автомобильной дороги между собой или с окружающим ландшафтом, необеспечения видимости эти участки перепроектируют, добиваясь лучших результатов даже ценой увеличения объемов работ и строительной стоимости.

10.3. Комплекс технических ограничений

К положению проектной линии продольного профиля выдвигается целый ряд требований и условий со стороны автомобильного транспорта, технологических особенностей строительства и со стороны эксплуатации автомобильных дорог. Оптимальное положение проектной линии продольного профиля при автоматизированном проектировании и проектное решение при ручной технологии всегда отыскиваются в рамках соответствующего комплекса технических ограничений, который включает:

допустимые продольные уклоны. Уклон ни в одной точке продольного профиля не должен превышать значения нормируемого для данной категории дорога (см. разд. 8.7 настоящей Справочной энциклопедии):

$i \leq i_{доп}$;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

допустимую наибольшую кривизну вертикальных выпуклых и вогнутых кривых. Радиусы вертикальных выпуклых и вогнутых кривых ни в одной точке продольного профиля не должны быть меньше нормируемых (см. разд. 8.7 настоящей Справочной энциклопедии);

$R_{вып} \geq R_{вып\ доп}$,

$R_{вог} \geq R_{вог\ доп}$;

руководящую отметку. При проектировании продольного профиля на спокойных участках рельефа «по обертывающей» необходимое возвышение бровки земляного полотна определяется из условия незаносимости снегом (см. разд. 8.7) либо из условия минимального возвышения поверхности покрытия над уровнем грунтовых и поверхностных вод (см. табл. 11.15);

фиксированные контрольные точки. Прохождение проектной линии через фиксированные контрольные точки, назначаемые по ситуационным условиям, является обязательным;

ограничивающие точки и зоны. Прохождение проектной линии продольного профиля допускается не ниже ограничивающих точек и зон (обычно это минимальные высоты над трубами, на мостах и путепроводах);

контурные ограничения. Это ограничения высоты насыпей и глубины выемок при неудовлетворительных геологических, гидрогеологических, почвенно-грунтовых условиях и т.д.;

допустимые наибольшие длины участков с предельными уклонами продольного профиля. Допустимая длина таких участков нормируется (см. табл. 8.6);

наименьшая длина вертикальных кривых одного знака (шаг проектирования).

При традиционной технологии проектирования продольного профиля автомобильных дорог (например, по методу Союздорпроекта) определяющим является визуальный контроль за положением проектной линии. При субъективной оценке качества решения проектной линии продольного профиля возможны сильные ее отклонения от оптимального положения.

Автоматизированное проектирование продольного профиля автомобильных дорог с использованием оптимизирующих алгоритмов и компьютерных программ исключает субъективизм и связанную с ним неоднозначность проектных решений при одной и той же исходной информации и обеспечивает получение оптимальных проектных решений по различным критериям.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

10.4. Техника проектирования продольного профиля в традиционном классе функций

Определение положения проектной линии продольного профиля автомобильных дорог осуществляют, сообразуясь с основными принципами проектирования продольного профиля с обязательным учетом топографических, гидрогеологических, почвенно-грунтовых и геологических, климатических, гидрологических и ситуационных условий (см. разд. 10.1). При этом среди огромного множества возможных инженерных решений инженер-дорожник должен получать проектные решения, обеспечивающие приближение к минимуму целевой функции (приведенных затрат) либо наиболее существенных в данных условиях ее составляющих (см. разд. 10.1). Степень приближения к минимуму при этом, естественно, оказывается различной при традиционном (неавтоматизированном) проектировании даже в случае использования одинакового набора технических ограничений (см. разд. 10.1). Степень приближения к минимуму целевой функции при традиционном проектировании во многом зависит от опыта проектировщика и всегда оказывается меньшей, чем при автоматизированном проектировании, где для этой цели привлекается специальный математический аппарат оптимизации проектных решений.

В качестве исходных данных для ручного проектирования служит черный профиль земли по оси дороги, вычерченный на наклеенной на картон миллиметровой бумаге в масштабах: горизонтальный - 1:5000, вертикальный - 1:500 и грунтово-геологический - 1:50. На чертеж черного профиля в нужных местах наносят фиксированные контрольные точки, прохождение проектной линии продольного профиля через которые является обязательным, ограничивающие точки и зоны, а также контурные ограничения, прохождение проектной линии ниже которых не допускается. Эта информация также выступает в качестве обязательной и для автоматизированного проектирования. И, наконец, к исходным данным относятся также требования технических норм к геометрическим параметрам проектной линии сообразно категории проектируемой дороги: допустимые продольные уклоны и радиусы вертикальных выпуклых и вогнутых кривых, допустимые длины участков с предельными уклонами и т.д.

Графо-аналитический метод проектирования продольного профиля автомобильных дорог Союздорпроекта (автор инж. Н.А. Боровков) все еще используется в настоящее время наряду с методами автоматизированного проектирования. Для этой цели используют специальный набор прозрачных лекал, изготовленных в масштабе продольного профиля, с нанесенными на них штрихами в точках кривых с соответствующими уклонами (рис. 10.1) и прозрачный треугольник с нанесенными на нем также в масштабе профиля линиями различных уклонов (рис. 10.2).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

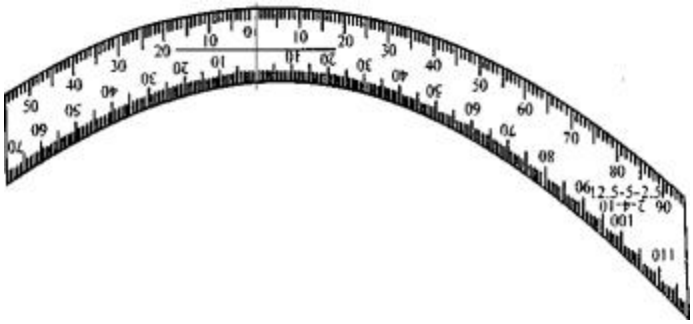


Рис. 10.1. Шаблон для проектирования линии продольного профиля автомобильных дорог

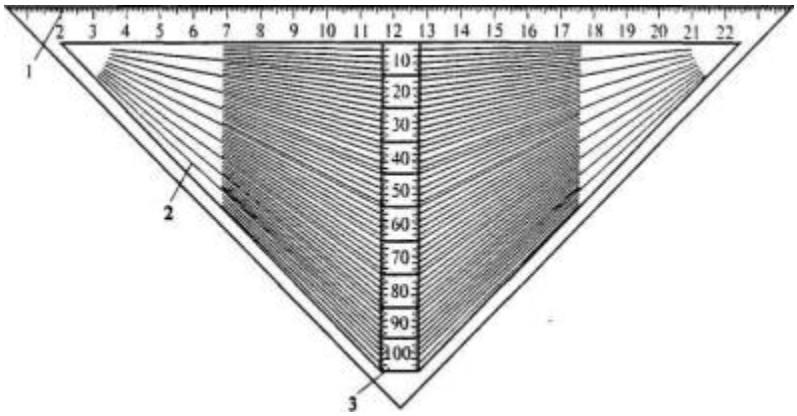


Рис. 10.2. Шаблон для проектирования прямолинейных участков продольного профиля:
1 - рабочая сторона треугольника; 2 - лучи-уклоны; 3 - вертикальная шкала

Пользование шаблонами вертикальных кривых и треугольником уклонов предполагает обязательным тщательное выполнение чертежно-графических работ. Для этой цели нижний обрез шаблона или треугольника должен быть точно сориентирован по горизонтальной сетке миллиметровки, смежные вертикальные кривые должны обязательно сопрягаться между собой в точках с одинаковыми продольными уклонами, прямолинейные участки продольного профиля с заданными уклонами должны сопрягаться со смежными вертикальными кривыми в точках с теми же уклонами и т.д.

Технология графо-аналитического проектирования линии продольного профиля автомобильных дорог сводится к следующему:

1. На чертеж черного профиля земли по оси дороги наносят все контрольные фиксированные точки, ограничивающие точки и зоны, а также наносят линии контурных ограничений.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

2. От руки, сообразуясь с контрольными точками и зонами, на профиль земли по оси дороги наносят эскизную проектную линию, стремясь при этом обеспечить: минимальные объемы земляных работ; продольную компенсацию объемов земляных работ на смежных участках выемок и насыпей; минимальные объемы работ по искусственным сооружениям; минимальные площади отчуждаемых под земляное полотно земель; сочетание элементов продольного профиля с планом автомобильной дороги и т.д. В сомнительных местах эскизную линию контролируют и в необходимых случаях корректируют по допустимой кривизне и допустимым продольным уклонам с использованием шаблонов вертикальных кривых минимальных радиусов для данной категории дороги и треугольника уклонов.

3. Осуществляют графо-аналитическую аппроксимацию эскизной линии с использованием шаблонов вертикальных кривых соответствующих радиусов и треугольника уклонов с одновременным определением координат (пикетажного положения, высот и уклонов) главных точек проектной линии продольного профиля: точек сопряжения элементов и вершин вертикальных кривых. Для этой цели используют либо специальные таблицы, либо элементы продольного профиля непосредственно рассчитывают по формулам (8.4) - (8.7).

4. Оформляют чертеж продольного профиля, заполняя графы таблицы продольного профиля **«Уклоны** и **вертикальные кривые»** и **«Отметки по бровке земляного полотна»** в местах положения ординат главных точек профиля.

5. Рассчитывают проектные и рабочие отметки продольного профиля с заполнением графы **«Отметки по бровке земляного полотна»** с использованием специальных таблиц, либо по формулам (8.4) - (8.7) с определением точек нулевых работ и с записью рабочих отметок над графическим изображением проектной линии продольного профиля - для участков насыпей и под изображением проектной линии - для участков выемок (см. рис. 2.2).

6. Оформляют чертеж продольного профиля в соответствии с рекомендациями разд. 2.5 (см. рис. 2.2).

7. При графо-аналитическом проектировании продольного профиля автомобильных дорог наиболее часто приходится решать следующие геометрические задачи (решение их не представляет труда и изложено в специальной литературе(Проектирование и разбивка вертикальных кривых на автомобильных дорогах / Н.М. Антонов, Н.А. Боровков, Н.Н. Бычков, Ю.Н. Фриц, - М.: Транспорт, 1968. - 200 с):

определение местоположения точек нулевых работ, т.е. перехода из насыпи в выемку и наоборот;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

увязка проектных отметок в местах сопряжения участков продольного профиля при встречном проектировании;

сопряжение двух вертикальных кривых прямым участком профиля, совпадающего с общей с ним касательной;

проектирование прямого участка продольного профиля из заданной точки, совпадающего с касательной к вертикальной кривой заданного радиуса и т.д.

ГЛАВА 11. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

11.1. Элементы земляного полотна и общие требования к нему

Основные элементы земляного полотна представлены на рис. 11.1:

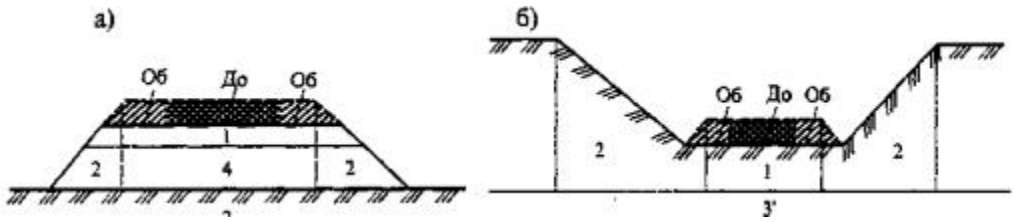


Рис. 11.1. Элементы земляного полотна:
а - насыпь; б - выемка; 1 - верхняя часть земляного полотна (рабочий слой); 2 - откосные части; 3 - основание насыпи; 3¢ - основание выемки; 4 - ядро насыпи; До - дорожная одежда; Об - обочина

верхняя часть земляного полотна 1 (рабочий слой) - зона, ограниченная по высоте снизу глубиной, равной 2/3 глубины промерзания, но не менее 1,5 м, считая от верха покрытия; для выемок, участков с нулевыми отметками или низких насыпей в рабочий слой могут попадать грунты в природном залегании с ненарушенной структурой;

откосная часть 2 - зоны, ограниченные поверхностями откосов и вертикалями, проходящими через бровки насыпей или выемок; снизу откосные зоны ограничены основанием насыпи или выемки;

ядро насыпи 4 - зона, расположенная ниже рабочего слоя и ограниченная снизу основанием насыпи, а с боков - вертикалями, проходящими через бровки насыпи;

основание насыпи 3 - зона, расположенная под насыпью в пределах естественной грунтовой толщи; мощность основания, принимаемую в расчет,

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

устанавливают в зависимости от инженерно-геологических условий, в частности - от свойств грунтов, но не менее ширины насыпи по низу;

основание выемки 3' - зона, расположенная ниже нижней границы рабочего слоя; мощность основания, учитываемую при проектировании, устанавливают в зависимости от инженерно-геологических особенностей грунтового массива и может достигать размера, равного заложению откоса.

В состав земляного полотна входят также система поверхностного водоотвода (лотки, кюветы, канавы) и различного типа специальные удерживающие и поддерживающие конструкции, предназначенные для обеспечения устойчивости самого земляного полотна или склонов, на которых оно расположено.

Земляное полотно должно быть прочным, устойчивым и стабильным, т.е. его элементы не должны разрушаться или давать деформации, недопустимые с точки зрения нормальных условий эксплуатации дороги с учетом условий и срока ее службы.

Для обеспечения устойчивости различных элементов земляного полотна предусматривают соответствующие мероприятия, отвечающие механизму нарушения прочности и устойчивости данного элемента. В число таких мероприятий входят: соответствующий выбор грунтов для насыпей; обеспечение правильного расположения и требуемой степени уплотнения грунта; защита грунта от источников увлажнения устройством дренажей, гидроизоляции и т.д.; защита от опасных температурных воздействий, от эрозии, волновых воздействий, правильного назначения геометрических параметров, конструкции поперечного сечения, а также высоты насыпей и глубины выемок. Указанные мероприятия необходимо проводить комплексно с учетом местных условий, а также категории дороги, типа дорожной одежды и др.

Земляное полотно устраивают в виде насыпей или в выемках. Высоту насыпей и глубину выемок определяют в результате проектирования продольного профиля. Наиболее рациональное решение при сложном рельефе получают при проектировании продольного профиля совместно с земляным полотном.

При назначении конструкции земляного полотна учитывают категорию дороги, тип дорожной одежды, высоту насыпи или глубину выемки, свойства грунтов, используемых в земляном полотне, особенности инженерно-геологических условий того или иного участка дороги (характер и условия залегания грунтов, наличие подземных и поверхностных вод, возможное влияние опасных геологических процессов и т.д.), комплекс природных особенностей района строительства. Кроме того, учитывают условия производства работ (сезонность, наличие строительной техники, сроки производства работ и т.д.), а также опыт эксплуатации дорог в данном районе.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Геометрическая форма земляного полотна и его конструкция должны способствовать незаносимости дороги снегом, безопасности движения, а также отвечать эстетическим и экологическим требованиям.

При проектировании применяют либо типовые конструкции земляного полотна либо индивидуальные решения. В ряде случаев используют типовые конструкции с индивидуальной привязкой, при которой уточняют некоторые параметры (например, осадку основания насыпи и т.д.). Для типовых решений головные проектные организации разрабатывают альбомы типовых конструкций.

Индивидуальные решения или индивидуальную привязку типовых решений осуществляют во всех случаях, когда необходимы проверка устойчивости откосов или склона, на котором расположено земляное полотно, оценка устойчивости или деформаций основания насыпи, учет возможных осадок за счет доуплотнения во времени слоев грунта самой насыпи, меры по защите земляного полотна от опасных геологических процессов, специальный учет неблагоприятных свойств особых грунтов, в случаях применения нетрадиционных конструктивных мер и т.д.

Для насыпей такие решения необходимы в следующих случаях:

при их высоте более 12 м;

на участках временного подтопления, а также при пересечении постоянных водотоков и водоемов;

при наличии слабых оснований или оснований, сложенных просадочными грунтами;

на болотах глубиной более 4 м при применении выторфовывания;

на болотах при поперечном уклоне минерального дна болота более 1:10;

при использовании в насыпях грунтов повышенной влажности; при недостаточном возвышении земляного полотна над уровнем грунтовых или поверхностных вод (низкие насыпи и так называемые «нулевые места»);

при применении конструкции земляного полотна со специальными прослойками (термоизолирующими, гидроизолирующими, армирующими и т.д.) или при специальном поперечном профиле (откосы повышенной крутизны, сложный поперечный профиль и т.п.);

при использовании в насыпи грунтов особых разновидностей.

Индивидуальные решения для выемок применяют:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

при глубине выемок более 12 м в нескальных и 16 м в скальных грунтах при благоприятных инженерно-геологических условиях;

при слоистой толще с наклоном пластов в сторону проезжей части;

в случае наличия водоносных горизонтов в основании выемки или водоносных горизонтов, вскрываемых выемкой;

при глинистых грунтах с коэффициентом консистенции более 0,5;

при глубине выемок более 6 м в глинистых и пылеватых грунтах в районах избыточного увлажнения и сезонного промерзания;

в глинистых и скальных размягчаемых грунтах, теряющих прочность под воздействием погодно-климатических факторов;

в набухающих грунтах при опасности их увлажнения.

Наряду с этим индивидуальные решения применяют также во всех случаях сооружения земляного полотна в сложных инженерно-геологических условиях: на косогорах круче 1:3, при наличии или возможности развития опасных геологических процессов (оползни, обвалы, карст, осыпи, сели, снежные лавины, наледи, вечная мерзлота или подземный лед и т.д.).

Индивидуально проектируют также земляное полотно, сооружаемое взрывными методами и средствами гидромеханизации.

11.2. Грунты для сооружения земляного полотна

Грунты при проектировании земляного полотна классифицируют в соответствии с общей инженерно-геологической классификацией грунтов согласно ГОСТ 25100-95 «Грунты. Классификация». При этом выделяют четыре класса грунтов:

I класс природных скальных грунтов с жесткими структурными связями (кристаллизационными или цементационными);

II класс природных дисперсных грунтов с водноколлоидными и механическими структурными связями;

III класс природных мерзлых грунтов с криогенными структурными связями;

IV класс техногенных (скальных, дисперсных и мерзлых) грунтов с различными структурными связями.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В классе природных скальных грунтов выделяют группы (скальные и полускальные), подгруппы (по генезису), типы (по минералогическому составу), виды (по наименованию) и разновидности (по прочности, плотности, выветрелости, размягчаемости, водопроницаемости, засоленности, структуре и текстуре, температуре).

В классе природных дисперсных грунтов выделены группы (по связности), типы (по минералогическому составу и содержанию органики), виды (по наименованию) и разновидности (по зерновому составу, его неоднородности, по числу пластичности, по наличию включений, по показателю текучести, по набухаемости, по просадочности, степени водонасыщения, коэффициенту пористости и степени плотности, по выветрелости, по истираемости, по содержанию органических веществ, по степени разложения, по степени зольности, по степени засоленности, по пучинистости при промерзании, по температуре).

В классе природных мерзлых грунтов различают группы (по характеру структурных связей), подгруппы (по генезису), типы (по названию), виды и разновидности (по льдистости за счет видимых ледяных включений, температурно-прочностным свойствам, степени засоленности и криогенной текстуре).

В классе техногенных грунтов различают грунты (по характеру структурных связей), подгруппы (по особенностям образования), типы, виды и разновидности (как соответствующие разновидности классов природных грунтов с учетом специфических особенностей и свойств техногенных грунтов).

В классе природных дисперсных грунтов в качестве видов выделяют:

глинистые грунты;

илы, сапропели, заторфованные грунты;

торфы и другие органические грунты;

пески, крупнообломочные грунты.

Крупнообломочный грунт - несвязный минеральный грунт, в котором масса частиц размером крупнее 2 мм составляет более 50 %.

По гранулометрическому составу крупнообломочные грунты делят на разновидности:

валунный (при преобладании неокатанных частиц - глыбовый) - при массе частиц крупнее 200 мм более 50 %;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

галечниковый (при преобладании неокатанных частиц - щебенистый) - масса частиц крупнее 10 мм более 50 %:

гравийный (при преобладании неокатанных частиц - дресвяный) - масса частиц крупнее 2 мм более 50 %.

Песок - несвязный минеральный грунт, в котором масса частиц размером меньше 2 мм составляет более 50 %.

Различают пески:

гравелистый - масса частиц крупнее 2 мм более 25 %;

крупный - масса частиц крупнее 0,5 мм более 50 %;

средней крупности - масса частиц крупнее 0,25 мм более 50 %;

мелкий - масса частиц крупнее 0,1 мм 75 % и более;

пылеватый- масса частиц крупнее 0,1 мм менее 75 %.

По степени неоднородности гранулометрического состава крупнообломочных грунтов и песков различают: однородный $C_u < 3$; неоднородный $C_u > 3$ (C_u - коэффициент неоднородности - отношение диаметра частиц, меньше которого в грунте содержится более 60 % частиц, к диаметру, меньше которого содержится 10 % частиц по массе).

Глинистый грунт - связный минеральный грунт, обладающий числом пластичности более 1.

Глинистые грунты делятся на разновидности: супеси - с числом пластичности от 1 до 7; суглинки-с числом пластичности от 7 до 17; глины - с числом пластичности более 17.

Супеси, суглинки и глины делят по содержанию песчаных частиц (2-0,5 мм), по наличию крупнообломочных включений и по относительному содержанию органических веществ.

Глинистые грунты делят на разновидности по показателю текучести (консистенции), по относительному набуханию, по относительной просадочности, по степени засоления, по температуре и льдистости, по степени цементации льдом.

В число дисперсных связных грунтов входят также виды: сапропели, илы, заторфованные грунты и торфы. Внутри выделяются соответствующие разновидности по особенностям состава и состояния.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Наряду с использованием общей инженерно-геологической классификации применяют дополнительно отраслевые классификации грунтов по отдельным признакам, важным с точки зрения проектирования земляного полотна (табл. 11.1 - 11.9). При различиях в отражении этих признаков в общей классификации и в отраслевой в расчет принимают отраслевую классификацию.

При оценке грунтов, используемых в дорожном строительстве, наряду с обычными грунтами, представленными в основном четвертичными отложениями, выделяют особые грунты, которые обладают специфическими свойствами, требующими дополнительного учета при проектировании.

К особым грунтам относят: торфяные и заторфованные грунты, сапропели, илы, иольдиевые глины, лёссы, аргиллиты и алевролиты, мергели, глинистые мергели и мергелистые глины, трепел, тальковые и пирофиллитовые грунты, дочетвертичные глинистые грунты, глинистые сланцы и сланцевые глины, черноземы, барханные пески, техногенные грунты (отходы промышленности).

При использовании обычных грунтов в типовых случаях проектные решения принимают на основе оценки грунтов по составу и состоянию с выходом на количественные показатели физико-механических свойств по табличным данным (классификации и типизации), приводимым в соответствующих нормативных документах.

При использовании особых грунтов, независимо от того относится ли конструкция земляного полотна по своим геометрическим параметрам к типовому или индивидуальному случаю, требуются дополнительные данные, отражающие особенности их свойств и специфику их поведения в том или ином элементе земляного полотна. Такие оценки делают на основе непосредственных испытаний конкретного грунта или по специальным типизациям, обобщающим изучение свойств того или иного особого грунта.

Таблица 11.1.

Разновидности глинистых грунтов, используемых в рабочем слое земляного полотна автомобильных дорог

Разновидности	Показатели	
	Содержание песчаных частиц, % по массе	Число пластичности
Супесь:		

легкая крупная	Более 50	1-7
легкая	Более 50	1-7
пылеватая	50-20	1-7
тяжелая пылеватая	Менее 20	1-7
Суглинок:		
легкий	Более 40	7-12
легкий пылеватый	Менее 40	7-12
тяжелый	Более 40	12-17
Глина:		
песчанистая	Более 40	17-27
пылеватая	Менее 40	17-27
жирная	Не нормируется	Более 27

Примечания: 1. Для супесей легких крупных учитывается содержание песчаных частиц размером 2-0,25 мм, 2. При содержании в грунте 20- 50 % (по массе) частиц крупнее 2 мм к названию видов глинистых грунтов, устанавливаемых по табл. 11.1, добавляется слово «гравелистый» (при окатанных частицах) или «щебенистый» (при неокатанных частицах).

Таблица 11.2.

Разновидности грунта, используемого в земляном полотне, по степени засоления

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Разновидность грунта	Суммарное содержание легкорастворимых солей, % от массы сухого грунта	
	Хлоридное, сульфатно-хлоридное засоление	Сульфатное, хлоридно-сульфатное. Содовое засоление
Слабозасоленные	0,5-2,0 0,3-1,0	0,5-1,0 0,3-0,5
Среднезасоленные	2,0-5,0 1,0-5,0	1,0-3,0 0,5-2,0
Сильнозасоленные	5,0-10,0 5,0-8,0	3,0-8,0 2,0-5,0
Избыточно засоленные	>8,0 >10,0	>8,0 >5,0

П р и м е ч а н и е. В числителе даны значения для V дорожно-климатической зоны, в знаменателе - для остальных зон.

Таблица 11.3.

Разновидности грунта, используемого в рабочем слое, по просадочности при замачивании

Разновидность грунта	Коэффициент уплотнения	Относительная деформация просадки, % от толщины слоя промачивания
Непросадочный	Более 0,92-0,95	Менее 2
Слабопросадочный	0,85-0,91	2-7

Просадочный	0,80-0,84	8-12
Сильнопросадочный	Менее 0,75-0,79	Более 12-15

П р и м е ч а н и е. Классификация не распространяется на скальные водоустойчивые грунты и грунты с включением водонерастворимых цементирующих веществ, просадочность которых оценивают поданным лабораторных испытаний.

Таблица 11.4.

Разновидности грунта, используемого в рабочем слое, по набухаемости

Разновидности грунта по набухаемости (при влажности 0,5 w_O)	Относительная деформация набухания, % от толщины слоя увлажнения
Ненабухающие	Менее 2
Слабонабухающие	2-4
Средненабухающие	5-10
Сильнонабухающие	Более 10

П р и м е ч а н и е. w_O - оптимальная влажность.

Таблица 11.5.

Классификация грунтов, используемых в верхней части земляного полотна, по степени пучинистости при промерзании

Группы грунта по степени пучинистости	Наименование грунта по пучинистости	Относительное морозное пучение образца
I	Непучинистый	< 1
II	Слабопучинистый	1 -4

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

III	Пучинистый	4-7
IV	Сильнопучинистый	7-10
V	Чрезмерно пучинистый	> 10

Примечания: 1. Испытание на пучинистость при промерзании грунта. Допускается группу грунта по степени пучинистости при промерзании определять по табл. 11.6 без испытаний в лаборатории по специальной методике с подтоком воды.

2. При оценке морозного пучения расчетом испытание грунтов на интенсивность морозного пучения ведут по специальной методике.

Таблица 11.6.

Группы грунтов по степени пучинистости.

Грунты	Группа по степени пучинистости
Песок гравелистый, крупный и средней крупности с содержанием частиц мельче 0,05 мм до 2 %	I
Песок гравелистый, крупный, средней крупности и мелкий с содержанием частиц мельче 0,05 мм до 15 % Супесь легкая крупная	II
Супесь легкая, суглинок легкий и тяжелый	III
Песок пылеватый, супесь пылеватая, суглинок тяжелый пылеватый	IV
Супесь тяжелая пылеватая, суглинок легкий пылеватый	V

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

П р и м е ч а н и е. Коэффициент морозного пучения щебенистых, гравелистых, дресвяных песков при содержании частиц мельче 0,05 мм свыше 15 % ориентировочно принимают как для пылеватого песка и проверяют в лаборатории.

Таблица 11.7.

Ориентировочные значения морозного пучения земляного полотна

Грунт рабочего слоя	Среднее значение относительного морозного пучения зоны промерзания при ее глубине 1,6 м
Песок: гравелистый, крупный и средней крупности с содержанием частиц мельче 0,05 мм до 2 %	1 1
гравелистый, крупный и средней крупности с содержанием частиц мельче 0,05 мм до 15 %	1 1-2
мелкий с содержанием частиц мельче 0,05 мм до 2 %	1 1-2
мелкий с содержанием частиц мельче 0,05 мм менее 15 %	1-2 2-4
пылеватый	2-4 7-10
Супесь: легкая крупная	1-2 2-4
легкая	1-2

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

	4-7
Супесь: пылеватая	2-4 7-10
тяжелая пылеватая	4-7 10
Суглинок: легкий	2-4 4-7
легкий пылеватый	4-7 10
тяжелый	2-4 4-7
тяжелый пылеватый	2-4 7-10
Глины	2-4 4-7

Примечание. Числитель - при 1-й схеме увлажнения верхней части земляного полотна (по табл. 11.12). Знаменатель - при 2-й и 3-й схемах.

Таблица 11.8.

Классификация грунтов, используемых в земляном полотне, по степени увлажнения

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Разновидность грунта по степени увлажнения	Влажность
Недоувлажненные	Менее w_o
Грунты нормальной влажности	От 0,9 w_o до $w_{доп}$
Повышенной влажности	От $w_{доп}$ до $w_{пр}$
Переувлажненные	Более $w_{пр}$

Примечание: w_o - оптимальная влажность: $w_{пр}$ - максимально возможная влажность грунта при коэффициенте уплотнения 0,9; $w_{доп}$ - максимальная влажность, при которой обеспечивается еще возможность уплотнения грунта до требуемого нормами коэффициента уплотнения.

Таблица 11.9.

Определение допустимой влажности в зависимости от состава грунта

Виды грунтов по составу	Допустимая влажность $w_{доп}$ в долях от оптимальной при требуемом коэффициенте уплотнения грунта			
	1,02-1,0	1,0-0,98	0,95	до 0,90
Пески пылеватые, супеси легкие крупные	1,30	1,35	1,60	1,60
Супеси легкие и пылеватые	1,20	1,25	1,35	1,60
Супеси тяжелые пылеватые, суглинки легкие и легкие пылеватые	1,0-1,10	1,15	1,30	1,50
Суглинки тяжелые и тяжелые пылеватые, глина	0,95-1,0	1.05	1,20	1,30

Примечания. 1. При возведении насыпей из непылеватых песков в летних условиях допустимая влажность не ограничивается.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

2. Возможность применения связных грунтов с влажностью более (1,2-1,3) w_o должна быть проверена пробным уплотнением.

3. Настоящие ограничения не распространяются на насыпи, возводимые гидронамывом.

4. При возведении насыпей в зимних условиях допускаемая влажность не должна быть более $1,3w_o$ для песчаных и непылеватых супесчаных, $1,2w_o$ - для супесчаных пылеватых и суглинков легких и $1,1w_o$ - для других связных грунтов.

Грунты, используемые в основании дорожных насыпей, делят на прочные и слабые.

К слабым относят связные грунты (глинистые и органические), имеющие прочность на сдвиг в условиях природного залегания менее 0,075 МПа (при испытании вращательным срезом) или модуль осадки при нагрузке 0,25 МПа более 50 мм/м (модуль деформации менее 5,0 МПа). При отсутствии данных испытаний к слабым грунтам относят: торф, заторфованные грунты, илы, сапропели, глинистые грунты с коэффициентом консистенции более 0,5, иольдиевые глины, грунты мокрых солончаков.

Все грунты делят на дренирующие и недренирующие. К дренирующим относят грунты, имеющие при плотности соответствующей максимальной при стандартном уплотнении (ГОСТ 22733), коэффициент фильтрации не менее 0,5 м/сут.

При использовании песчаных грунтов в рабочем слое к однородным наряду с песками, имеющими коэффициент неоднородности $C_u < 3$ (см. выше), относят также мелкие пески с содержанием не менее 90 % по массе частиц размером 0,1-0,25 мм.

11.3. Природные условия, учитываемые при проектировании земляного полотна

Для общей оценки природных условий района строительства используют дорожно-климатическое районирование (табл. 11.10).

Для конкретизации особенностей гидрологических и гидрогеологических условий на различных участках трассы проектируемой дороги используют классификацию типов местности по условиям увлажнения (табл. 11.11).

Инженерно-геологические условия района строительства оценивают, используя следующие данные:

виды, свойства и условия залегания грунтов в пределах грунтовой толщи, которая будет подвергаться техногенному воздействию при строительстве и последующей эксплуатации дороги;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

виды, характер и интенсивность опасных геологических процессов, воздействие которых должно быть учтено в проекте (оползневые явления, обвалы, сели, лавины, ветровая эрозия, водная эрозия, подтопление территории, абразия, сейсмические явления, геокриологические процессы);

условия залегания, особенности режима подземных вод и возможное их влияние на земляное полотно;

наличие и режим поверхностных вод с учетом строительства дороги и возможное их влияние на земляное полотно.

При оценке геоморфологических условий учитывают характер и динамику развития рельефа. При этом различают: равнинные территории, пересеченную и горную местности.

Таблица 11.10.

Дорожно-климатическое районирование

Дорожно-климатическая зона и подзона	Примерные географические границы
I	Севернее линии, соединяющей: Нивский - Сосновка - Новый Бор - Щельябож - Сыня - Суе-ватпуль - Белоярский - Ларьяк - Усть-Озерное - Ярцево - Канск - Выезжий Лог - Усть - Золотая - Сарыч - Сеп - Новоселово - Артыбаш - Иню - государственная граница - Симоново - Биробиджан - Болонь - Многовершиный. Включает географические зоны тундры, лесотундры и северо-восточную часть лесной зоны с распространением вечномерзлых грунтов
I_1	Расположена севернее линии: Нарьян-Мар - Салехард - Курейка - Трубка Удачная - Верхоянск - Дружина - Горный Мыс - Марково
I_2	Расположена восточнее линии: устье р. Нижняя Тунгуска - Ербогачен, Ленек - Бодайбо - Богдарин и севернее линии: Могоча - Сковородино - Зея - Охотск - Палатка - Слаутсткое. Ограничена с севера I_1 подзоной
I_3	От южной границы вечной мерзлоты до южной границы подзоны I_2

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

II	От границы I зоны до линии, соединяющей: Львов - Житомир - Тула - Н.Новгород - Ижевск - Томск - Канск. На Дальнем Востоке от границы I зоны до государственной границы. Включает географическую зону лесов с избыточным увлажнением грунтов
II_1	С севера и востока ограничена I зоной, с запада - подзоной II_3 с юга - линией Рославль - Клин - Рыбинск - Березники - Ивдель
II_2	Ограничена с севера подзоной II_1 с запада - подзоной II_4 с юга - III зоной, с востока южной границей I зоны
II_3	С севера ограничена государственной границей, с запада -границей с подзоной II_5, с юга - линией Рославль - Клин - Рыбинск, с востока - линией Псков - Смоленск - Орел
II_4	Ограничена с севера подзоной II_3 с запада - подзоной II_6, с юга - границей с III зоной, с востока - линией Смоленск - Орел - Воронеж
II_5	С севера и запада ограничена государственной границей, с востока - линией Минск - Бобруйск - Гомель, с юга - линией Барановичи - Рославль - Клин - Рыбинск
II_6	С севера ограничена подзоной II_5, с запада - государственной границей, с юга - границей с III зоной, с востока - линией Минск - Бобруйск - Гомель
III	От южной границы II зоны до линии, соединяющей: Кишинев - Кировоград - Белгород - Самара - Магнитогорск - Омск - Бийск - Туран. Включает лесостепную географическую зону со значительным увлажнением грунтов в отдельные годы
III_1	Ограничена с севера зоной II_2 с запада - подзоной III_2, с юга - IV зоной, с востока - I зоной

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

III2	Ограничена с севера зоной II, с запада - подзоной III3, с юга - зоной IV, с востока - линией Смоленск - Орел - Воронеж
III3	Ограничена с севера зоной II, с запада - государственной границей, с юга - зоной IV, с востока - линией Бобруйск - Гомель - Харьков
IV	Расположена от границы III зоны до линии, соединяющей: Джульфа - Степанакерт - Кизляр - Волгоград и далее проходит южнее на 200 км линии, соединяющей: Уральск - Актюбинск - Караганда. Включает географическую степную зону с недостаточным увлажнением грунтов.
V	Расположена к юго-западу и югу от границы IV зоны и включает пустынную и пустынно-степную географические зоны с засушливым климатом и распространением засоленных грунтов

Таблица 11.11.

Классификация типов местности по условиям увлажнения

Тип местности	Признаки в зависимости от дорожно-климатических зон		
	I	II	III
1	Поверхностный сток обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи грунтов; мощность деятельного слоя более 2,5 м при непросадочных грунтах с влажностью менее 0,7W_L (W_L - влажность при границе текучести)	Поверхностный сток обеспечен, грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи; почвы слабо- и среднеподзолистые или дерново-подзолистые без признаков заболачивания	Поверхностный сток обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи; почвы серые лесные, слабоподзолистые, в северной части зоны темно-серые лесные и черноземы оподзоленные и выщелоченные

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

2	Поверхностный сток не обеспечен, грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи; почвы тундровые с резко выраженными признаками заболачивания; мощность сезонно-оттаивающего слоя от 1,0 до 2,5 м при наличии глинистых просадочных грунтов с влажностью более $0{,}8W_L$.	Поверхностный сток не обеспечен, грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи; почвы средне- и сильноподзолистые и полуболотные с признаками заболачивания	Поверхностный сток не обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи: почвы подзолистые или полуболотные с признаками оглеения, в южной части - лугово-черноземные, солонцы и солоди
3	Грунтовые или длительно (более 30 сут.) стоящие поверхностные воды оказывают влияние на увлажнение верхней толщи грунтов: почвы тундровые и болотные, торфяники: мощность сезонно-оттаивающего слоя до 1 м при наличии глинистых сильно просадочных грунтов с линзами льда толщиной более 10 см	Грунтовые воды или длительно (более 30 сут.) стоящие поверхностные воды влияют на увлажнение верхней толщи; торфяно-болотные или полуболотные почвы	То же, что для II зоны

Тип местности	Признаки в зависимости от дорожно-климатических зон	
	IV	V
1	Поверхностный сток обеспечен: грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи; почвы - черноземы тучные или мощные, в южной части зоны	Грунтовые воды не влияют на увлажнение; почвы в северной

	- южные черноземы, темнокаштановые и каштановые почвы	части - бурые, в южной светло-бурые и сероземы
2	Поверхностный сток не обеспечен; грунтовые воды не влияют на увлажнение верхней толщи; почвы - сильносолонцеватые черноземы, каштановые, солонцы и солоди	Грунтовые воды влияют на увлажнение верхней толщи; почвы - солонцы; такыры, солончаковые солонцы и реже - солончаки
3	Грунтовые воды или длительно (более 30 сут.) стоящие поверхностные воды влияют на увлажнение верхней толщи; почвы - полуболотные или болотные, солончаки и солончаковые солонцы	Грунтовые воды или длительно (более 30 сут.) стоящие грунтовые или поверхностные воды влияют на увлажнение верхней толщи; почвы - солончаки, солончаковые солонцы; постоянно орошаемые территории

Примечания: 1. Участки, где залегают песчано-гравийные или песчаные грунты (за исключением мелких пылеватых песков) мощностью более 5м при расположении уровня грунтовых вод на глубине более 3 м во II-III зонах и более 2 м в IV-V зонах, относят к I типу независимо от наличия поверхностного стока (при отсутствии длительного подтопления),

2. Грунтовые воды не оказывают влияния на увлажнение верхней толщи грунтов в случае, если их уровень в предморозный период залегает ниже глубины промерзания не менее чем: на 2,0 м при глинах, суглинках тяжелых пылеватых и тяжелых; на 1,5 м в суглинках легких пылеватых и легких, супесях тяжелых пылеватых и пылеватых; на 1,0м в супесях легких, легких крупных и песках пылеватых.

3. Поверхностный сток считается обеспеченным при уклонах поверхности грунта в пределах полосы отвода более 20 ‰.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

11.4. Учет водно-теплового режима при проектировании верхней части земляного полотна

Под вводно-тепловым режимом земляного полотна понимают характер изменения во времени влажности и температуры грунта под воздействием погодно-климатических факторов, влияющих на рабочий слой. Изменение влажности и температуры сопряжено со вторичными процессами: набуханием и усадкой, морозным пучением и просадкой при оттаивании, просадкой при замачивании, изменением плотности, прочностных и деформационных характеристик грунта. В конечном итоге через вторичные процессы водно-тепловой режим оказывает влияние на изменения прочности дорожной одежды, ее ровности и долговечности.

Верхняя часть земляного полотна (рабочий слой) должна быть запроектирована таким образом, чтобы обеспечивалась требуемая прочность этого слоя (сопротивление нагрузкам) и его устойчивость (стабильность), под которой понимается исключение недопустимых деформаций в результате воздействия погодно-климатических факторов.

При оценке водно-теплового режима большое значение имеет учет источников увлажнения рабочего слоя. Различают три расчетные схемы увлажнения верхней части земляного полотна (табл. 11.12).

Таблица 11.12.

Расчетные схемы увлажнения верхней части земляного полотна

Номер схемы и источники увлажнения рабочего слоя	Условия отнесения к данному типу

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

1. Атмосферные осадки	Для насыпей на участках 1-го типа местности по условиям увлажнения (см. табл. 11.11)
	Для насыпей на участках 2-го и 3-го типов по условиям увлажнения: при возвышении поверхности покрытия над расчетным уровнем грунтовых и поверхностных вод или над поверхностью земли не менее, чем в 1,5 раза превышающем требования табл. 11.15.
	Для насыпей на участках 2-го типа при расстоянии до бровки земляного полотна от уровня поверхности воды (отсутствующей в летний период не менее 2/3 этого периода) более 5-10 м при супесях, 2-5 м при легких пылеватых суглинках и 2 м при тяжелых пылеватых суглинках и глинах (меньшие значения следует принимать для грунтов с большим числом пластичности; при залегании различных грунтов принимать наибольшие значения).
	В выемках в песчаных и глинистых грунтах в I-III дорожно-климатических зонах при уклонах кюветов более 20 % и при возвышении поверхности покрытия над расчетным уровнем грунтовых вод более чем в 1,5 раза превышающем требования табл. 11.15
	При применении специальных методов регулирования водно-теплового режима (капилляропрерывающие, гидроизолирующие, термоизолирующие и армирующие прослойки, дренаж и т.п.), назначаемых по специальным расчетам

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

2. Кратковременно стоящие (до 30 сут.) поверхностные воды; атмосферные осадки	Для насыпей на участках 2-го типа местности по условиям увлажнения (см. табл. 11.11) при возвышении поверхности покрытия не ниже требований табл. 11.15 и не более, чем в 1,5 раза превышающем эти требования и при крутизне откосов не менее 1; 1,5 при простом (без берм) поперечном профиле насыпи.
	Для насыпей на участках 3-го типа местности и при применении специальных мероприятий по защите от грунтовых вод (капилляропрерывающие и гидроизолирующие слои, дренаж), назначаемых по специальным расчетам, отсутствии длительно (более 30 сут.) стоящих поверхностных вод и выполнении условий предыдущего абзаца.
	В выемках в песчаных и глинистых грунтах в I-III зонах при уклонах кюветов менее 20 ‰ и возвышении поверхности покрытия над расчетным уровнем грунтовых вод более чем в 1,5 раза превышающем требования табл. 11.15
3. Подземные или длительно (более 30 сут.) стоящие поверхностные воды; атмосферные осадки	Для насыпей на участках 3-го типа местности по условиям увлажнения (см. табл. 11.11) при возвышении поверхности покрытия, отвечающем требованиям табл. 11.15, но не превышающем их более чем в 1,5 раза.
	То же для выемок, в основании которых имеется уровень грунтовых вод, расположение которого по глубине не превышает более чем в 1,5 раза требований табл. 11.15

Сущность учета водно-теплового режима при проектировании земляного полотна заключается в том, чтобы обеспечить при возникающем в конструкции водно-тепловом режиме заданную прочность и устойчивость (стабильность) рабочего слоя. При этом могут быть реализованы два принципа проектирования:

проектирование, исходя из заданного тем или иным способом уровня прочности и стабильности рабочего слоя (например, уровня, обеспечивающего возможность применения заданной типовой конструкции дорожной одежды);

проектирование конструкции рабочего слоя совместно с конструкцией дорожной одежды в целях оптимизации проектного решения. Для создания оптимального водно-теплового режима необходимо его регулирование. Наиболее простой метод регулирования предусматривает выполнение одновременно трех условий: применение в пределах рабочего слоя грунтов, обладающих повышенной

устойчивостью к воздействию погодно-климатических факторов; обеспечение требуемой степени уплотнения этих грунтов; обеспечение требуемого возвышения земляного полотна над расчетным уровнем подземных и поверхностных вод или над уровнем земли (на участках местности 2-го типа).

Для обеспечения первого условия в верхней части рабочего слоя следует использовать устойчивые грунты в соответствии с табл. 11.13.

Таблица 11.13.

Грунты, допускаемые в верхнюю часть рабочего слоя при простейшем способе регулирования водно-теплового режима

Дорожно-климатическая зона	Рабочий слой до глубины от поверхности покрытия, м	Допускаемый грунт
II	1,2/1,0	Непучинистый или слабопучинистый (I и II группы по пучинистости, см. табл. 11.15, 11.6)
III	1,0/0,8	Тоже
IV-V	1,0/0,8	Ненабухающий (см. табл. 11.4), непросадочный (см. табл. 11.3)

Примечание. В числителе - при цементобетонных покрытиях, в знаменателе - при асфальтобетонных.

Для соблюдения второго условия степень уплотнения грунта рабочего слоя должна отвечать требованиям, приведенным в табл. 11.14.

Таблица 11.14.

Наименьший коэффициент уплотнения грунта

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Часть земляного полотна	Глубина расположения слоя от поверхности покрытия, м	Капитальные дорожные одежды			Облегченные и переходные дорожные одежды		
		Дорожно-климатические зоны					
		I	II-III	IV-V	I	II-III	IV-V
Рабочий слой	До 1,5	0,98-0,96	1,00-0,98	0,98-0,95	0.95-0,93	0,98-0,95	0,95
Неподтапливаемая часть насыпи	1,5-6,0	0,95	0,95 0,98	0,95	0,93	0,95	0,90
	Более 6,0	0,93-0,95		0,95	0,93	0,95	0,90
Подтапливаемая часть насыпи	1,5-6,0	0,96-0,95	0,98-0,95	0,95	0,95-0,93	0,95	0,95
	Более 6,0	0,96	0,98	0,98	0,95	0,95	0,95
В рабочем слое выемки ниже зоны сезонного промерзания	До 1,2	-	0,95	-	-	0,95-0,92	-
	До 0,8	-	-	0,96-0,92	-	-	0,90

П р и м е ч а н и я*:* 1. Большие значения коэффициента уплотнения грунта принимают в случаях применения цементобетонных покрытий и цементогрунтовых оснований, а также при дорожных одеждах облегченного типа, меньшие - во всех остальных случаях.

2. В районах поливных земель при возможности увлажнения земляного полотна требования к плотности принимают такими же, как указано в графе для II-III дорожно-климатических зон.

3. В IV-V дорожно-климатических зонах следует рассматривать вопрос о повышении плотности грунта по сравнению с данными таблицы при соответствующем технико-экономическом обосновании и при условии защиты связного набухающего грунта от дополнительного увлажнения в процессе эксплуатации. Для V зоны следует предусматривать повышение степени уплотнения (до 1-1,05) верхней части рабочего слоя толщиной 0,2-0,3 м. То же следует предусматривать на дорогах I категории во всех дорожно-климатических зонах.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

4. Требуемую степень уплотнения крупнообломочных природных и техногенных грунтов устанавливают по результатам пробного уплотнения.

5. Для земляного полотна, сооружаемого в районах распространения островной высокотемпературной вечной мерзлоты, коэффициенты уплотнения следует принимать такими же, как для II дорожно-климатической зоны.

Для выполнения третьего условия должны быть обеспечены требования по возвышению поверхности покрытия над расчетным уровнем грунтовых и поверхностных вод и поверхностью земли в соответствии с табл. 11.15.

Таблица 11.15.

Возвышение поверхности покрытия над уровнем грунтовых и поверхностных вод и поверхностью земли

Грунт рабочего слоя	Возвышение поверхности покрытия, м, для дорог, расположенных в пределах дорожно-климатических зон, не менее				
	I	II	III	IV	V
Песок мелкий, супесь легкая крупная, супесь легкая	1,4 1,2	1,1 0,9	0,9 0,7	0,75 0,55	0,5 0,3
Песок пылеватый, супесь пылеватая	1,8 1,5	1,5 1,2	1,2 1,0	1,1 0,8	0,8 0,5
Суглинок легкий, суглинок тяжелый, глины	2,5 1,7	2,2 1,6	1,8 1,4	1,5 1,1	1,1 0,8
Супесь тяжелая пылеватая, суглинок легкий пылеватый, суглинок тяжелый пылеватый	2,7 1,9	2,4 1,8	2,1 1,5	1,8 1,3	1,2 0,8

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Примечания: 1. Числитель - возвышение поверхности покрытия над уровнем подземных вод или длительно (более 30 сут.) стоящих поверхностных вод, знаменатель - то же над поверхностью земли на участках с необеспеченным поверхностным стоком или над уровнем кратковременно (менее 30 сут.),стоящих поверхностных вод.

2. За расчетный уровень подземных вод надлежит принимать максимально возможный (за срок между капитальными ремонтами) осенний (перед промерзанием) уровень.

3. Возвышение поверхности покрытия на участках насыпей, проектируемых с откосами крутизной менее 1:1,5, а также с бермами допускается уточнять на основании данных расчета.

4. Наименьшие возвышения поверхности покрытия для дорог IV и V категорий с дорожными одеждами переходного и низшего типов допускается уменьшать по сравнению с нормами табл. 11.15 на основании практического опыта эксплуатации дорог в районах строительства, но не более чем в 1,5 раза.

5. В районах искусственного постоянного орошения возвышение поверхности покрытия над зимне-весенним УГВ или над уровнем поверхностных вод в IV-V дорожно-климатических зонах должно быть на 0,4 м, а в III зоне на 0,2 м больше, чем указано в табл. 11.15.

6. Возвышение поверхности покрытия над уровнем подземных вод или уровнем поверхностных вод при слабо- и среднезасоленных грунтах должно быть увеличено на 20 % (для суглинков и глин - 30 %), а при сильно засоленных грунтах - на 40-60 % по сравнению с требованиями данной таблицы.

При выполнении указанных трех условий производить специальные расчеты водно-теплового режима не требуется. При этом разрешается определять расчетные значения влажности, прочностных и деформативных характеристик грунта рабочего слоя при расчете дорожных одежд по табличным данным, приводимым в нормативных документах по проектированию дорожных одежд.

При невозможности или нецелесообразности выполнения всех трех условий необходимость и характер специальных мероприятий по учету водно-теплового режима устанавливают в результате специальных расчетов (Методические рекомендации по осушению земляного полотна и оснований дорожных одежд в районах избыточного увлажнения и сезонного промерзания грунтов /Союздорнии. - М., 1974. - 120 с; Методические рекомендации по проектированию и устройству теплоизолирующих слоев на пучиноопасных участках автомобильных дорог/ Союздорнии. - М., 1976. - 96 с).

При этом задаются некоторой конструкцией земляного полотна и дорожной одежды и определяют для этой конструкции расчетные значения плотности - влажности грунта и пучения. Первоначально в расчет вводят плотность грунта в момент постройки дороги и при этой плотности определяют эпюру влажности грунта перед промерзанием. При 1-й схеме увлажнения рабочего слоя эпюру влажности устанавливают только от осадков, выпадающих на проезжую часть,

обочины и разделительную полосу. При 2-й схеме эту эпюру суммируют с эпюрой влажности от поверхностных вод, застаивающихся вблизи дороги. При 3-й схеме суммируют эпюру влажности от осадков и грунтовых вод или верховодки, а при необеспеченном поверхностном стоке - и от поверхностных вод.

В районах, где наблюдаются частые продолжительные оттепели, за расчетный следует принимать максимальный весенний уровень подземных вод за период между капитальными ремонтами. Гидрологический прогноз следует выполнять на основе многолетних наблюдений за режимом грунтовых вод по опорной сети соответствующих ведомств, а также разовых краткосрочных замеров в период изысканий. Обязательной частью исходных материалов должны быть региональные прогнозы режима грунтовых вод. При отсутствии указанных данных, а также при наличии верховодки за расчетный допускается принимать уровень, определяемый по верхней линии оглеения грунтов.

В районах с незначительной (менее толщины дорожной одежды) глубиной промерзания в качестве расчетного принимают наивысший уровень требуемой вероятности превышения в период его сезонного максимума.

Получив суммарную эпюру влажности, рассчитывают температурное поле и определяют значения плотности, влажности и пучения грунта для конца зимы. Затем вычисляют плотность грунта после осадки его весной и усадку в летний период. Расчет заканчивают при получении значения коэффициента уплотнения грунта в летний период такого же, как и перед промерзанием.

В результате расчетов получают искомые значения пучения, влажности и плотности грунта в расчетный период и при необходимости уточняют конструкцию верхней части земляного полотна и дорожной одежды, принимая специальные меры по регулированию водно-теплового режима или по снижению последствий воздействия его факторов.

Могут быть рекомендованы следующие мероприятия по защите верхней части земляного полотна и дорожной одежды в зависимости от источников увлажнения:

при воздействии атмосферных осадков - гидроизолирующие слои, дренирующие слои;

при воздействии поверхностных вод - капилляропрерывающие слои, гидроизолирующие слои, применение специального поперечного профиля (бермы, уположенный откос), поверхностный водоотвод;

при воздействии подземных вод - дренаж (понижение уровня воды), капилляропрерывающие слои, гидроизолирующие слои;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

при промерзании - морозозащитные слои дорожной одежды, термоизолирующие слои, армирующие прослойки (для снижения неравномерности морозного пучения), улучшение и укрепление грунта рабочего слоя.

11.5. Поперечные профили земляного полотна в обычных условиях

Поперечные профили назначают в зависимости от высоты насыпи или глубины выемки, а также от грунтовых условий с учетом природных особенностей района строительства и категории дорог.

Крутизна откосов насыпей и выемок в типовых решениях не должна быть более указанной в табл. 11.16 и 11.17 (СНиП 2.05.02-85).

Таблица 11.16.

Наибольшая крутизна откосов насыпей

Грунт насыпи	Высота насыпи до 6м	Высота насыпи до 12 м	
		в нижней части (0-6 м)	в верхней части (6-12 м)
Глыбы из слабовыветривающихся пород	1:1-1:1,3	1: 1,3-1: 1,5	1:1,3-1: 1,5
Крупнообломочные и песчаные (за исключением мелких и пылеватых песков)	1:1,5	1:1,5	1:1,5
Песчаные мелкие и пылеватые. Глинистые и лёссовые	1:1,5 1:1,75	1:1,75 1:2	1:1,5 1: 1,75

Примечания: 1. В знаменателе даны значения для пылеватых разностей грунтов во II и III дорожно-климатических зонах и для однородных мелких песков. Крутизну откосов насыпей из мелких барханных песков в районах с засушливым климатом следует принимать не более 1: 2 независимо от высоты.

2. Нормы таблицы предполагают укрепление откосов методом травосеяния или одерновки. При применении других, более мощных методов укрепления крутизна может быть увеличена при соответствующем технико-экономическом обосновании.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

3. Крутизну откосов насыпей высотой до 3 м на дорогах I-III категорий следует назначать с учетом обеспечения безопасности движения, как правило, не круче 1:4, а для дорог остальных категорий при высоте насыпей до

Таблица 11.17.

Наибольшая крутизна откосов выемок

Грунты	Высота откоса, м	Наибольшая крутизна откосов
Скальные: слабовыветривающиеся	до 16	1:0,2
легковыветривающиеся неразмягчаемые	до 16	1,05-1:1,5
легковыветривающиеся размягчаемые	до 6	1:1
	от 6 до 12	1:1,5
Крупнообломочные	до 12	1:1-1:1,5
Песчаные, глинистые, однородные твердой, полутвердой и тугопластичной консистенции	до 12	1:1,5
Пески мягкие барханные	до 2	1:4
	от 2 до 12	1:2
Лёсс	до 12	1:0,1-1:0,5 1:0,5-1:1,5

Примечания: 1. Для лёсса - в числителе в засушливой зоне, в знаменателе - вне засушливой зоны.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

2. В скальных слабовыветривающихся грунтах допускаются вертикальные откосы.

3. На территориях с закрепленными растительностью песками допускается наибольшую крутизну при высоте откоса до 12 м принимать 1:2.

Схемы поперечных профилей типовых насыпей и выемок показаны на рис. 11.2.

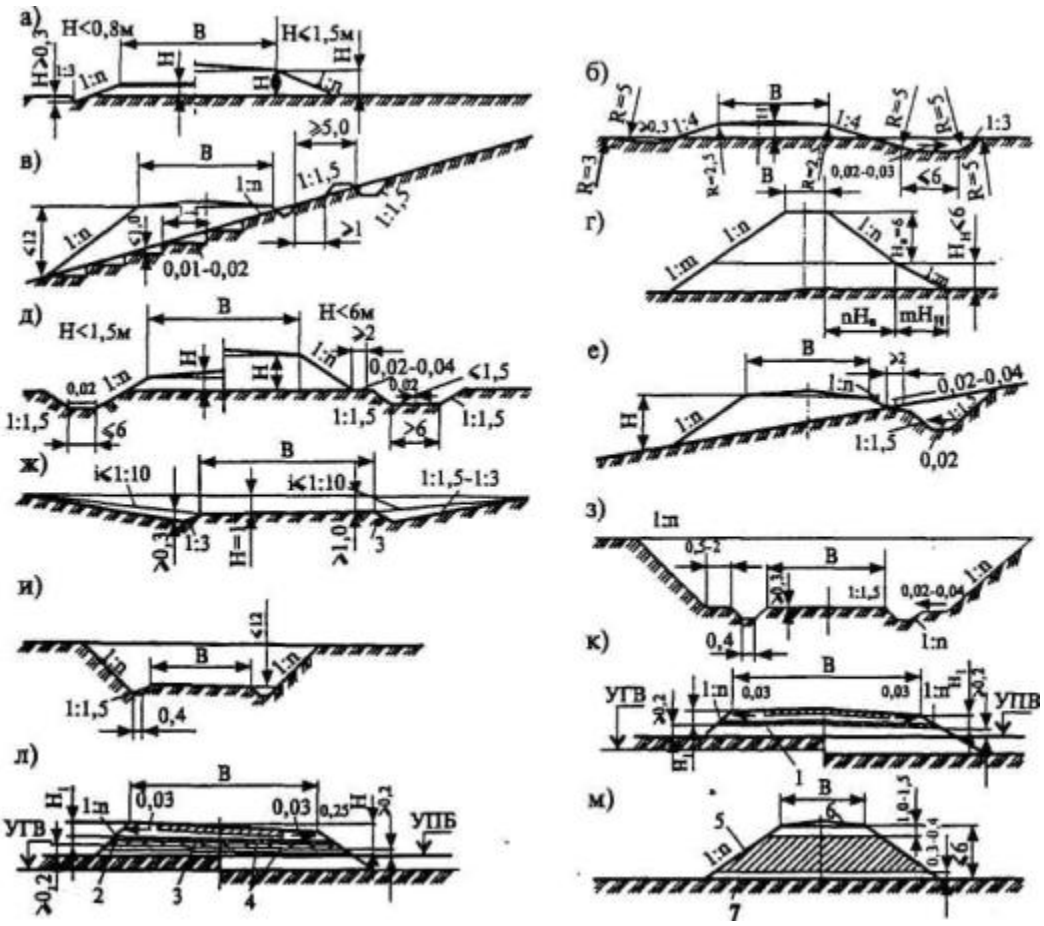


Рис. 11.2. Принципиальные схемы поперечных профилей типовых насыпей и выемок:
1 - гидроизолирующая прослойка; 2 - крупный гравий или щебень на выходе прослойки: 3 - капилляропрерывающий слой из гравия, щебня и т.п. толщиной 15-20 см: 4 - противозаиливающие слои; 5 - глинистый грунт; 6 - дренирующий грунт; 7 - гидроизолирующая прослойка;
а - насыпь из привозных грунтов; б - насыпь высотой до 1,5 м в пригородных зонах и местах, подверженных снежным заносам; в - насыпь на устойчивом косогоре крутизной от 1:5 до 1:3; г - насыпь высотой более 6 м; д - насыпь из боковых резервов: е - насыпь из бокового резерва на косогоре крутизной от 1:10 до 1:5; ж - раскрытая выемка глубиной до 1 м; з - выемка глубиной от 2 до 12 м в легковыветривающихся скальных грунтах, переувлажненных глинистых грунтах, в пылеватых и лёссовидных грунтах и в лессах; и - выемка в глинистых грунтах; к -

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

насыпь с гидроизолирующей прослойкой: л - насыпь с капилляропрерывающей прослойкой; м - насыпь из глинистого переувлажненного грунта

11.6. Проектирование насыпей на слабых основаниях

К слабым относят основания насыпей, сложенные полностью или частично слабыми грунтами (см. разд. 11.2). К насыпям на слабых основаниях предъявляются следующие дополнительные требования:

должна быть обеспечена **устойчивость основания,** т.е. должно быть исключено боковое выдавливание слабого грунта из-под насыпи (если это не предусмотрено как способ удаления слабого грунта);

должна быть обеспечена **стабильность основания,** т.е. интенсивная часть осадки должна завершиться до устройства покрытия (исключение допускается при применении сборных покрытий в условиях двухстадийного строительства). За завершение интенсивной части осадки допускается принимать момент достижения 90 % консолидации основания или интенсивности осадки не более 2 см/год при капитальных дорожных одеждах и 80 % консолидации или интенсивности осадки не более 5 см/год при одеждах облегченного типа;

упругие колебания земляного полотна при движении транспортных средств не должны превышать значения, допускаемого для данного типа покрытия (для насыпей на торфяных основаниях).

Соблюдение условий проверяют расчетами. При расчете **устойчивости** определяют коэффициент безопасности:

$K_{без} = p_{без} / p_{расч}$, где

(11.1)

$p_{без}$ - безопасная нагрузка на основание;

$p_{расч}$ - расчетная нагрузка на основание.

Коэффициент безопасности определяют для двух экстремальных схем приложения нагрузки к слабому основанию:

для схемы быстрой (условно-мгновенной) отсыпки насыпи на полную высоту с запасом на осадку

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$(K_{без}^{(нач)})$;

для схемы медленной отсыпки насыпи, при которой скорость передачи нагрузки соответствует скорости нарастания прочности основания в результате процесса консолидации

$(K_{без}^{(кон)})$.

В соответствии с этим $p_{без}$ и $p_{расч}$ также устанавливаются для этих режимов.

Устойчивость основания считается обеспеченной при условии $K_{без}$ ³ 1 (соответственно при быстрой отсыпке

$K_{без}^{(нач)} \geq 1$, при медленной

$K_{без}^{(кон)} \geq 1$).

Безопасная нагрузка

$$p_{без} = \left[\frac{c + \gamma_T z tg\varphi}{\beta}\right] \min + q,$$ где

(11.2)

c и *j* - расчетные значения сцепления и угла внутреннего трения слабого грунта на расчетном горизонте *z*;

g_T - удельный вес грунта слабой толщи;

b - функция глубины расположения расчетного горизонта *z*, геометрических параметров насыпи и расчетного угла внутреннего фения грунта основания; для насыпей трапецеидального очертания р определяют по графикам (рис. 11.3);

q - расчетная нагрузка на толщу от боковых пригрузочных призм при их наличии.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

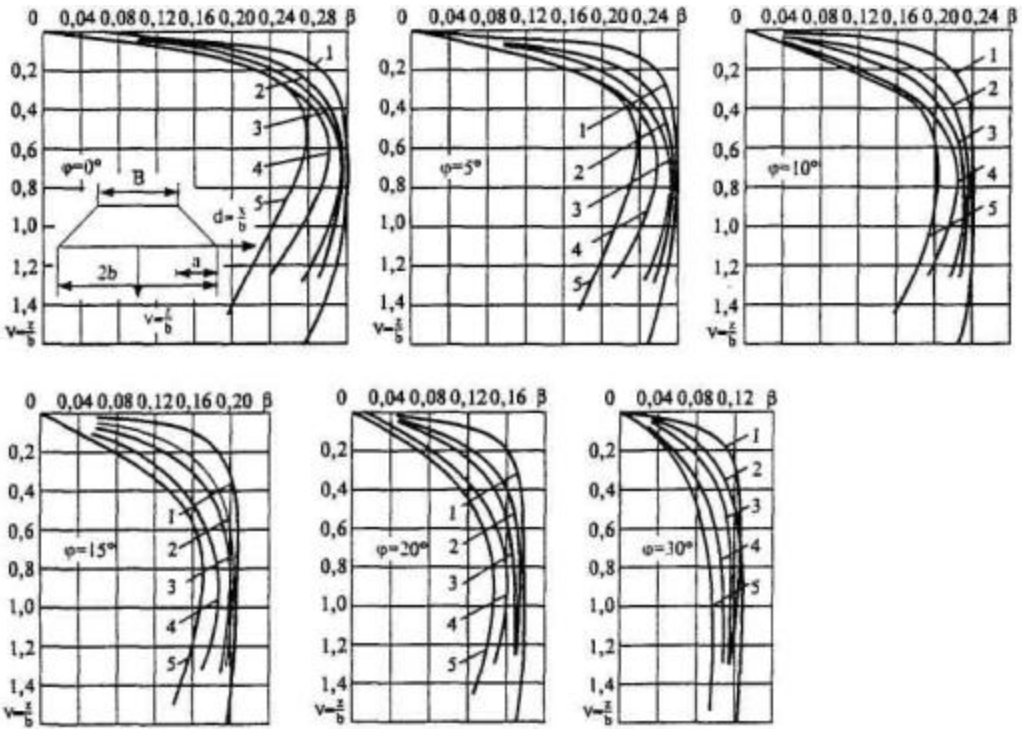


Рис. 11.3. Графики для определения коэффициента b в зависимости от относительной глубины расположения $V = z/b$ и очертания насыпи $2a/B$ при различных q:

$$1-\frac{2a}{B}=0{,}2;\ 2-\frac{2a}{B}=0{,}6;\ 3-\frac{2a}{B}=1{,}0;\ 4-\frac{2a}{B}=3{,}0;\ 5-\frac{2a}{B}=10$$

Знак min у первого слагаемого правой части означает, что должен быть найден такой горизонт z, для которого отношение, стоящее в скобках, будет иметь минимальное значение.

При оценочных расчетах $p_{без}$ можно определять по зависимостям, имеющим упрощающие допущения, идущие в запас прочности, представленным в табл. 11.18. При использовании таблицы следует иметь в виду, что степень приближенности формул в таблице увеличивается снизу вверх, т.е. запас, содержащийся в самих зависимостях, увеличивается от формулы (7) к формуле (1). Формулы, приведенные в таблице, относятся к насыпям без боковых пригрузочных призм.

При использовании табл. 11.18 во всех случаях, когда в качестве допущения принято условие ($j = 0$ или $g_T = 0$, в расчет следует вводить приведенное сцепление $c_{np} = c(1 + \sin j)$.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Таблица 11.18.

Формулы для оценки $p_{без}$

Расчетная формула		Основные упрощения
$p_{без} = 3{,}14c$	(1)	Эпюра нагрузки в виде прямоугольника: j=0; слабая толща в виде полупространства; c - постоянно по глубине
$p_{без} = \frac{c}{\beta_{max}(\varphi)}$	(2)	Эпюра нагрузки в виде прямоугольника: слабая толща в виде полупространства; $gT = 0$; c - постоянно по глубине
$p_{без} = \frac{c}{\beta_{max(o)}\frac{2a}{B}}$	(3)	Слабая толща в виде полупространства: $j = 0$; c - постоянно по глубине
$p_{без} = \frac{c}{\beta_{max}\left(\varphi, \frac{2a}{B}\right)}$	(4)	Слабая толща в виде полупространства: $j = 0$; c - постоянно по глубине; $gT = 0$
$p_{без} = \frac{c}{\beta_o}$	(5)	$j = 0$; c - постоянно в пределах слабого слоя
	(6)	Слабая толща: $gT = 0$

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$p_{без} = \frac{c}{\beta\left(\varphi \cdot \frac{2a}{B} \cdot z\right)}$		
$p_{без} = \frac{c + \gamma_{ср} z tg\varphi}{\beta\left(\varphi \cdot \frac{2a}{B} \cdot z\right)}$	(7)	с и j постоянны в пределах слабого слоя

Примечания: 1. $b_{max(j)}$ - максимальное значение коэффициента b, определяемое для данного j при $2a/B = 0$.

2. $b_{max(o)}(2a/B)$ - максимальное значение коэффициента b, определяемое по графикам для $j = 0$ при заданном значении $2a/B$.

3. b_o - коэффициент b, определяемый по графикам для $j = 0$ при заданном значении $2a/B$ для расчетной глубины z.

4. $b(j, z, 2a/B)$ - значение b для заданных, j, c и $2a/B$.

При расчетной нагрузке $p_{рас} < 0{,}075$ МПа и сцеплении $c \geq 0{,}012$ МПа приведенное сцепление:

$$c_{пр} = c + \frac{p_{рас}(1 - \sin\varphi)}{2} tg\varphi.$$

Максимальное значение b при различных значениях j и $2a/B$.

$$\beta_{max} = 0{,}297 - 0{,}018 \lg\frac{2a}{B} - 0{,}006\varphi^{\circ};$$

при $2a/B < 3$ можно применять упрощенную формулу:

$$B_{max} = 0{,}310 - 0{,}091 \lg \frac{2a}{B} - 0{,}006\varphi^{\circ};$$

при высоте насыпей менее 2,5-3,5 м

$b_{max} = 0{,}310 - 0{,}006j$,

При определении $p_{без}$ для быстрой отсыпки насыпи в расчетные формулы подставляют значения j и c, отвечающие природному состоянию грунта слабой толщи по плотности - влажности $j_{нач}$ и $c_{нач}$.

При определении $p_{без}$ для медленной отсыпки подставляют значения j и c, определяемые в опыте по схеме консолидированных сдвигов с дренажом: кажущийся угол трения j' и кажущееся сцепление c'. Допускается также использовать значения ($j_{кон}$ и $c_{кон}$, отвечающие конечной плотности - влажности слабого грунта после завершения его уплотнения под проектной нагрузкой от насыпи.

Расчетная нагрузка для условий быстрой отсыпки

$p_{рис} = g_н(h_{рас} + S_{кон})$, где

(11.3)

$g_н$ - удельный вес грунта насыпи;

$h_{рас}$ - расчетная высота насыпи;

$S_{кон}$ - расчетная конечная осадка основания под проектной нагрузкой от насыпи.

Для условий медленной отсыпки

$p_{рис} = g_н(h_{рас} + z_{г.в.}) + g_н^{(вз)}(S_{кон} - z_{г.в.})$, где

(11.4)

$g_н^{(вз)}$ - удельный вес грунта насыпи ниже расчетного уровня грунтовых вод;

$z_{г.в.}$ - глубина залегания расчетного уровня грунтовых вод от поверхности земли (принимается наиболее низкое залегание грунтовых вод за период до капитального ремонта с 90 %-й обеспеченностью).

При толщине насыпного слоя более 2,5 м (включая эквивалентную толщину дорожной одежды) за расчетную высоту насыпи $h_{рас}$ принимают фактическую

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

(проектную) ее высоту, включая дорожную одежду по оси над поверхностью земли. При меньшей толщине учитывают влияние подвижной нагрузки:

$$h_{рис} = h_o + \frac{\sigma_o k_{ус}^{(з)}}{\gamma_н},$$ где

s_O - расчетное давление на поверхности проезжей части от колеса (или гусеницы) расчетного транспортного средства;

$k_{ус}^{(з)}$ - коэффициент приведения подвижной нагрузки.

Для колесной нагрузки:

при H > B/4

$$k_{ус}^{(з)} = \frac{1{,}5 + 2h/D}{(1 + 2h/D + B/2D)^2} \frac{1}{1 + 2h/B};$$

при H > B/4

$$k_{ус}^{(з)} = \frac{1 + 2h/D + 2H/B}{(1 + 2h/D + 2H/B)^2} \frac{1}{1 + 2h/B};$$ где

H - мощность слабой толщи;

B - ширина земляного полотна;

h - толщина насыпи по оси (с дорожной одеждой);

D - диаметр расчетного отпечатка колеса.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В зависимости от значений

$K_{без}^{(нач)}$ и

$K_{без}^{(кон)}$ определяют тип основания по устойчивости (табл. 11.19).

Таблица 11.19.

Тип основания по устойчивости

Тип основания	Определяющий признак	Характеристика устойчивости	Возможность использования слабой толщи в качестве основания
I	$K_{без}^{(нач)} \geq 1$	Устойчивость обеспечена при любом режиме отсыпки насыпи	Можно использовать в качестве основания при учете осадки
II	$K_{без}^{(нач)} < 1;$ $K_{без}^{(кон)} \geq 1$	Устойчивость при быстрой отсыпке не обеспечена, но обеспечена при медленной отсылке	Можно использовать в качестве основания при обеспечении допустимого режима отсыпки, устанавливаемого расчетом, и учете осадки
III		Устойчивость не обеспечена ни при каком режиме отсыпки	Без конструктивных мероприятий в качестве основания использовать нельзя.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

	$K_{без}^{(пол)} < 1$		Нужно удалить слабый слой или изменить конструкцию насыпи

Примечание. При приближенном определении типа основания по результатам испытаний слабого грунта в полевых условиях значение $K_{без}^{(пол)}$ устанавливают без учета повышения прочности грунта (учитывают только эффект взвешивания). В этом случае тип II делят на два подтипа II-А и II-В. К подтипу II-В относят основания при $0,2 \le K_{без}^{(пол)} < 1$. При $K_{без}^{(пол)} < 0,2$ основание относят к III типу. Подтип II-В после уточнения по данным лабораторных испытаний окончательно относят к типу II или III.

Прогноз конечной осадки

$$S_{пол} = 0,001\sum_{1}^{n} e_{p_{ii}} H_i,$$ где

$e_{p_{ii}}$ - модуль осадки слоя, устанавливаемый по компрессионной кривой при нагрузке, отвечающей вертикальному нормальному напряжению на уровне середины *i*-го слоя;

H_i - мощность этого слоя.

Для определения e_{p_i} необходимо:

установить расчетные вертикальные напряжения на данном горизонте от расчетной нагрузки

$p_z = a \times p_{рас}$, где

a - безразмерный коэффициент, зависящий от относительной глубины расположения горизонта, определяемый по графику (рис. 11.4);

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

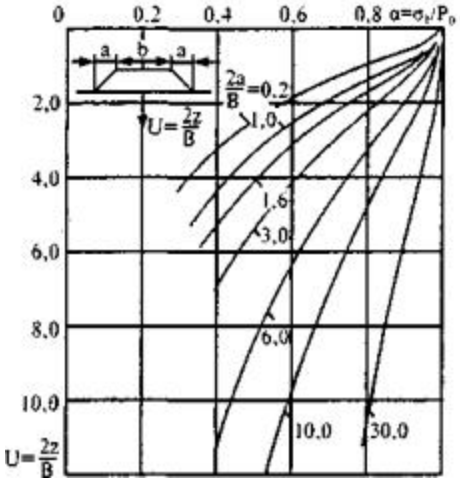


Рис. 11.4. Графики для определения коэффициента а в зависимости от расчетной глубины горизонта $U=2z/B$ при различных очертаниях насыпи ($2a/B$)

определить напряжения от собственного веса слабой толщи

$p_{с.в} = g_{ср}z$, где

$g_{ср}$ - средневзвешенный удельный вес слоев, расположенных выше горизонта (с учетом в зоне между уровнем грунтовых вод и водоупором эффекта взвешивания);

определить по компрессионной кривой модули осадки при p_z и $p_{с.в}$ и их разность принять за расчетное значение E_i.

Если осадка насыпи превышает 10 % ее высоты, необходимо учитывать в расчете нагрузку от просевшей части насыпи. Проще всего расчет выполняется графическим методом. Для этого вышеописанным способом определяют осадки для трех-четырех нагрузок p_0 и строят график осадки в зависимости от p_0. На тот же график наносят линейную зависимость нагрузки на поверхности от осадки, определяемую по формулам (11.3)-(11.4). Точка пересечения этих двух функций определит искомую осадку и расчетное значение нагрузки.

При насыпях высотой до 5 м и мощности слабой толщи не более двойной ширины насыпи понизу для прогноза осадки можно использовать формулу:

$$S = \frac{h_{рас} + \left(1 - \gamma_н^{(вз)} / \gamma_н\right) z_{г.в}}{E_{шт} / \left(\gamma_н H_{рас}\right) - \gamma_н^{(вз)} / \gamma_н},$$ где

$E_{шт}$ - штамповый модуль деформации грунта слабой толщи;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$H_{рас}$ - расчетная мощность слабой толщи.

Прогноз хода осадки во времени выполняют раздельно для двух участков кривой осадки: участка первичной консолидации и участка вторичной консолидации. При мощности сжимаемой толщи меньше или равной ширине насыпи по средней линии для прогноза можно использовать одномерную схему. На участке первичной консолидации время достижения сжимаемым слоем H относительной осадки $l = S/H$ составляет

$$T_{\lambda_0} = b_{\lambda_0} H_{\Phi}^2,$$ где

b_{λ_0} - консолидационный параметр, значение которого зависит от нагрузки p и относительной деформации l, устанавливаемый в опытах на одномерную консолидацию при нагрузке p;

H_{Φ} - расчетный путь фильтрации воды, отжимаемой из слоя в результате консолидации, принимаемый равным мощности сжимаемой толщи H при одностороннем дренировании или половине этой мощности $H/2$ при двустороннем дренировании.

При приближенных прогнозах осадки на стадии первичной консолидации консолидационный параметр:

$$b_{\lambda_0} = K_u / C_k,$$ где

C_k - коэффициент консолидации, определяемый непосредственно путем консолидационных испытаний;

K_u - коэффициент, зависящий от степени консолидации $U = l_i/l_1$

(l_i - относительная деформация на любой заданный момент времени первичной консолидации;

l_1 - конечная относительная деформация, отвечающая моменту завершения первичной осадки).

Значения коэффициента K_u

U, %	0,20	0,30	0,40	0,5	0,6	0,7	0,8	0,85	0,9	0,95
K_u	0,03	0,07	0,12	0,20	0,29	0,40	0,57	0,69	0,85	1,13

При прикидочных расчетах без учета вторичной консолидации и без испытаний на консолидацию принимают $l_1 = l_{кон}$ ($l_{кон}$ - конечная относительная осадка сжимаемой толщи под расчетной нагрузкой р), а значение C_k определяют так:

$$C_k = \frac{K_ф\left(1+\varepsilon_{ср}\right)}{\alpha\Delta_в},$$ где

$K_ф$ - коэффициент фильтрации данного грунта;

$\alpha = \frac{\varepsilon_н - \varepsilon_р}{p - p_н}$ - коэффициент уплотнения грунта;

$\varepsilon_{ср} = \frac{\varepsilon_н + \varepsilon_р}{2}$ - средний коэффициент пористости грунта;

$e_н$ и $e_р$ - коэффициенты пористости соответственно в природном (начальном) состоянии и после приложения расчетной нагрузки p;

$p_н$ - природная нагрузка;

$D_в$ - удельный вес воды.

Вместо последней формулы можно использовать выражение:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$C_k = K_\phi p \cdot 10^3 \left(\frac{1}{e_p} - 0{,}0005 \right),$$ где

p - сжимающая удельная нагрузка, МПа;

e_p - модуль осадки грунта, мм/м.

Для обеспечения возможности использования слабого грунта в основании насыпи рекомендуются следующие конструктивно-технологические решения:

предварительная консолидация (возведение насыпи в замедленном режиме, определяемом скоростью консолидации, и упрочнения основания);

временная пригрузка;

снижение высоты насыпи;

уположение откосов;

грунтовые сваи в основании;

частичная замена слабых грунтов;

песчаные сваи-дрены;

вертикальные дрены;

насыпи из легких материалов;

боковые пригрузочные призмы;

распределяющая плита в основании;

предварительное осушение дорожной полосы;

дренажные прорези;

устройство свайного основания для насыпи (в том числе с гибким ростверком);

увеличение толщины насыпи.

Условия применения этих решений приведены в табл. 11.20.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Временная пригрузка. Требуемое значение временной пригрузки $p_{пр}$, обеспечивающей возможность достижения реальным слоем $H_{ф}$ заданной осадки за требуемое время $T_{тр}$.

Таблица 11.20.

Классификация и условия применения конструктивно-технологических решений, обеспечивающих возможность использования слабых грунтов в основании насыпи

Основное назначение конструктивно-технологических решений	Определяющий результат	Рекомендуемые решения	
		технологические	конструктивные
Повышение устойчивости основания	Уменьшение нагрузки		3; 9; 14
	Улучшение характера напряженного состояния		4; 10; 5;
			6; 11
	Увеличение сопротивляемости сдвигу грунта основания	1	5; 8; 13

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Ускорение достижения допустимой интенсивности осадки	Уменьшение конечной осадки:		
	уменьшение нагрузки	-	3; 9;14
	улучшение характера напряженно-	-	5; 11
	деформированного состояния		
	Уменьшение мощности сжимаемой	-	6
	толщи (активной зоны)		
	уменьшение сжимаемости грунта	12	7
	Ускорение процесса консолидации:		
	увеличение уплотняющей толщи	2	-
	улучшение условий удаления поровой воды	-	8; 13; 6

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Уменьшение влияния динамического воздействия транспортной нагрузки	Снижение напряжений от транспортной нагрузки	-	15; 11
	Повышение динамической устойчивости основания насыпи		5; 7; 6

Примечание. Цифры в таблице соответствуют порядковым номерам конструктивно-технологических решений, приведенных выше на странице 191

$$p_{нр} = \frac{b_1 H_ф^2}{T_{нр}} + p_1 - p_{рас},$$ где

(11.5)

b_1 и p_1 - консолидационные параметры, устанавливаемые в опыте на консолидацию при нагрузке $p_{рас}$;

$H_ф$ - расчетная мощность сжимаемого слоя (с учётом условий дренирования).

Для ориентировочных расчетов можно использовать зависимость

$$p_{нр} = 1{,}2\, p_{рас} e^{1\frac{2{,}46 T_{рас} C_1}{H_ф^2}}.$$

(11.6)

Расчет режима возведения насыпи методом предварительной консолидации. Влажность грунта на момент времени t, соответствующий осадке S_t.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$W_t = W_н - \left(1{,}57\frac{S_t}{S_k}\right) - 0{,}57(W_н - W_k),$$

где

(11.7)

$W_н$ - начальная влажность грунта основания;

W_k - конечная его влажность при расчетной нагрузке;

S_k - конечная осадка при той же нагрузке.

Расчет выполняют графоаналитическим методом в такой последовательности:

задавшись тремя-четырьмя значениями осадки S_t и зная расчетную (конечную) осадку S_k, вычисляют по формуле (11.7) значения расчетной влажности, отвечающие этим осадкам;

по экспериментальным кривым $j_W = f(W)$ и $c_W = f(W)$ определяют значения j_W и c_W для найденных влажностей;

при найденных значениях j_W и c_W по формуле (11.2) определяют значения безопасной нагрузки $p_{без}$ и строят зависимость $p_{без} = f(S_t)$;

полученную кривую заменяют ступенчатой линией, отображающей реальный режим отсыпки, таким образом, чтобы ее абсциссы не отличались более чем на 10% от абсцисс заменяемой кривой;

определяют расчетные значения вертикальных сжимающих напряжений в слое при принятых ступенях нагрузки и строят консолидационные кривые для ступеней в виде зависимостей осадки основания от времени при различных нагрузках на поверхности;

используя график реального режима отсыпки и построенные графики консолидации, строят график осадки во времени с учетом режима нагружения.

Полученный график дает возможность получить искомую зависимость режима нагружения и функции от времени, которую можно перестроить в технологический график (толщина насыпи от времени).

Расчет боковых пригрузочных призм. Требуемая толщина призмы:

$$h_{пр}^{(пр)} = \frac{p_0 - p_{без}}{\gamma_{пр}},$$

где

p_o - проектная нагрузка на основание насыпи;

$p_{без}$ - безопасная нагрузка для проектируемой насыпи без боковых пригрузочных призм;

$g_{пр}$ - удельный вес грунта пригрузочной призмы.

Максимально допустимая толщина пригрузочной призмы

$$h_{пр}^{(пр)} = M_\varphi \frac{c}{\gamma_{пр}},$$

при этом $$M_\varphi = \frac{\pi}{tg\varphi\left(ctg\varphi - \pi/2 + \varphi\right)},$$ где

j - угол внутреннего трения слабого грунта;

c - его сцепление.

Требуемая ширина пригрузочной призмы:

при мощности слабой толщи $H > H_{max}$.

$$l = b_{ср}\left(\frac{1 + 0{,}8\cos\alpha}{0{,}6\sin\alpha}\right);$$

при $H < H_{max}$.

$$l = \sqrt{b_{ср}^2 + 2b_{ср}H/tg\alpha - H^2} - b_{ср} + 1{,}3H,$$ где

$b_{ср}$ - полуширина проектной насыпи (без пригрузочных призм по средней линии);

а - угол видимости:

$$H_{max} = b_{cp}\left(\frac{\cos\alpha + 0{,}8}{\sin\alpha}\right).$$

Угол видимости а определяют, решая графическим способом уравнение:

$$\frac{\sin\alpha}{\pi} = \frac{c\cos\varphi}{p_o} + \frac{\sin\varphi}{\pi}\alpha.$$

Искомое значение а определяется первой от начала координат точкой пересечения синусоиды (левая часть равенства) и линейной (правая часть) функции от а.

Расчет вертикальных дрен. Для предварительной оценки эффективности применения дрен используют зависимость:

$$\frac{T_o}{T_Д} = \frac{H_ф^2}{(l/2)^2},$$ где

T_o и $T_Д$ - время достижения заданной степени консолидации соответственно без дрен и с дренами;

$H_ф$ - расчетный путь фильтрации воды из толщи без дрен;

l - расстояние между дренами.

Уточненный расчет выполняют в форме проверки правильности назначения расстояния между дренами, при котором достигается заданная степень консолидации в заданное время.

Общая степень консолидации

$U_{об} = 100 - 0{,}01(100 - U_г)(100 - U_в)$, где

$U_в$ - степень консолидации основания в заданный момент времени T без дрен при вертикальной фильтрации воды из основания при расчетной нагрузке;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$U_г$ - то же при горизонтальной фильтрации к дренам.

Значения $U_г$ и $U_в$ устанавливают по графикам рис. 11.5.

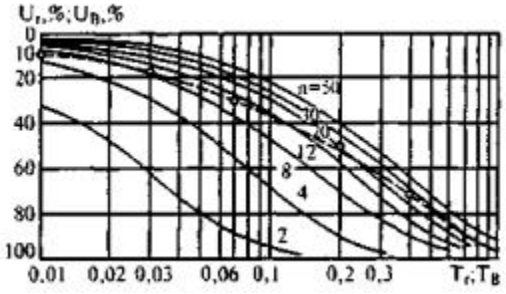


Рис. 11.5. Графики для расчета вертикальных песчаных дрен:
штриховая линия - для определения $U_в$; n - отношение расстояния между дренами (в свету) к их диаметру

Факторы времени, необходимые для определения $U_г$ и $U_в$:

$$T_в = \frac{C_в T}{H_ф^2}; \quad T_г = \frac{C_г T}{l^2},$$

где

$C_в$ и $C_г$ - коэффициенты консолидации при вертикальной и горизонтальной фильтрации.

Диаметр песчаных дрен принимают в пределах 0,15-0,80 м. Для заполнения дрен используют песок с $K_ф$ ³ 6 м/сут.

Расчет дренажных прорезей выполняют аналогично расчету дрен. При этом для определения степени консолидации при горизонтальной фильтрации используют график рис. 11.6.

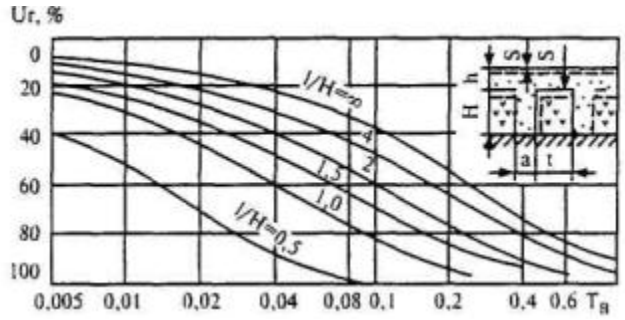


Рис. 11.6. График для расчета дренажных прорезей

Расчет конструкции свайного основания с гибким ростверком насыпи на участке слабых грунтов.

1. Исходные данные:

мощность слабой толщи H, м;

модуль деформации слабого грунта E_o, т/м^2;

высота насыпи $h_н$, м;

удельный вес и угол внутреннего трения грунта насыпи g, т/м^3; j°.

2. Задаваемые параметры:

диаметр сваи D, м;

расстояние между сваями в осях L, м;

жесткость геополотна, используемого для ростверка G, т/м;

допустимая осадка межсвайного пространства D, м.

3. Проверка условия возникновения арочного эффекта:

$$h_н \geq \frac{(L-D)}{2tg\varphi}$$

При его соблюдении дальнейшие расчеты ведут по нижеприведенным формулам.

4. Определение расчетного давления грунта насыпи на сваи и проверка условия прочности свай по формуле:

$$\sigma_{св} = \frac{1{,}2 \cdot \gamma \left[L^2 \cdot h_н - \frac{2}{3tg\varphi}(L-D)^2 D \right]}{D^2}$$

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$s_{св} £ R_o$, где

R_o - прочность материала свай на одноосное сжатие, т/м^2.

При соблюдении условия прочности ведем дальнейшие расчеты.

5. Расчетное давление на межсвайном пространстве:

$$\sigma_{мн} = \frac{1{,}3 \cdot 2\gamma}{3tg\varphi} \cdot \frac{(L-D)\cdot D}{(L+D)}, \text{т/м}^2$$

6. Осадка поверхности межсвайного пространства:

$$\Delta = \frac{\sigma_{мн}}{E_o} \cdot H, \text{м}$$

7. Проверка условия допустимости осадки основания насыпи: D £ [D]

Для определения [D] используется зависимость:

$$[\Delta] = \left[\frac{[\delta]}{2} + \sqrt{\left(\frac{[\delta]}{2}\right)^2 + [\delta]k_н}\right] \cdot \frac{1}{1{,}5},$$ где

[d] - допустимая осадка поверхности насыпи, принимаемая:

при жестких дорожных одеждах 0,02 м;

при капитальных нежестких одеждах 0,04 м;

при переходных одеждах 0,1 м.

При соблюдении условия допустимости осадки принимается конструкция без ростверка.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

8. При не соблюдении условия допустимости осадки предусматривают устройство гибкого ростверка. Для этого задается величина допустимой осадки основания [D] и вычисляется расчетное относительное удлинение полотна по формуле:

$$\lambda = \sqrt{\frac{[\Delta]\cdot tg\varphi_{cp}\cdot e^{\frac{\pi}{4}f}\left[\gamma DH(L-D)+\Delta E_o\cdot 3tg\varphi(L+D)\right]\cdot 1{,}3}{G\cdot H\cdot 3tg\varphi(L+D)}}$$

Полученное значение l сравнивают с величиной

$$\lambda_{\min} = \frac{2\Delta}{L-D}$$

При $l < l_{\min}$ в расчет принимается $l_{\min}$.

9. Определяют усилие растяжения в геополотне по формуле:

$$R = \sqrt{\frac{G\cdot\Delta\cdot tg\varphi_{cp}\cdot e^{\frac{\pi}{4}f}\left[2\gamma DH(L-D)+\Delta E_o\cdot 3tg\varphi(L+D)\right]\cdot 1{,}3}{2H\cdot 3tg\varphi(L+D)}}, \text{т/м}$$

или по формуле:

$$R_{\min} = \frac{2\Delta\cdot G}{L-D}$$

При $R < R_{\min}$ В расчет принимается $R_{\min}$.

10. Подбирают такое геосинтетическое полотно, которое при расчетном значении l развивает полученную величину сопротивления R (т/м) при условии, что R меньше прочности полотна на растяжение R_O (Т/М).

При необходимости может быть применено двойное, тройное и т.д. полотно.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

11. Определяют дополнительную нагрузку на сваю от ростверка и дополнительно проверяют прочность материала сваи:

$$\sigma_{ce}^{don} = \frac{4}{D}\sqrt{\left[\left(\frac{2\gamma \cdot D(L-D)}{3tg\varphi(L+D)} + \frac{\Delta E_o}{H}\right) tg\varphi_{cp} \cdot e^{\frac{\pi}{4}f} \cdot \frac{1,3}{2} \cdot \Delta G\right]}$$

11.7. Проверка устойчивости откосов при проектировании высоких насыпей и глубоких выемок

В зависимости от инженерно-геологических особенностей грунтовой толщи, образующей откос и его основание, и от гидрогеологических условий работы откосы насыпей и выемок классифицируют в соответствии с табл. 11.21.

Таблица 11.21.

Классификация откосов насыпей и выемок

Тип земляного полотна	Вид строения откоса по наличию слоистости	Разновидность по характеру слоистости	Разновидность по воздействию грунтовых и поверхностных вод
Насыпь (Н)	А. Однородный	-	1. Безводный
	Б. Слоистый	-	2. Подверженный силовому воздействию воды
Выемка (В)	А. Однородный	I Горизонтальные слои	1. Безводный
		II Падение в сторону выемки	
	Б. Слоистый	III Падение от выемки	2. Несущий поток грунтовых вод
		IV Сложное расположение слоев	

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

По табл. 11.21 устанавливают индекс классификационной группы откоса. Например, откосу выемки, сложенному горизонтальными слоями, не несущему грунтовой воды, соответствует индекс (В)-Б-М.

Различают общую и местную устойчивость откоса. В результате нарушения общей устойчивости происходит смещение значительных по размерам массивов грунта, слагающего откос. Нарушения местной устойчивости возникают в приоткосной зоне, непосредственно подверженной воздействию погодно-климатических факторов, вызывающих циклические процессы набухания-высушивания, промерзания, оттаивания и связанного с ними нарушения сплошности и снижения прочности грунта (выветривание).

Основные формы нарушения общей устойчивости: скольжение; выдавливание; расползание.

Расчет **по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения** (КЦПС) находит наиболее широкое применение.

Коэффициент устойчивости

$$K_y = \frac{\sum Q_i \cos \alpha_i tg \varphi_i + c_i l_i}{\sum Q_i \sin \alpha},$$ где

Q_i - вес i-го блока; a_i - средний угол наклона поверхности скольжения в пределах i-го блока к горизонту; j_i и c_i - угол трения и сцепление грунта на поверхности скольжения в пределах i-го блока.

Для выделения блоков предварительно ограничивают отсек обрушения проведением дуги скольжения из вероятного центра вращения. Отсек делят на блоки вертикальными сечениями. Ширина блоков принимается примерно одинаковой (не более 2-3 м). Желательно, чтобы границы блоков проходили через точки перелома линии поперечного профиля откоса и через точки пересечения различных слоев, слагающих откос, с поверхностью скольжения.

В целях упрощения расчета центр наиболее опасной поверхности скольжения целесообразно определять, используя график Н. Янбу (рис. 11.7).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

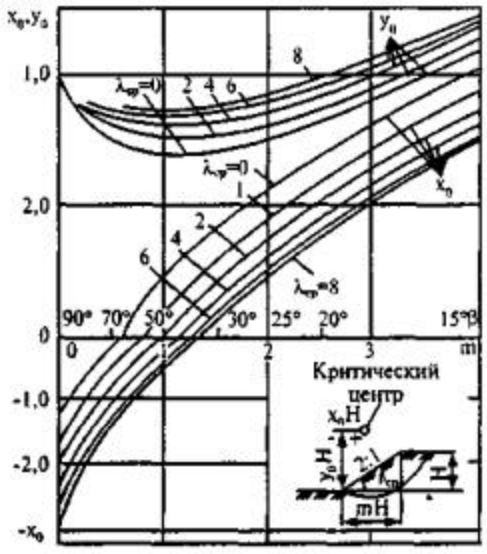


Рис. 11.7. График Н. Янбу для определения центра опасной кривой скольжения в методе КЦПС

Порядок использования графика:

определяют параметр

$$\lambda_{c\varphi} = \frac{\gamma H tg\varphi}{c},$$ где

H - высота откоса;

g - расчетное значение удельного веса грунта;

j и c - угол внутреннего трения и сцепление;

зная l_{cp} и среднюю крутизну откоса b по графику определяют относительные координаты центра опасной дуги скольжения: x_0 и y_0;

умножая x_0 и y_0 на H, получают абсолютные координаты центра x и y;

из найденного центра проводят расчетную дугу скольжения через нижнюю бровку откоса, делят отсек на блоки и вычисляют коэффициент устойчивости, используя зависимость (11.6).

При малых значениях c, когда $l_{cp} > 8$, разрешается использовать кривую, отвечающую условию $l_{cp} = 8$.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Для откоса, неоднородного в геологическом отношении по высоте, расчет выполняют в два этапа:

находят средневзвешенные значения *g, c* и *j*:

$$\gamma_{cp} = \frac{\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \cdots + \gamma_n h_n}{H};$$

$$c_{cp} = \frac{c_1 h_1 + c_2 h_2 + \cdots + c_n h_n}{H};$$

$$tg\varphi_{cp} = \frac{tg\varphi_1 h_1 + tg\varphi_2 h_2 + \cdots + tg\varphi_n h_n}{H},$$ где

$h_1, h_2, ..., h_n$ - мощности отдельных слоев в пределах высоты откоса;

$g_1, g_2, ..., g_n$ - удельный вес грунта в пределах этих слоев;

$c_1, c_2, ..., c_n$ и $tgj_1, tgj_2, ..., tgj_n$ - сцепление и коэффициенты трения грунтов в пределах слоев;

по средневзвешенным значениям g_{cp}, c_{cp} и tgj_{cp} находят осредненное значение:

$$\lambda_{cp} = \frac{\gamma_{cp} H tg\varphi_{cp}}{c_{cp}};$$

по l_{cp} и b_{cp} (по графику) определяют x_o и y_o и затем x и y;

из найденного центра проводят дугу скольжения и для этой кривой уточняют расчет, определяя средневзвешенные значения tgj_{cp} и c_{cp} по дуге скольжения:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$c'_{ср} = \frac{c_1 l_1 + c_2 l_2 + \cdots + c_n l_n}{l_1 + l_2 + \cdots + l_n},$$

$$tg\varphi'_{ср} = \frac{Q_1 \cos\alpha_1 tg\varphi_1 + Q_2 \cos\alpha_2 tg\varphi_2 + \cdots + Q_n \cos\alpha_n tg\varphi_n}{Q_1 \cos\alpha_1 + Q_2 \cos\alpha_2 + \cdots + Q_n \cos\alpha_n};$$ где

l_n - длина отрезка кривой скольжения в пределах n-го слоя;

a_n -средний угол наклона этого отрезка к горизонту;

Q_n - вес блока, ограниченного кривой скольжения и вертикальными гранями, проходящими через концы отрезка l_n;

вычисляют исправленное значение $\lambda'_{ср}$:

$$\lambda'_{ср} = \frac{\gamma_{ср} H tg\varphi'_{ср}}{c'_{ср}};$$

и по графику Н. Янбу находят уточненные координаты центра опасной кривой скольжения, относительно которой и определяют расчетный коэффициент устойчивости. При необходимости можно определить $c_{ср2}$ и $\varphi_{ср2}$ по вновь полученной кривой скольжения, сопоставить их с $c_{ср}$ и $\varphi_{ср}$ и при большом различии повторить расчет.

Расчет по графику Д. Тейлора может быть осуществлен для однородного ненагруженного откоса. Зная число устойчивости c/gH, требуемый минимальный коэффициент устойчивости K_y и угол внутреннего трения j, можно по графику (рис. 11.8) найти угол наклона откоса к горизонту i, отвечающий заданному коэффициенту устойчивости Ку. Для этого значения c и tg$j$ уменьшают в K_y раз и по параметрам $\frac{c}{\gamma H K_y}$ и $\frac{tg\varphi}{K_y}$ определяют для трех возможных вариантов прохождения кривой скольжения при пологом откосе (зона В); через нижнюю бровку откоса (кривая 1), ниже этой точки (кривая 2) и при наличии на уровне подошвы откоса прочного грунта (кривая 3). При крутом откосе рассматривают один вариант (зона А).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

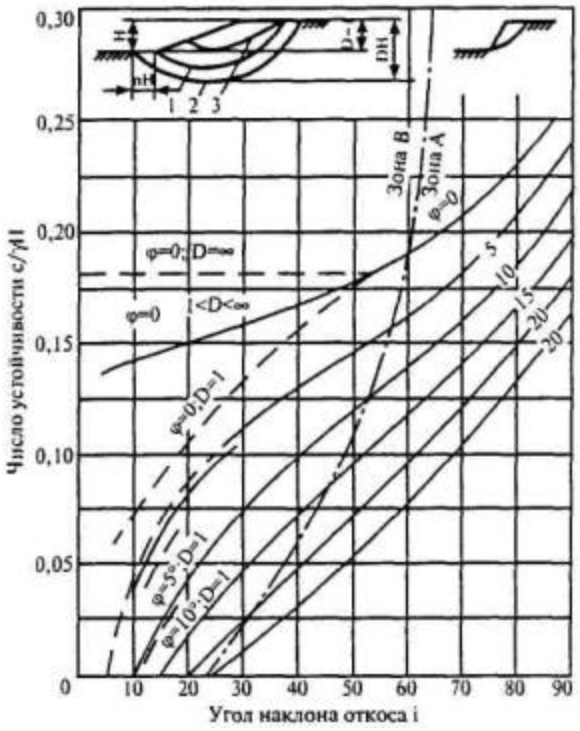


Рис. 11.8. График Д. Тейлора для расчета устойчивости по методу КЦПС

Расчет по методу плоских поверхностей скольжения (ППС) выполняют, используя метод горизонтальных сил (Маслова - Берера). Коэффициент устойчивости

$$K_y = \frac{\sum(H_i - R_i)}{\sum(\pm H_i)} = \frac{\sum Q_i\left[tg\alpha_i - tg(\alpha_i - \psi_{yi})\right]}{\sum Q_i tg\alpha_i} = \sum\left[1 - \frac{tg(\alpha - \psi_y)}{tg\alpha}\right],$$ где

H_i - распор (давление на стенку блока) при отсутствии в грунте между блоками трения и сцепления; R_i - не погашенная трением и сцеплением часть распора;

Q_i - вес блока;

a_i - угол наклона поверхности скольжения данного блока к горизонту;

y_{pi} - угол сопротивления сдвигу на поверхности скольжения данного блока при нормальном давлении p от его веса.

Последовательность расчета:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

на основе анализа инженерно-геологических условий (характер слоистости, наклон слоев, наличие слабых прослоек и т.д.) намечают наиболее вероятные поверхности скольжения в виде одной плоскости или комбинации нескольких плоскостей;

для каждой расчетной поверхности скольжения отсек обрушения разделяют вертикальными сечениями на отдельные блоки с таким расчетом, чтобы границы блоков соответствовали местам перелома поверхностей скольжения и в пределах каждого блока на поверхности скольжения сохранялись постоянными значения сдвиговых характеристик грунта;

в пределах каждого блока определяют:

значение a_i принимая его положительным при наклоне поверхности скольжения в сторону общего смещения отсека и отрицательным при наклоне в противоположную сторону (в пассивной зоне):

значение y_{pi}:

$$\psi_{yi} = arctg\left(tg\varphi_i + \frac{c_i l_i}{Q_i}\right),$$ где

c_i и j_i - расчетные значения сцепления и угла внутреннего трения на поверхности скольжения в пределах i-го блока;

l_i - длина участка поверхности скольжения в пределах i-го блока.

Во втором слагаемом, стоящем в скобках и числителе, подразумевается еще один сомножитель, равный единице длины блока.

Расчет на выдавливание грунта основания из-под подошвы откоса осуществляется по методу Союздорнии (В.Д. Казарновский) аналогично расчету устойчивости насыпей на слабых грунтах (см. разд. 11.6). Метод основан на ограничении развития в основании зон предельного равновесия.

Степень устойчивости откоса в целом оценивают по минимальному значению коэффициента стабильности, определяемому для различных горизонтов:

$K_{ст} = p_{без}/p_o$, где

$p_{без}$ - максимальная нагрузка на поверхности основания, при которой на данном горизонте отсутствует запредельное состояние;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

p_o - проектная нагрузка на основание ($p_o = g_{cp}h$); h - высота откоса; g_{cp} - средневзвешенный удельный вес грунта откоса.

Безопасная нагрузка

$$p_{без} = \frac{c + \gamma_{cp} z tg\varphi}{\beta},$$ где

c и j - сцепление и угол внутреннего трения грунта основания на данном горизонте;

g_{cp} - средневзвешенный удельный вес грунта основания откоса выше рассматриваемого горизонта;

z - глубина расположения рассматриваемого горизонта от поверхности основания откоса;

b - функция очертания поперечника насыпи или выемки, значения угла внутреннего трения на рассматриваемом горизонте и относительной глубины этого горизонта.

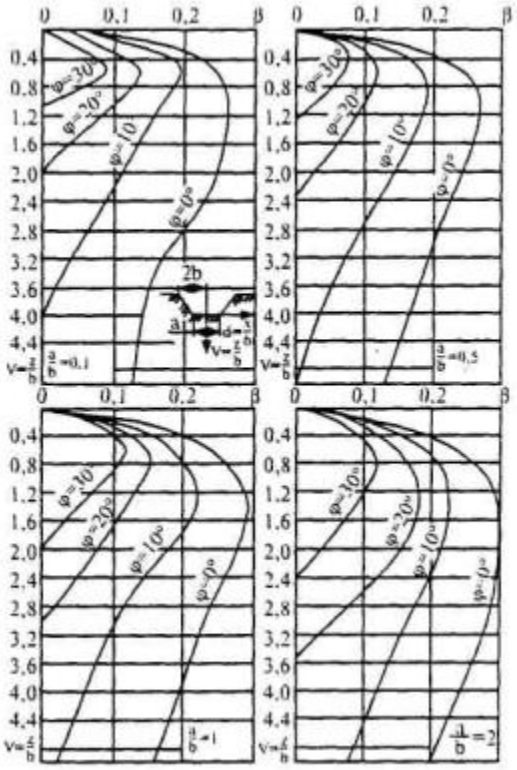


Рис. 11.9. График для определения коэффициента *b* при расчете откосов выемок по схеме выдавливания

При простом (трапецеидальном) очертании поперечного профиля насыпи или выемки значения р определяют по графикам рис. 11.3 (для насыпей) и рис. 11.9 (для выемок).

При сложном очертании поперечного профиля (переменная крутизна откосов, бермы и т. п.) функция *b* может быть определена в первом приближении путем алгебраического суммирования значений *b*, полученных для данного горизонта при некоторых простых эпюрах (трапецеидальных), дающих в сумме расчетную эпюру нагрузки. При разделении фактической эпюры на простые необходимо, чтобы все эпюры имели общую ось симметрии, а основание их совпадало бы с фактической поверхностью основания (рис. 11.10).

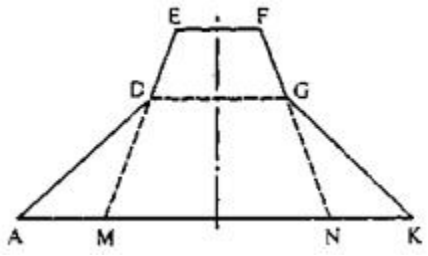


Рис. 11.10. Схема замены сложной эпюры простыми (ADEFGK = ADGK + MEFN - MDGN)

Если *j*, *c* и *g* изменяются по глубине основания, расчет устойчивости следует проводить, используя графическое построение (рис. 11.11). Для этого строят график изменения по глубине *z* величины $f_1 = c + g_{cp} z \mathrm{tg} j$ и график изменения по глубине *b*, после чего по нескольким точкам строят график изменения по глубине отношения этих функций (т.е. $p_{без}$). Минимальное значение $p_{без}$ определит расчетный горизонт, а отношение $p_{без}$ к проектной нагрузке p_o - значение $K_{без}$.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

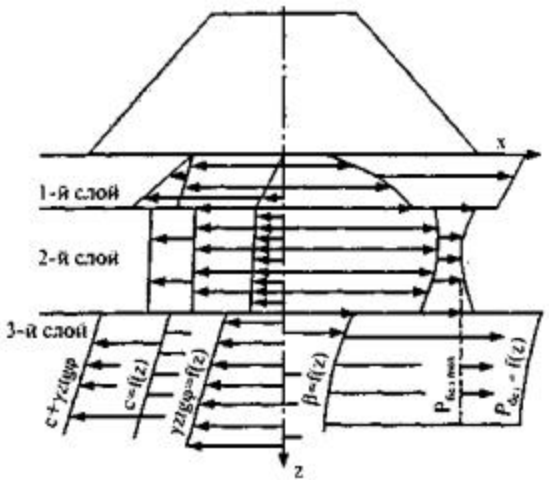


Рис. 11.11. Графическое построение для определения $K_{без}$ при слоистой толще

Опасность выдавливания полностью исключается при условии $K_{без} \geq 1$.

В некоторых случаях в зависимости от особенностей инженерно-геологических условий, особенностей строительства и ответственности сооружения могут быть допущены некоторые зоны разрушения в основании, т.е. зоны, в которых $K_{ст} < 1$. Для анализа размеров зон используется их построение с помощью таблиц или графиков напряжений или с помощью компьютерного расчета.

Расчет насыпи на расползание по основанию ведут, определяя коэффициент устойчивости

$$K_y = \frac{\gamma h \operatorname{tg}\varphi (B + mh)/2 + c(B/2 + mh)}{1/2(\gamma h^2 \xi)},$$ где

g - удельный вес грунта насыпи;

h и B - ее высота и ширина поверху;

m - крутизна откоса;

c и j - сцепление и угол внутреннего трения на границе насыпи и ее основания (принимаются в зависимости от конкретных условий наименьшие из значений для грунтов основания или насыпи);

x - коэффициент бокового давления.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Проверку по условию равноустойчивости (метод F_p осуществляют для оценки рациональности очертания откоса и выявления наиболее напряженных участков. Степень соблюдения принципа равноустойчивости оценивают для различных участков откоса по высоте по значению коэффициента запаса:

$$n = \frac{tg\varphi + c / \gamma_{cp} z}{tg\alpha},$$ где

j - угол внутреннего трения на данном горизонте;

g_{cp} - средний удельный вес грунта;

c - сцепление грунта на данном горизонте;

z - глубина данного горизонта, считая от верха откоса;

а - угол наклона поверхности откоса к горизонтали на уровне данного горизонта.
Построение равноустойчивого откоса осуществляют графическим методом в такой последовательности (рис. 11.12):

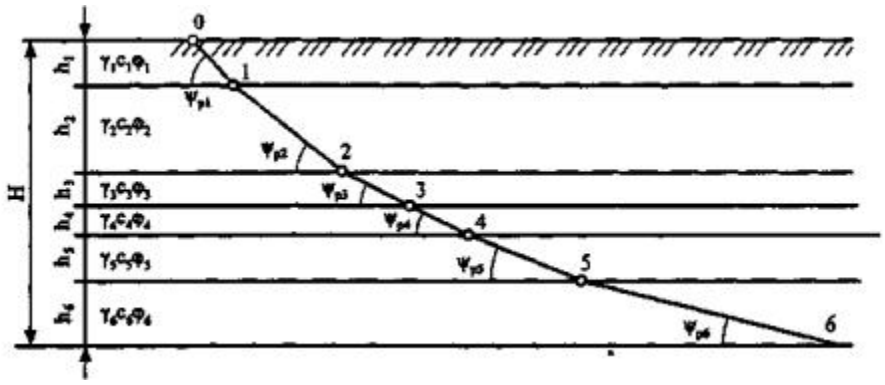


Рис. 11.12. Построение равноустойчивого откоса по методу F_p

массив, в котором проектируют откос, разбивают на расчетные слои по высоте с учетом геологического строения, но не более 2-3 м;

для каждого из расчетных горизонтов (границы расчетных слоев) определяют угол сопротивления сдвигу:

$y_{pz} = \text{arctg}F_p = \text{tg}j_z + c/p_z$, где

F_p - коэффициент сдвига;

$p_z = g_{cp}$ - природная нагрузка на данном горизонте; строят равноустойчивый откос (а = y_{pz}), начиная с нижней точки.

Выбор метода расчета зависит от конкретных условий работы сооружения. Применять один метод расчета можно лишь в тех случаях, когда с большой вероятностью известна форма нарушения устойчивости.

В сложных случаях необходимо проводить комплексный расчет по вероятным схемам. При выборе метода расчета можно руководствоваться табл. 11.22.

Таблица 11.22.

Условия применения различных методов расчета

Метод расчета	Индекс классификационной группы по табл. 11.21		Условия применения
	Насыпь	Выемка	
КЦПС	А-1,2	А-1,2	Заведомо прочное основание
ППС	-	Б-I Б-II-1,2	Поверхность скольжения явно предопределена геологической структурой откоса и заведомо прочным основанием
Комплексный расчет по КЦПС и ППС	Б-1.2	-	Заведомо прочное основание, но заранее трудно установить форму наиболее вероятной поверхности скольжения
Комплексный расчет по КЦПС, ППС и F_p	-	Б-I, II, III, IV-1,2	Тоже
Расчет на выдавливание	А, Б-1,2	А, Б-I, II, III, IV-1,2	В комплексе с любым методом во всех случаях, когда заранее нет уверенности в абсолютной устойчивости основания откоса

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Расчет на расползание	А, Б-1,2	А, Б-I, II, III, IV-1,2	В комплексе с любым методом при наличии в основании откоса глинистых грунтов пластичной консистенции или при использовании в нижней части насыпи глинистых грунтов пластичной консистенции

Примечания: 1. Заведомо прочным можно считать основание из скальных, полускальных и песчано-гравийных грунтов.

2. Из оснований, сложенных глинистыми грунтами, к прочным следует относить основания, отвечающие условию $c \geq gh/M_j$, где c - сцепление грунта; g - удельный вес грунта насыпи; h - ее высота; M_j- коэффициент, являющийся функцией угла внутреннего трения j; при j =0°С M_j =3,14; при j = 10°С M_j = 4,2: при j = 20°С M_j = 8,7; при j = 30°С M_j = 7,9.

Учет в расчетах силового воздействия воды необходим при подтоплении откосов. Силовое воздействие воды может быть в виде эффекта взвешивания, фильтрационного давления или того и другого.

Возможны три расчетные схемы:

полное и постоянное затопление части откоса;

наличие в откосе водоносных горизонтов с установившимся режимом фильтрации;

мгновенный спад уровня воды при ранее затопленном откосе.

Учет силового воздействия воды (взвешивающий эффект) по первой схеме заключается в том, что учитывают взвешивающий эффект при определении как сдвигающих, так и удерживающих сил. Учет силового воздействия по второй и третьей схемам сводится к определению сдвигающих сил без учета взвешивания, а удерживающих сил с учетом взвешивания. По третьей схеме за расчетный горизонт воды на откосе принимают горизонт подтопления до его мгновенного спада.

Во всех случаях в зоне обводнения значения j и c принимают с учетом обводнения (т.е. при влажности W, соответствующей полному водонасыщению).

Взвешивающее воздействие воды учитывают путем введения в расчет уменьшенного значения удельного веса

$\gamma_W^{(вз)}$.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Для несвязных грунтов

$$\gamma_W^{(вз)} = (1-n)(\gamma_o - \Delta_в) = \frac{\lambda_{ск}}{\gamma_o}(\gamma_o - \Delta_в),$$ где

n -пористость в долях единицы;

g_o - удельный вес твердой фазы;

$g_{ск}$ - то же сухого грунта;

$D_в$ - то же воды.

Для глинистых грунтов

$$\gamma_W^{(вз)} = \gamma_W - \Delta_в,$$ где

g_W - удельный вес влажного грунта;

$D_в$ - то же воды,

При расчете по методу F_p учет фильтрационного давления воды осуществляют, вводя в расчет фиктивный угол трения:

$$\varphi_в = \frac{p_в}{p_i}\varphi,$$ где

$p_в$ - вес грунта с учетом взвешивания в зоне обводнения;

p_i - то же без учета взвешивания;

j - фактический угол трения.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Учет сейсмических воздействий осуществляют, умножая сдвигающие силы на сейсмический коэффициент K_c. Значения K_c принимаются в зависимости от расчетной сейсмичности:

j_{pac}, баллы..... 7 8 9 10 11 12

K_c.....1,03 1,05 1,1 1,25 1,5 1,5

При определении расчетной сейсмичности j_{pac} необходимо учитывать грунтовые условия:

$j_{pac} = j_o + j_m$, где

j_o - сейсмичность района;

j_m - сейсмическая характеристика грунтовой толщи.

Значения j_m зависят от вида грунта:

Аллювиальные отложения, щебенистые или песчаные грунты.....1-2

Глинистые, мергелистые и лёссо-видные грунты.....1-3

Болотистые и водонасыщенные грунты.....3-4

При расчете вновь проектируемых насыпей или выемок необходимо обеспечивать определенное значение коэффициента устойчивости, значение которого зависит от применяемого метода расчета и инженерно-геологических условий и может определяться по табл. 11.23.

Таблица 11.23.

Требуемые значения коэффициента устойчивости, K_y

Метод расчета	Инженерно-геологические условия	
	Однородный сухой откос, сложенный песчаными грунтами при прочном основании	Прочие случаи
1. Метод КЦПС	-	1,3

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

2. Метод ППС (Маслова - Берера)	1.2	1,3
3. Расчет на расползание	-	1,3
4. Метод «F_p»	-	1,0
5. Расчет на выдавливание (метод Союздорнии)	-	1,0 (коэффициент безопасности)

Примечания: 1. При учете сейсмических сил требуемый коэффициент устойчивости по методам 1-3 принимается равным 1,1.

2. Приведенные значения коэффициентов устойчивости предусматривают введение в расчет гарантированных значений *j* и *c*.

Выбираемое мероприятие по повышению устойчивости высоких откосов должно отвечать механизму и вероятной форме нарушения устойчивости.

Эффект повышения общей устойчивости может обусловливаться либо улучшением напряженного состояния, либо повышением сдвиговых характеристик грунта.

Рекомендуемые мероприятия:

для улучшения напряженного состояния откоса - уположение откоса; устройство разгрузочных берм; устройство контрбанкетов; снижение высоты откоса; использование в откосе легких материалов; защита от насыщения грунта водой с поверхности; дренирование для снижения силового воздействия подземных вод;

для повышения сдвиговых характеристик грунтов откоса - дренирование с целью снижения влажности грунта; защита от проникания воды в грунт откоса с поверхности; использование в насыпи грунтов с повышенными значениями ср и с; укрепление грунта откоса.

11.8. Земляное полотно на склонах

Мероприятия по борьбе с оползневыми явлениями. При проектировании земляного полотна в виде насыпей или выемок на склонах необходимо предусматривать меры по обеспечению устойчивости самого склона, на котором

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

сооружается земляное полотно, или защищать земляное полотно от оползневых процессов, возникающих на склоне в его природном состоянии.

Выяснение необходимости и характера противооползневых мероприятий начинается с оценки устойчивости склона. Для оценки устойчивости склона используют те же методы расчета что и для оценки устойчивости откосов (см. разд. 11.7).

В результате расчета должны быть определены коэффициенты устойчивости склона до устройства земляного полотна и после его устройства. В тех случаях, когда оползневых подвижек на склоне не имеется, требуемый коэффициент устойчивости можно принимать в соответствии с табл. 11.23.

При наличии проявившихся оползневых подвижек на природном склоне земляное полотно проектируют в комплексе с противооползневыми мероприятиями, исходя из необходимости обеспечить коэффициент устойчивости не ниже 1,05. Если расчетные значения K_y оказываются меньше требуемых, назначают соответствующие активные противооползневые мероприятия или прибегают к пассивной защите (обход опасного участка, проход над неустойчивым склоном по эстакаде или под ним с помощью тоннеля).

Основные мероприятия по борьбе с оползневыми явлениями на дорогах:

устройство водоотвода - система поверхностного водоотвода; дренаж подземных вод;

изменение профиля склона - планировка склона; террасирование; устройство контрбанкетов; рациональное расположение земляного полотна по высоте склона;

закрепление грунтов склона - инъецирование вяжущих; обжиг;

закрепление поверхности склона - агролесомелиорация; устройство защитных слоев; применение специальных конструкций для укрепления поверхности;

устройство поддерживающих сооружений - подпорных стен, свайных конструкций, анкерных конструкций, армогрунта, комбинированных конструкций;

строительство противообвальных сооружений - улавливающих устройств, специальных креплений поверхности;

сооружение берегоукреплений - устройство пляжей и бун, а также специальных конструкций для укрепления берегов.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Расчет подпорных стен. Расчет ведут по трем схемам: сдвиг по подошве фундамента (плоский сдвиг); опрокидывание вокруг внешнего ребра подошвы стенки; сдвиг по поверхности, проходящей на некоторой глубине в основании.

Устойчивость против плоского сдвига обеспечивается при условии

$T \pounds m_c T_{np}$, где

(11.8)

T - расчетная сдвигающая сила, равная алгебраической сумме проекций всех расчетных сил на плоскость скольжения (подошву фундамента);

T_{np} - предельная сила сопротивления сдвигу по этой плоскости;

m_c- коэффициент условий работы, принимаемый равным 0,8.

Расчет (рис. 11.13) выполняется в такой последовательности:

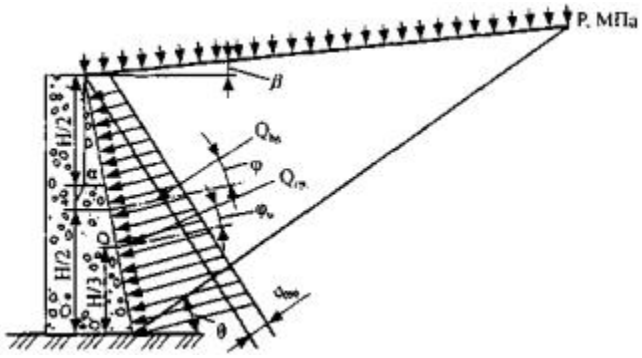


Рис. 11.13. Схема сил, действующих на подпорную стенку (без учета заглубления)

определяют коэффициент активного давления грунта на подпорную стенку:

$$\lambda = \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \varphi_o)\sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha + \varphi_o)\cos(\alpha - \beta)}}\right]^2} \times \frac{1}{\cos^2 \alpha \cos(\alpha + \varphi_o)},$$

где

j - угол внутреннего трения грунта засыпки;

а - угол, образуемый задней гранью стенки с вертикалью;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

j_o - угол трения грунта о стенку (при весьма шероховатых гранях подпорной стенки $j_o = j$, при относительно гладких $½j \leq j_o \leq ¾j$; при засыпках из водонасыщенных песков и при динамических воздействиях $0 \leq j_o \leq ½j$;

b - угол наклона поверхности грунтового массива, удерживаемого стенкой, к горизонту (считается положительным, если склон от стенки направлен вверх);

определяют активное давление грунта на единицу длины стенки:

$Q_{гр} = ½gH^2l$, где

g - удельный вес грунта;

определяют горизонтальную и вертикальную составляющие активного давления:

$$Q_x^н = Q_{гр}\cos(\alpha + \varphi_o);\quad Q_z^н = Q_{гр}\sin(\alpha + \varphi_o),$$

определяют расчетное сдвигающее усилие:

$$Q_x^{(н)} = n_Q,$$ где

n_Q - коэффициент перегрузки, принимаемый по табл. 11.24;

Таблица 11.24.

Коэффициенты перегрузки

Нагрузки	Коэффициенты	Значения коэффициентов
Постоянные		

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Собственный вес подпорной стенки	n'_G	1,1 или 0,9
Давление грунта и давление, передающееся на грунт от постоянных нагрузок, находящихся на его поверхности	n_Q	1,2 или 0,9
Временные		
Давление, передающееся через грунт от автомобилей	n'_Q	1,4
То же от гусеничных машин	n'_Q	1,1

П р и м е ч а н и е. Большие значения принимаются в случае, если угол между равнодействующей усилия отданной нагрузки и нормалью к подошве стенки будет больше угла трения подошвы стенки по грунту (или больше *j*).

определяют расчетное усилие сопротивления сдвигу:

$T_{пр} = f\left[n_G G + n_Q Q_x^{(n)}\right]$, где

f - коэффициент трения подошвы стенки по основанию (принимается равным tg(*j*);

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

G - вес стенки;

n_G - коэффициент перегрузки для силы от собственного веса стенки;

проверяют выполнение условия (11.8). При расчете низовых подпорных стенок учитывают влияние подвижной нагрузки, вводя соответственно в выражение для *T* слагаемое $Q_x^{(нед)} n_Q$, а в выражение для $T_{пр}$ - дополнительное слагаемое (во второй сомножитель) $Q_z^{(нед)} n_Q$. Значения $Q_x^{(нед)}$ и $Q_z^{(нед)}$ определяют так:

$$Q_x^{(нед)} = \frac{\lambda P(\cos\alpha + \varphi)}{1 + tg\alpha tg\beta};$$

$$Q_z^{(нед)} = \frac{\lambda P(\sin\alpha + \varphi)}{1 + tg\alpha + tg\beta},$$ где

P - эквивалентная нагрузка (равномерно распределяемая по ширине дороги) от транспортных средств. Нормативный коэффициент перегрузки n_Q назначают по табл. 11.24.

Устойчивость против опрокидывания оценивают по выполнению условия

$M \leq m_o M_{пр}$, где

M - расчетный опрокидывающий момент, равный сумме моментов опрокидывающих сил относительно центра подошвы фундамента;

m_o - коэффициент условий работы, принимаемый равным 0,8 при скальном основании и 0,7 при нескальном;

$M_{пр}$ - расчетный удерживающий момент.

При определении *M* учитывают, что сила активного давления грунта засыпки на стенку ($Q_{гр}$) приложена к задней грани на высоте, равной 1/3 высоты стенки, считая от подошвы, а усилия от временной нагрузки - на высоте, равной 1/2 высоты стенки.

Устойчивость по поверхности, проходящей на некоторой глубине в основании, оценивают по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$K_y = SM_{уд}/SM_{сд}$$

При этом под $M_{сд}$ понимается сумма моментов всех сдвигающих сил вокруг центра поверхности скольжения, а под $M_{уд}$ - сумма моментов всех удерживающих сил.

Расчет выполняют методом попыток (или на компьютере по специальной программе), в результате которых отыскивается поверхность скольжения, для которой K_y имеет минимальное значение.

Устойчивость считается обеспеченной, если K_y будет не менее 1,2 при песчаных грунтах и 1,3 при глинистых.

ГЛАВА 12. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

12.1. Общие сведения

Нежесткими дорожными одеждами называют одежды со слоями, построенными из различных видов асфальтобетонов (дегтебетонов), из материалов и грунтов, укрепленных битумом, цементом, известью, комплексными и другими вяжущими, а также из слабосвязанных зернистых материалов (щебня, шлака, гравийных смесей, песка и др.).

Для проектирования таких дорожных одежд на вновь сооружаемых дорогах, на новых участках реконструируемых дорог, а также при разработке каталогов и альбомов типовых решений по конструкциям дорожных одежд на дорогах общей сети предназначены отраслевые дорожные нормы "Проектирование нежестких дорожных одежд" ОДН 218.046-01.

Принято различать следующие элементы дорожной одежды:

Покрытие - верхняя часть дорожной одежды, состоящая из одного или нескольких единообразных по материалу слоев, непосредственно воспринимающая усилия от колес транспортных средств и подвергающаяся прямому воздействию атмосферных факторов.

По поверхности покрытия могут быть устроены слои поверхностных обработок различного назначения (слои для повышения шероховатости, защитные слои и т.п.).

Основание - часть конструкции дорожной одежды, расположенная под покрытием и обеспечивающая совместно с покрытием перераспределение

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

напряжений в конструкции и снижение их величины в грунте рабочего слоя земляного полотна (подстилающем грунте), а также обеспечивающая морозоустойчивость и осушение конструкции.

Различают несущую часть основания (несущее основание) и дополнительные слои основания. Несущая часть основания должна обеспечивать прочность дорожной одежды и быть морозоустойчивой.

К дополнительным слоям основания относят слои между несущим основанием и подстилающим грунтом, предусматриваемые при наличии неблагоприятных погодно-климатических и грунтово-гидрологических условий. Эти слои совместно с покрытием и несущей частью основания должны обеспечивать необходимые морозоустойчивость и дренирование конструкции и создавать условия для снижения толщины вышележащих слоев из дорогостоящих материалов. В соответствии с основной функцией, которую выполняет дополнительный слой основания, его называют морозозащитным, теплоизолирующим, дренирующим. К дополнительным слоям и прослойкам относят также гидро- и пароизолирующие, капилляропрерывающие, противозаиливающие и др. Дополнительные слои строят из песка и других местных материалов в естественном состоянии или укрепленных органическими, минеральными или комплексными вяжущими, из местных грунтов, обработанных вяжущими, из укрепленных смесей с добавками пористых заполнителей и т.д., а также из различного рода специальных индустриально выпускаемых материалов (геотекстиль, пенопласт, полимерная пленка и т.п.).

При применении дополнительных слоев в проекте необходимо учитывать технологические проблемы, возникающие в процессе строительства и связанные с движением по ним построечного транспорта.

Классификация дорожных одежд и покрытий приведена в табл. 12.1.

Таблица 12.1

Классификация дорожных одежд и покрытий

Типы дорожных одежд	Виды покрытий, материал и способы его укладки
Капитальные	Усовершенствованные покрытия: из горячих асфальтобетонных смесей

Облегченные	а) из горячих асфальтобетонных смесей; б) из холодных асфальтобетонных смесей; в) из органоминеральных смесей с жидкими органическими вяжущими, с жидкими органическими вяжущими совместно с минеральными; с вязкими, в том числе эмульгированными органическими вяжущими; с эмульгированными органическими вяжущими совместно с минеральными; из каменных материалов и грунтов, обработанных битумом по способу смешения на дороге или методами пропитки; из каменных материалов, обработанных органическими вяжущими методом пропитки; черного щебня, приготовленного в установке и уложенного по способу заклинки; из пористой и высокопористой асфальтобетонной смеси с поверхностной обработкой; из прочного щебня с двойной поверхностной обработкой
Переходные	Покрытия переходные: из щебня прочных пород, устроенных по способу заклинки без применения вяжущих материалов; из грунтов и малопрочных каменных материалов, укрепленных вяжущими; булыжного и колотого камня (мостовые)
Низшие	Покрытия низшие: из шебеночно-гравийно-песчаных смесей; малопрочных каменных материалов и шлаков; грунтов, укрепленных или улучшенных различными местными материалами; из древесных материалов и др.

Рабочий слой земляного полотна (подстилающий грунт) - верхняя часть полотна в пределах от низа дорожной одежды до 2/3 глубины промерзания, но не менее 1,5 м от поверхности покрытия.

Капитальную и облегченную дорожные одежды с усовершенствованными покрытиями проектируют с таким расчетом, чтобы на протяжении межремонтного

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

срока не возникало разрушений и остаточных деформаций, недопустимых с точки зрения предусмотренных действующими нормативными документами требований к ровности покрытия, а также, чтобы воздействие природных факторов не приводило к недопустимым изменениям в элементах одежды.

Облегченную дорожную одежду с усовершенствованным покрытием рассчитывают на менее продолжительный межремонтный срок службы, чем для капитальных одежд. Это позволяет применять менее долговечные и дорогостоящие материалы и облегчить конструкцию.

При проектировании дорожных одежд переходного типа, выравнивание которых не сопряжено со значительными затратами (щебеночные, гравийные и подобные им покрытия), допускают возможность более значительного накопления остаточных деформаций под действием движения.

В районах с влажным и холодным климатом на участках с неблагоприятными грунтово-гидрологическими условиями должны быть предусмотрены меры по осушению и обеспечению морозоустойчивости дорожной одежды и земляного полотна.

Запроектированная дорожная одежда должна быть не только прочной и надежной в эксплуатации, но экономичной и по возможности менее материалоемкой, особенно по расходу дефицитных материалов и энергии, а также должна соответствовать экологическим требованиям. Выбор конструкции дорожной одежды и тип покрытия обосновывают технико-экономическими расчетами.

Расчетный (проектный) срок службы проектируемой дорожной одежды и требуемый уровень проектной надежности необходимо назначать на основе норм, принимаемых административными органами по согласованию с региональными дорожными организациями.

При проектировании дорожных одежд в зоне вечной мерзлоты должны быть дополнительно учтены характер вечномерзлых грунтов, их температурный и водный режим, а также влияние толщины деятельного слоя и вечномерзлого грунта (жесткого основания) на прочность дорожной одежды.

Учет указанных факторов осуществляют на основе специальных региональных нормативно-технических документов.

12.2. Основы конструирования нежестких дорожных одежд

Проектирование дорожной одежды представляет собой единый процесс конструирования и расчета дорожной конструкции (системы: дорожная одежда -

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

рабочий слой земляного полотна) на прочность, морозоустойчивость и осушение с технико-экономическим обоснованием вариантов.

Процедура конструирования дорожной одежды включает:

выбор вида покрытия;

назначение числа конструктивных слоев с выбором материалов для устройства слоев, размещение слоев в конструкции и назначение их ориентировочных толщин;

предварительную оценку необходимости назначения дополнительных морозозащитных мер с учетом дорожно-климатической зоны, типа грунта рабочего слоя земляного полотна и схемы увлажнения рабочего слоя на различных участках;

предварительную оценку необходимости назначения мер по осушению конструкции, а также по повышению трещиностойкости конструкции;

оценку целесообразности укрепления или улучшения верхней части рабочего слоя земляного полотна;

предварительный отбор конкурентоспособных вариантов с учетом местных природных и проектных условий работы.

При конструировании дорожной одежды необходимо руководствоваться следующими принципами:

тип дорожной одежды и вид покрытия, конструкция одежды должны в целом удовлетворять транспортно-эксплуатационным требованиям, предъявляемым к дороге соответствующей категории и ожидаемым в перспективе составу и интенсивности движения с учетом изменения интенсивности движения в течение заданных межремонтных сроков и предполагаемых условий ремонта и содержания;

конструкция одежды может быть принята типовой или разработана индивидуально для каждого участка или ряда участков дороги, характеризующихся сходными природными условиями (грунт рабочего слоя земляного полотна, условия его увлажнения, климат, обеспеченность местными дорожно-строительными материалами и др.) с одинаковыми расчетными нагрузками. При выборе конструкции одежды для данных условий предпочтение следует отдавать проверенной на практике в данных условиях типовой конструкции;

в районах, недостаточно обеспеченных стандартными каменными материалами, допускается применять местные каменные материалы, побочные продукты промышленности и грунты, свойства которых могут быть улучшены обработкой их вяжущими (цемент, битум, известь, активные золы уноса и др.). Одновременно

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

надо стремиться к созданию конструкции по возможности наименее материалоемкой;

конструкция должна быть технологичной и обеспечивать возможность максимальной механизации и индустриализации дорожно-строительных процессов. Для достижения этой цели число слоев и видов материалов в конструкции должно быть минимальным;

при конструировании необходимо учитывать реальные условия проведения строительных работ (летняя или зимняя технология и т.д.).

При выборе материалов для устройства слоев дорожной одежды необходимо учитывать следующие положения.

Покрытие и верхние слои основания должны соответствовать проектным воздействующим нагрузкам и быть водо-, морозо- и термоустойчивыми.

Для верхнего слоя асфальтобетонного покрытия и других слоев выбирают материал в соответствии с действующими нормативными документами.

Конструкция дорожной одежды в местах остановок общественного транспорта, на регулируемых пересечениях и в других местах изменения скорости или движения на пониженных скоростях должна обеспечить повышенную сдвигоустойчивость при высокой летней температуре (асфальтобетонные смеси типа А и Б, высокоплотные смеси).

Для обеспечения возможности назначения однотипной конструкции дорожной одежды на участках большой длины следует предусматривать укрепление верхней части земляного полотна на различную глубину.

В целях обеспечения благоприятных условий работы прикромочных частей дорожной одежды основание должно быть на 0,6 м шире проезжей части и краевой полосы, а дополнительный нижний слой из песка или другого зернистого материала на 1 м шире основания, или его устраивают на всю ширину земляного полотна. При дорожных одеждах капитального типа может быть предусмотрена также установка бортовых камней, плит или устройство монолитного бортика.

Несущий слой основания капитальных дорожных одежд следует устраивать из прочных материалов (из пористого асфальтобетона, дегтебетона, щебеночных смесей, обработанных битумной эмульсией, фракционированного щебня, обработанного вязким битумом по способу пропитки, а также из фракционированного щебня, уложенного по принципу расклинки мелким щебнем или гранулированным активным шлаком, укрепленного по методу пропитки цементнопесчаной смесью, и т.п.). На дорогах, предназначенных для движения автомобилей грузоподъемностью 8 и более тонн, при устройстве покрытий

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

толщиной 3-5 см верхняя часть несущего основания должна быть предусмотрена из асфальтобетона.

В конструкциях дорожных одежд для дорог с тяжелым и интенсивным движением на контакте слоев из крупнозернистых или гравийных материалов с песчаными слоями основания или с грунтом земляного полотна следует предусматривать устройство разделяющих прослоек из геотекстиля в целях предотвращения взаимопроникновения материалов смежных слоев.

Основание из зернистых материалов должно быть, как правило, двухслойным. Верхний - несущий слой из жестких и сдвигоустойчивых материалов (щебень, гравий, щебеночно- или гравийно-песчаные смеси, материалы и грунты, укрепленные неорганическим вяжущим) и дополнительный слой, выполняющий морозозащитные и дренирующие функции.

Если в дополнительном слое основания применяют однородный песок со степенью неоднородности менее 3, поверх него предусматривают укладку защитного (технологического) слоя из щебеночно-гравийно-песчаных смесей, отсевов дробления изверженных пород, гравелистых или крупных песков оптимального состава, а также из цементопеска. При степени неоднородности песка от 2 до 3 толщину защитного слоя принимают равной 10 см, при степени неоднородности менее 2 устраивают защитный слой толщиной 15-20 см. В расчетах прочности дорожной одежды толщину защитного слоя включают в толщину дополнительного слоя основания. При устройстве защитного слоя возможно применение геотекстиля.

Расположение неукрепленных зернистых материалов между слоями из материалов или грунтов, обработанных вяжущими, не допускается, так как в них может накапливаться вода, что приводит к их разрушению при замерзании.

На магистральных дорогах с тяжелым и скоростным движением основания следует устраивать преимущественно из укрепленных материалов.

Толщину слоев из материалов, содержащих органическое вяжущее, укладываемых на верхний слой основания из материалов, укрепленных цементом, для ограничения появления "отраженных" трещин на покрытии нужно принимать не менее 18 см при капитальных дорожных одеждах и 12 см - при облегченных одеждах.

В случае применения материалов, укрепленных комплексными вяжущими, а также медленно твердеющими гидравлическими вяжущими, толщина слоя может быть снижена на 20 %, а в условиях жарких и сухих районов IV-V дорожно-климатических зон - на 30 %.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Для повышения трещиностойкости покрытия могут быть предусмотрены специальные трещино-прерывающие прослойки, в том числе на основе геосеток и геотекстиля, с использованием модифицированных вяжущих в материале покрытия и другие специальные решения.

Толщины конструктивных слоев по технологическим условиям должны быть не менее указанных в табл. 12.2.

Таблица 12.2.

Минимальные толщины конструктивных слоев по технологическим условиям

Наименование слоев	Толщина слоя, см
Асфальтобетон мелкозернистый	3-5
Асфальтобетон крупнозернистый	6-7
Асфальтобетон песчаный	3-4
Щебеночные (гравийные) материалы, обработанные органическим вяжущим	8
Щебень, обработанный органическим вяжущим по способу пропитки	8
Щебеночные и гравийные материалы, не обработанные вяжущими на песчаном основании	15
На прочном основании (каменном или из укрепленного грунта)	8
Каменные материалы и грунты, обработанные органическими или неорганическими вяжущими	10

Примечания: 1. Большие толщины асфальтобетонных покрытий следует принимать для дорог I и II категории, меньшие - для дорог III и IV категории.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

2. Толщину конструктивного слоя необходимо принимать не менее, чем 1,5 размера наиболее крупной фракции, применяемой в слое минерального материала.

3. В случаях укладки каменных материалов на глинистые и суглинистые грунты следует предусматривать прослойку толщиной не менее 10 см из песка, высевок, укрепленного грунта или других водоустойчивых материалов.

Для существенного уменьшения притока поверхностных вод в основание дорожной одежды и снижения расчетной влажности грунта земляного полотна следует предусматривать такие мероприятия, как укрепление обочин, обеспечение надлежащего их поперечного уклона и водонепроницаемости, устройство бордюров и лотков, а также обеспечение безопасного расстояния от бровки земляного полотна до уреза длительно застаивающейся поверхностной воды, повышенное уплотнение (до K_y = 1,03-1,05) верхней части рабочего слоя в III-V дорожно-климатических зонах и т.д.

12.3. Расчеты нежестких дорожных одежд на прочность

Под прочностью нежесткой дорожной одежды понимают способность сопротивляться процессу развития остаточных деформаций и разрушений под воздействием касательных и нормальных напряжений, возникающих в конструктивных слоях и подстилающем грунте от расчетной нагрузки (кратковременной многократной или длительно действующей однократной), приложенной к поверхности покрытия. Расчет на прочность включает проверку прочности конструкции в целом (по величине возникающего в ней упругого прогиба) и прочности отдельных конструктивных слоев (по величине возникающих в них напряжений). В соответствии с ОДН 218.046-01 нежесткую дорожную одежду следует проектировать с требуемым уровнем надежности, под которой понимают вероятность безотказной работы в течение межремонтного периода. Отказ конструкции по прочности физически может характеризоваться образованием продольных и поперечных неровностей поверхности дорожной одежды, связанных с прочностью конструкции (поперечные неровности, колея, усталостные трещины), с последующим развитием других видов разрушений (частые трещины, сетка трещин, выбоины, просадки, проломы и т.д.).

В качестве количественного показателя отказа дорожной одежды используют предельный коэффициент разрушения

$K_p^{пр}$, представляющий собой отношение суммарной протяженности (или суммарной площади) участков дороги, требующих ремонта из-за недостаточной прочности дорожной одежды, к общей протяженности (или общей площади) дороги между корреспондирующими пунктами.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Значения

$K_p^{пр}$ на последний год службы в зависимости от капитальности дорожной одежды и категории дороги следует принимать в соответствии с табл. 12.3.

Таблица 12.3.

Требуемые минимальные коэффициенты прочности при заданных уровнях надежности для расчета дорожных одежд по различным критериям прочности

Тип дорожной одежды		Капитальный										
Категория дороги		I		II		III			IV			
Предельный коэффициент разрушения $K_p^{пр}$		0,05				0,10						
Заданная надежность $K_н$		0,98	0,95	0,98	0,95	0,98	0,95	0,90	0,95	0,90	0,85	0,80
Требуемый коэффициент прочности $K_p^{тр}$ по критерию:	упругого прогиба	1,50	1,30	1,38	1,20	1,29	1,17	1,10	1,17	1,10	1,06	1,02
	сдвига и растяжения при изгибе	1,10	1,00	1,10	1,00	1,10	1,00	0,94	1,00	0,94	0,90	0,87
Тип дорожной одежды		Облегченный										
Категория дороги		III			IV			V				
Предельный коэффициент разрушения $K_p^{пр}$		0,15										

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Заданная надежность $K_н$		0,98	0,95	0,90	0,95	0,90	0,85	0,80	0,95	0,90	0,80	0,70
Требуемый коэффициент прочности $K_{пр}$ по критерию:	упругого прогиба	1,29	1,17	0,90	1,17	0,90	1,06	1,02	1,13	1,06	0,98	0,90
	сдвига и растяжения при изгибе	1,10	1,00	0,94	1,00	0,94	0,90	0,87	1,00	0,94	0,87	0,80
Тип дорожной одежды		Переходный										
Категория дороги		IV					V					
Предельный коэффициент разрушения $K_{пр}$		0,40										
Заданная надежность $K_н$		0,95	0,90	0,85	0,80	0,95	0,90		0,80		0,70	
Требуемый коэффициент прочности $K_{пр}$ по критерию:	упругого прогиба	1,17	1,10	1,06	1,02	1,13	1,06		0,98		0,99	
	сдвига и растяжения при изгибе	1,00	0,94	0,90	0,87	1,00	0,94		0,87		0,80	

Примечание. Дорожные одежды переходного типа для дорог V категории по критерию растяжения при изгибе не рассчитывают.

Прочность нежесткой дорожной одежды количественно оценивается величиной коэффициента прочности. При оценке прочности конструкции дорожной одежды в целом по допускаемому упругому прогибу коэффициент прочности в общем виде определяют по формуле:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$K_{пр} = \frac{l_{доп}}{l} = \frac{E_{общ}}{E_{общ}^{тр}},$$

При оценке прочности отдельных конструктивных слоев по допускаемым напряжениям коэффициент прочности определяют по формуле:

$$K_{пр} = \frac{\sigma_{доп}}{\sigma_{расч}},$$ где

$l_{доп}$ - допустимый общий прогиб конструкции дорожной одежды под расчетной нагрузкой;

l - общий прогиб конструкции дорожной одежды под расчетной нагрузкой;

$s_{доп}$ - допустимые напряжения (нормальные или касательные) от расчетной нагрузки;

$s_{расч}$ - действующие напряжения (нормальные или касательные) от расчетной нагрузки;

$E_{общ}$ - расчетный общий модуль упругости конструкции дорожной одежды, определяемый при расчетной нагрузке;

$E_{общ}^{тр}$ - требуемый общей модуль упругости конструкции дорожной одежды, определяемый при расчетной нагрузке.

Коэффициент прочности вновь проектируемой конструкции дорожной одежды должен быть таким, чтобы в заданный межремонтный период вероятность наступления отказа по прочности не превышала допустимый уровень, т.е. чтобы была обеспечена требуемая надежность.

Для обеспечения заданной надежности (обеспеченности по прочности) коэффициент прочности проектируемой конструкции по каждому из расчетных критериев не должен быть ниже минимального требуемого значения, определяемого по табл. 12.3. Задачей расчета является определение толщин слоев одежды для вариантов, намеченных при конструировании, или выбор материалов с

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

соответствующими деформационными и прочностными характеристиками при заданных толщинах слоев.

Отказ дорожной одежды, связанный с недостаточной ее прочностью, может возникнуть в результате накопления недопустимых остаточных деформаций до истечения заданного срока службы конструкции под воздействием касательных напряжений, возникающих в конструктивных слоях и подстилающем грунте от транспортной нагрузки, с потерей ровности поверхности покрытия и соответствующим снижением скорости движения, а также в результате усталостных разрушений монолитных слоев конструкции под воздействием растягивающих напряжений от многократного приложения транспортной нагрузки с последующей интенсивной потерей дорожной одеждой транспортно-эксплуатационных свойств до истечения заданного срока службы.

В соответствии с этим расчет на прочность конструктивных слоев выполняют по допускаемым напряжениям на сдвиг в слоях с пониженной сопротивляемостью сдвигу и на растяжение при изгибе в монолитных слоях. Расчет прочности конструкции в целом ведут по допустимому упругому прогибу или требуемому общему модулю упругости дорожной одежды.

Дорожные одежды на перегонах дорог рассчитывают на кратковременное многократное действие подвижных нагрузок. Принимаемые при расчете значения прочностных и деформативных характеристик материалов и грунта должны соответствовать указанному характеру приложения нагрузки.

При расчете конструкций со слоями из битумоминеральных материалов учитывают влияние на их свойства температуры. При расчете слоев асфальтобетонного покрытия на растяжение при изгибе его характеристики должны соответствовать низким весенним температурам. При расчете слоев из слабосвязанных материалов, а также грунта на сопротивление сдвигу модуль упругости асфальтобетонного покрытия должен соответствовать весенним повышенным температурам.

Расчет дорожной одежды на прочность выполняют в следующей последовательности. Сначала производят расчет дорожной одежды по критерию упругого прогиба на основе зависимости требуемого общего модуля упругости конструкции от суммарного числа приложений нагрузки. В результате этого расчета назначаются толщины конструктивных слоев и их модули упругости таким образом, чтобы общий модуль упругости дорожной одежды был не менее требуемого с учетом соответствующего коэффициента прочности. Значения требуемого коэффициента прочности для различных критериев расчета допускается принимать в зависимости от заданного уровня надежности, типа дорожной одежды и категории дороги по табл. 12.3.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Затем производят расчет на прочность отдельных конструктивных слоев дорожной одежды по двум независимым критериям: по критерию соответствия сдвигоустойчивости материалов конструктивных слоев и грунта возникающим в них касательным напряжениям, отражающему условие ограничения накопления сдвиговых остаточных деформаций (формоизменения) под воздействием многократных кратковременных нагрузок; по критерию соответствия сопротивления материалов монолитных конструктивных слоев возникающим в них растягивающим напряжениям от подвижной многократной нагрузки, отражающему сопротивление этих слоев усталостным процессам, обусловливающим развитие микротрещин в монолитных слоях, потерю их сплошности и снижение распределяющей способности.

При недостаточной величине коэффициента прочности по любому критерию конструкцию дорожной одежды уточняют.

Дорожные одежды переходного и низшего типов рассчитывают по упругому прогибу и по сдвигоустойчивости.

Напряжения и перемещения в конструктивных слоях и в подстилающем грунте от воздействия транспортной нагрузки вычисляют по формулам теории упругости для слоистой среды, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой через гибкий круглый штамп, с учетом условий на контакте слоев.

При оценке характеристик напряженно-деформированного состояния конструкции дорожной одежды используют приближенные методы, основанные на упрощенных расчетных схемах и построенных на их основе номограммах. При выполнении расчетов реальные многослойные дорожные конструкции приводят к одно- или двухслойным расчетным схемам.

Главные напряжения от собственного веса конструкции определяют, исходя из гидростатической схемы, по формуле:

$s_{св} = g_{ср} \times z_{оп}$, где

$g_{ср}$ - средневзвешенный удельный вес конструкции, расположенной над расчетной точкой;

$z_{оп}$ - расстояние от поверхности покрытия до расчетной точки.

В качестве упрощенной расчетной схемы нагружения конструкции дорожной одежды колесом автомобиля принимается гибкий круговой штамп диаметром D, передающий равномерно распределенную нагрузку величиной p. Величина расчетного удельного давления р колеса на поверхность покрытия и расчетного диаметра D, приведенного к кругу отпечатка шины расчетного колеса на поверхности покрытия, назначаются с учетом группы расчетной нагрузки (табл.

12.4). Характерным для группы расчетной нагрузки является наиболее тяжелый автомобиль из систематически обращающихся по дороге, доля которого в составе движения составляет не менее 10 % (с учетом перспективы применения состава движения к концу межремонтного срока).

Таблица 12.4.

Предельные нагрузки на ось расчетного двухосного автомобиля

Группа расчетной нагрузки	Нормативная статическая нагрузка на ось, кН	Нормативная статическая нагрузка на поверхность покрытия от колеса расчетного автомобиля, $Q_{расч}$, Кн	Расчетные параметры нагрузки	
			p, МПа	D, см
A_1	100	50	0,60	37/33
A_2	110	55	0,60	39/34
A_3	130	65	0,60	42/37

П р и м е ч а н и я: 1. В числителе - для движущегося колеса, в знаменателе - для неподвижного.

2. Постановлением Госстроя России №132 от 30.06.2003 для дорог I и II категории введена нормативная нагрузка на ось 115 кН.

Величину p принимают равной давлению воздуха в шинах. Диаметр расчетного отпечатка шины D определяют из зависимости:

$$D = \sqrt{\frac{40 Q_{расч}}{\pi \cdot p}},$$ см, где

$Q_{расч}$ - расчетная величина нагрузки, передаваемой колесом на поверхность покрытия, кН;

p - давление, МПа.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

При проектировании дорожных одежд в качестве расчетных принимают нагрузки, соответствующие предельным нагрузкам на ось расчетного двухосного автомобиля.

Данные о нагрузках, передаваемых на дорожное покрытие выпускаемыми серийно автотранспортными средствами, следует принимать по специальным справочникам.

Значение суммарного коэффициента приведения определяют по формуле:

$$S_{Tсум} = \sum_{1}^{n} S_n,$$

где

(12.1)

n - число осей у данного транспортного средства, для приведения которого к расчетной нагрузке определяется коэффициент $S_{Tсум}$;

S_n - коэффициент приведения номинальной динамической нагрузки от колеса каждой из n осей транспортного средства к расчетной динамической нагрузке.

Коэффициенты приведения нагрузок S_n определяют по формуле:

$$S_n = \left(\frac{Q_{дn}}{Q_{д.расч}} \right)^b,$$

где

(12.2)

$Q_{дn}$ - номинальная динамическая нагрузка от колеса на покрытие;

$Q_{д.расч}$ - расчетная динамическая нагрузка от колеса на покрытие;

b - показатель степени, принимаемый равным:

4,4 - для капитальных дорожных одежд;

3,0 - для облегченных дорожных одежд;

2,0 - для переходных дорожных одежд.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Номинальную динамическую нагрузку $Q_{дп}$ определяют по паспортным данным на транспортное средство с учетом распределения статических нагрузок на каждую ось:

$Q_{дп} = K_{дин} \times Q_п$, где

$K_{дин}$ - динамический коэффициент, принимаемый равным 1,3;

$Q_п$ - номинальная статическая нагрузка на колесо данной оси.

При определении расчетного значения номинальной статической нагрузки для многоосных автомобилей фактическую номинальную нагрузку на колесо, определяемую по паспортным данным, следует умножать на коэффициент K_c, вычисляемый по формуле:

$$K_c = a - в\sqrt{Б_т - c},$$ где

$Б_т$ - расстояние между крайними осями тележки, м;

a, $в$, c - параметры, определяемые в зависимости от капитальности дорожной одежды и числа осей тележки по табл. 12.5.

Таблица 12.5.

Параметры для определения номинальной нагрузки на колесо

Тележки	A	B	C
Двухосные	1,7/1,52	0,43/0,36	0,5/0,5
Трехосные	2,0/1,60	0,46/0,28	1,0/1,0

Примечание. В числителе - для капитальных и облегченных типов дорожных одежд, в знаменателе - для переходных.

Суммарный коэффициент приведения определяют в следующей последовательности:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

назначают расчетную нагрузку и определяют ее параметры: $Q_{расч}$, p и D;

для каждой марки автомобилей в составе перспективного движения по паспортным данным устанавливают величину номинальной статической нагрузки на колесо для всех осей транспортного средства Q_n;

умножив полученные значения Q_n и расчетную нагрузку $Q_{расч}$ на динамический коэффициент, находят величины номинальных динамических нагрузок $Q_{дn}$ от колеса для каждой оси и величину расчетной динамической нагрузки $Q_{д.расч}$;

по формуле (12.2) вычисляют коэффициент приведения номинальной нагрузки от колеса каждой из осей S_n, к расчетной;

по формуле (12.1) вычисляют суммарный коэффициент приведения нагрузки от рассматриваемого типа автомобиля к расчетной нагрузке.

Допускается приближенно принимать суммарный коэффициент приведения $S_{Tсум}$ к расчетной нагрузке группы A_1 по данным табл. 12.6.

Таблица 12.6.

Коэффициенты приведения к расчетной нагрузке

Типы автомобилей	Коэффициент приведения к расчетной нагрузке, $S_{Tсум}$ (100 кН)
Легкие грузовые автомобили грузоподъемностью 1-2 т	0,005
Средние грузовые автомобили грузоподъемностью 2-5 т	0,2
Тяжелые грузовые автомобили грузоподъемностью 5-8 т	0,7
Очень тяжелые грузовые автомобили грузоподъемностью более 8 т	1,25

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Автобусы	0,7
Тягачи с прицепами	1.5

Расчет дорожных одежд на перегонных участках ведут на кратковременное (динамическое) и многократное действие подвижной нагрузки. Продолжительность действия нагрузки для средних условий, современных скоростей автомобиля и размеров отпечатка колеса принимают равной 0,1 с. В этом случае значения модуля упругости и прочностных характеристик материалов и грунта также соответствуют длительности действия нагрузки 0,1 с.

На стоянках дорожную одежду рассчитывают на длительное однократное нагружение.

В случае длительного действия нагрузки в расчет принимают значения модулей упругости материалов и грунтов и их прочностные характеристики, соответствующие продолжительности нагружения более 10 мин.

Суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки в точке на поверхности конструкции за срок службы определяют по формуле:

$$\sum N_p = f_{пол} \sum_{m=1}^{n} \left(N_{im} K_c T_{рд2} 0,7 \right) S_{Tcy} k_n,$$

где

(12.3)

n - число марок автомобилей;

N_{im} - суточная интенсивность движения автомобилей m-й марки в первый год службы (в обоих направлениях), авт./сут;

$f_{пол}$ - коэффициент, учитывающий число полос движения и распределение движения по ним, определяемый по табл. 12.7.

Таблица 12.7.

Значения коэффициента $f_{пол}$

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Число полос движения	Значение коэффициента $f_{пол}$ для полосы с номером от обочины		
	1	2	3
1	1,00	-	-
2	0,55	-	-
3	0,50	0,50	-
4	0,35	0,20	-
6	0,30	0,20	0.05

Примечание. Порядковый номер полосы считается справа по ходу движения в одном направлении. Для расчета обочин принимают $f_{пол} = 0,01$.

k_n - коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого (табл. 12.8);

Таблица 12.8.

Значения коэффициента k_n

Тип дорожной одежды	Значения коэффициента к. при различных категориях дорог				
	I	II	III	IV	V
Капитальный	1,49	1,49	1,38	1,31	-
Облегченный	-	1,47	1,32	1,26	1,06

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Переходный	-	-	1,19	1,16	1,04

$T_{рдг}$ - расчетное число расчетных дней в году, соответствующих определенному состоянию деформируемости конструкции (определяемое по табл. 12.9 и по рис. 12.1);

$T_{сл}$ - расчетный срок службы (табл. 12.10);

Таблица 12.9.

Рекомендуемые значения $T_{рдг}$ в зависимости от местоположения дороги

Номера районов на карте	Примерные географические границы районов	Рекомендуемое количество расчетных дней* в году ($T_{рдг}$)
1	Зона распространения вечномерзлых грунтов севернее семидесятой параллели	70
2	Севернее линии, соединяющей Онегу-Архангельск-Мезень-Нарьян-Мар - шестидесятый меридиан - до побережья Европейской части	145
3	Севернее линии, соединяющей Минск-Смоленск-Калугу-Рязань-Саранск - сорок восьмой меридиан - до линии, соединяющей Онегу- Архангельск-Мезень-Нарьян-Мар	125
4	Севернее линии, соединяющей Львов-Киев-Белгород-Воронеж-Саратов-Самару-Оренбург - шестидесятый меридиан до линии районов 2 и 3	135
5	Севернее линии, соединяющей Ростов-на-Дону-Элисту-Астрахань до линии Львов-Киев-Белгород-Воронеж-Саратов-Самара	145

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

6	Южнее линии Ростов-на-Дону-Элиста-Астрахань для Европейской части, южнее сорок шестой параллели для остальных территорий	205
7	Восточная и Западная Сибирь, Дальний Восток (кроме Хабаровского и Приморского краев, Камчатской области), ограниченные с севера семидесятой параллелью, с юга сорок шестой параллелью	130-150 (меньшие значения для центральной части)
8	Хабаровский и Приморский края. Камчатская область	140

Примечание. Значения величины $T_{рдг}$ на границах районов следует принимать по наибольшему из значений.

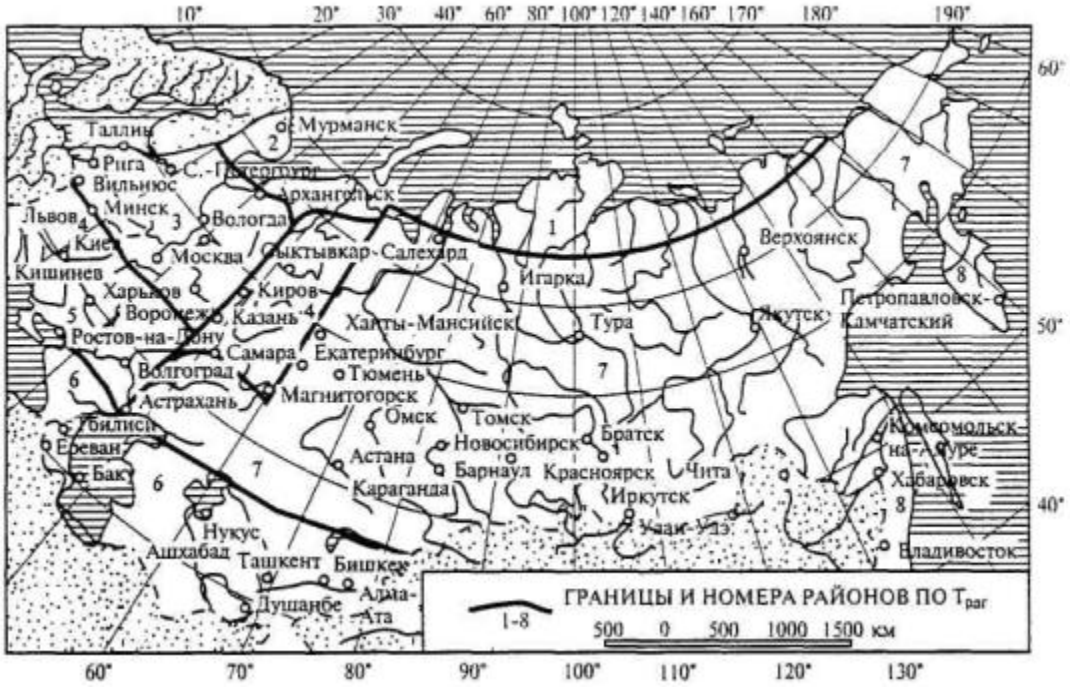


Рис. 12.1. Карта районирования по количеству расчетных дней в году, $T_{рдг}$

Таблица 12.10.

Рекомендуемый расчетный срок службы конструкции

Категория дороги	Тип дорожной одежды	Срок службы в дорожно-климатических зонах $T_{сл}$, лет		
		I, II	III	IV, V
I	Капитальный	14-15-18	15-19	16-20
II	Капитальный	11-15	12-16	13-16
III	Капитальный	11-15	12-16	13-16
IV	Облегченный	10-13	11-14	12-15
	Капитальный	11-15	12-16	13-16
V	Облегченный	8-10	9-11	10-12
	Облегченные переходный	3-8	3-9	3-9

Примечание. Значение коэффициента суммирования (при отсутствии других данных) следует принимать по табл. 12.11.

K_c - коэффициент суммирования (табл. 12.11) определяют по формуле:

$$K_c = \frac{q^{T_{сл}} - 1}{q - 1},$$

q - показатель изменения интенсивности движения данного типа автомобиля по годам.

Таблица 12.11.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Рекомендуемые значения коэффициента суммирования K_c

Показатель изменения интенсивности движения по годам, q	Значение K_c при сроке службы дорожной одежды $T_{сл}$, в годах			
	8	10	15	20
0,90	5,7	6,5	7,9	8,8
0,92	6,1	7,1	8,9	10,1
0,94	6,5	7,7	10,0	11,8
0,96	7,0	8,4	11,4	13,9
0,98	7,5	9,1	13,1	16,6
1,00	8,0	10,0	15,0	20,0
1,02	8,6	10,9	17,2	24,4
1,04	9,2	12,0	20,0	29,8
1,06	9,9	13,2	23,2	36,0
1,08	10,6	14.5	27,2	45,8
1,10	11,4	15,9	31,7	67,3

Расчетным считается день, в течение которого сочетание состояния грунта земляного полотна по влажности и температуре асфальтобетонных слоев

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

конструкции обеспечивают возможность накопления остаточной деформации в грунте земляного полотна или малосвязных слоях дорожной одежды.

При отсутствии региональных норм расчетный срок службы дорожной одежды допускается назначать в соответствии с рекомендациями табл. 12.10.

12.4. Расчет конструкции дорожной одежды в целом по допускаемому упругому прогибу

Конструкция нежесткой дорожной одежды в целом удовлетворяет требованиям прочности и надежности по величине упругого прогиба при условии:

$$E_{об} \geq E_{min} \cdot K_{пр}^{тр}$$ где

$E_{об}$- общий расчетный модуль упругости конструкции, МПа;

E_{min} - минимальный требуемый общий модуль упругости конструкции, МПа;

$K_{пр}^{тр}$ - требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба, принимаемый в зависимости от требуемого уровня надежности (см. табл. 12.3).

Величину минимального требуемого общего модуля упругости конструкции вычисляют по формуле:

$E_{min} = 98{,}65[\lg(SN_p) - c]$, МПа, где

(12.4)

SN_p - суммарное расчетное число приложений нагрузки за срок службы дорожной одежды, устанавливаемое по формуле (12.3);

c - эмпирический параметр, принимаемый равным для расчетной нагрузки на ось 100 кН - 3,55; 110 кН - 3,25; 130 кН - 3,05; для промежуточных значений расчетной нагрузки значение параметра с определяют путем интерполяции.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Формулой (12.4) следует пользоваться при $SN_p > 4 \times 10^4$. Для дорог в V дорожно-климатической зоне минимальный требуемый модуль упругости, определенный по формуле (12.4), следует уменьшить на 15 %. Независимо от результата, полученного по формуле (12.4), минимальный требуемый модуль упругости должен быть не менее указанного в табл. 12.12.

Таблица 12.12.

Минимальные значения требуемого модуля упругости

Категория дороги	Суммарное расчетное число приложений нагрузки на наиболее нагруженную полосу	Минимальный требуемый модуль упругости дорожной одежды, МПа		
		Тип дорожной одежды		
		Капитальный	Облегченный	Переходный
I	750 000	230	-	-
II	500 000	220	210	-
III	375 000	200	200	-
IV	110 000	-	150	100
V	40 000	-	100	50

Общий расчетный модуль упругости проектируемой конструкции дорожной одежды определяют с помощью номограммы (рис. 12.2), построенной на основе решения задачи теории упругости для двухслойной системы. Приведение многослойной конструкции к эквивалентной однослойной ведут послойно снизу вверх, начиная с подстилающего грунта.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

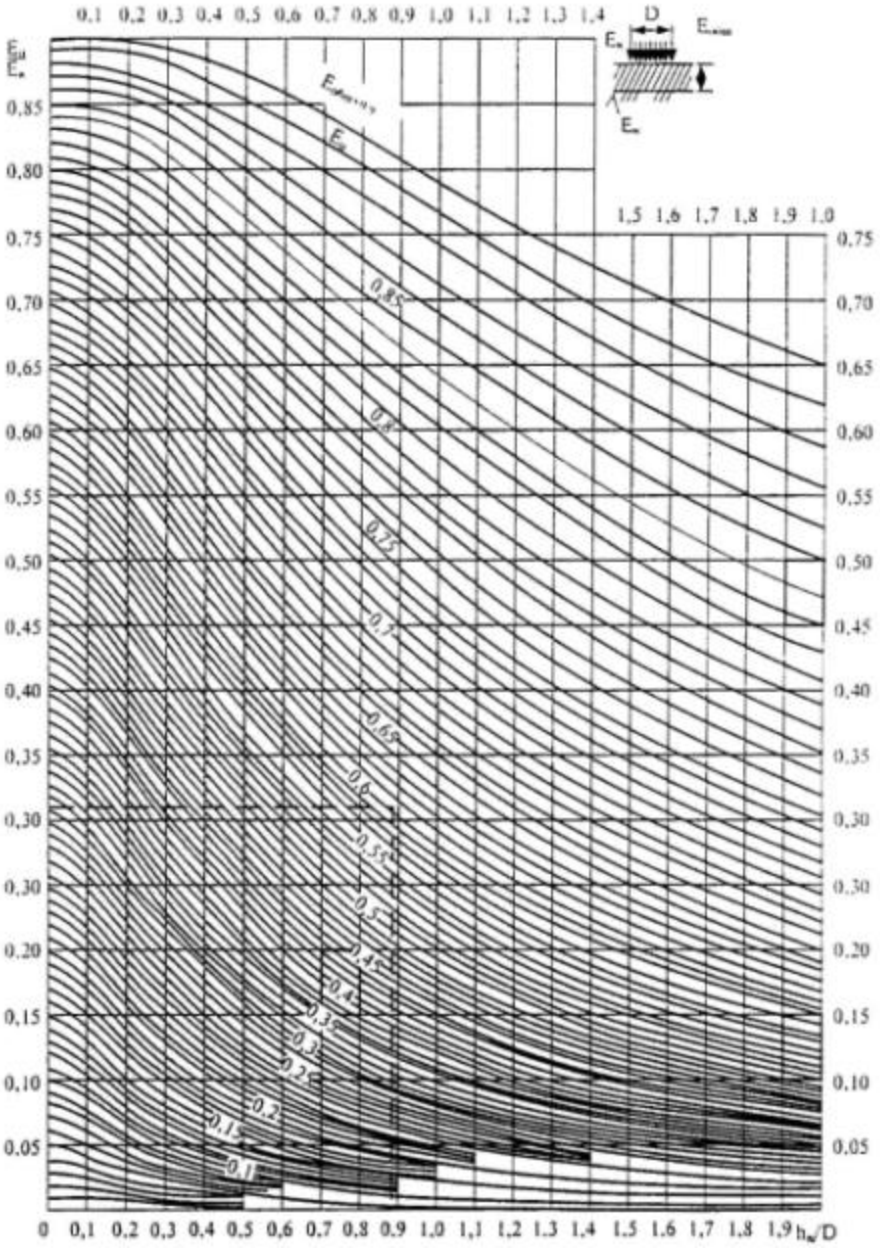


Рис. 12.2. Номограмма для определения общего модуля упругости двухслойной системы $E_{общ}$

Таблица 12.13.

Нормативные значения модулей упругости грунтов

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Грунт	Модуль упругости при относительной влажности W/W_m, МПа									
	0,5	0,55	0,60	0.65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
Пески:										
крупные	130									
средней крупности	120									
мелкие	100									
однородные	75									
пылеватые	96	90	84	78	72	66	60	54	48	43
Супеси:										
легкая	70	60	56	53	49	45	43	42	41	40
пылеватая, тяжелая пылеватая	108	90	72	54	46	38	32	27	26	25
легкая крупная	65									
Суглинки:										
легкий, тяжелый, легкий пылеватый.	108	90	72	50	41	34	29	25	24	23
Тяжелый пылеватый	108	90	72	54	46	38	32	27	26	25

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Глины	108	90	72	50	41	34	29	25	24	23

Примечание. Классификация песков дана по ГОСТ 25100-95. Однородные выделяются по указаниям СНиП.

Расчетные значения модулей упругости грунтов принимают в соответствии с данными табл. 12.13 в зависимости от расчетной влажности грунта рабочего слоя.

Расчетную влажность дисперсного грунта W_p (в долях от влажности на границе текучести W_T) при суммарной толщине слоев дорожной одежды $Z_1$³ 0,75 м определяют по формуле:

$$W_p = \left(\overline{W}_{маб} + \Delta_1\overline{W} - \Delta_2\overline{W}\right)\cdot\left(1+0,1t\right) - \Delta_3,$$ где

$\overline{W}_{маб}$ - среднее многолетнее значение относительной (в долях от границы текучести) влажности грунта, наблюдавшееся в наиболее неблагоприятный (весенний) период года в рабочем слое земляного полотна, отвечающего нормам СНиП по возвышению над источниками увлажнения, на дорогах с усовершенствованными покрытиями и традиционными основаниями дорожных одежд (щебень, гравий и т.п.) при суммарной толщине одежды до 0,75 м, определяемое по табл. 12.14 в зависимости от дорожно-климатической зоны и ползоны (рис. 12.3 и табл. 12.19), схемы увлажнения земляного полотна и типа грунта:

Таблица 12.14.

Среднее значение влажности грунта

Дорожно-климатические зоны	Дорожно-климатические подзоны	Схема увлажнения рабочего слоя земляного полотна	Среднее значение влажности грунта , доли от WT			
			Супесь легкая	Песок пылеватый	Суглинок легкий, тяжелый и тяжелый пылеватый, глины	Супесь пылеватая, тяжелая пылеватая, суглинок пылеватый
I	I_1	1	0,53	0,57	0,62	0,65
		2	0,55	0,59	0,65	0,67
		3	0,57	0,62	0,67	0,70
	I_2	1	0,57	0,57	0,62	0,65
		2	0,59	0,62	0,67	0,70
		3	0,62	0,65	0,70	0,75
	I_3	1	0,60	0,62	0,65	0,70
		2	0,62	0,65	0,70	0.75
		3	0,65	0,70	0,75	0,80
II	II_1	1	0,60	0,62	0,65	0,70
		2	0,63	0,65	0,68	0,73

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

	3	0,65	0,67	0,70	0,75
II_2	1	0,57	0,59	0,62	0,67
	2	0,60	0,62	0,65	0,70
	3	0,62	0,64	0,67	0,72
II_3	1	0,63	0,65	0,68	0,73
	2	0,66	0,68	0,71	0,76
	3	0,68	0,70	0,73	0,78
II_4	1	0,60	0,62	0,65	0,70
	2	0,63	0,65	0,68	0,73
	3	0,65	0,67	0,70	0,75
II_5	1	0,65	0,67	0,70	0,75
	2	0,68	0,70	0,73	0,78
	3	0,70	0,72	0,75	0,80
II_6	1	0,62	0,64	0,67	0,72
	2	0,65	0,67	0,70	0,75

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

		3	0,67	0,69	0,72	0,77
III	III_1	1	0,55	0,57	0,60	0,63
		2-3	0,59	0,61	0,63	0,67
	III_2	1	0,58	0,60	0,63	0,66
		2-3	0,62	0,64	0,66	0,70
	III_3	1	0,55	0,57	0.60	0,63
		2-3	0,59	0,61	0,63	0,67
IV		1	0,53	0,55	0,57	0,60
		2-3	0,57	0,58	0,60	0,64
V		1	0,52	0,53	0,54	0,57
		2-3	0,55	0,56	0,57	0,60

П р и м е ч а н и е. Табличными значениями

$\overline{W}_{max}$ можно пользоваться только при обеспечении возвышения земляного полотна в соответствии со СНиП. На участках, где возвышение не обеспечивается (например, в нулевых местах и в выемках с близким залеганием грунтовых вод), величина

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$\overline{W}_{min}$ назначается индивидуально по данным прогнозов, но она должна быть не менее чем на 0,03 выше табличных значений.

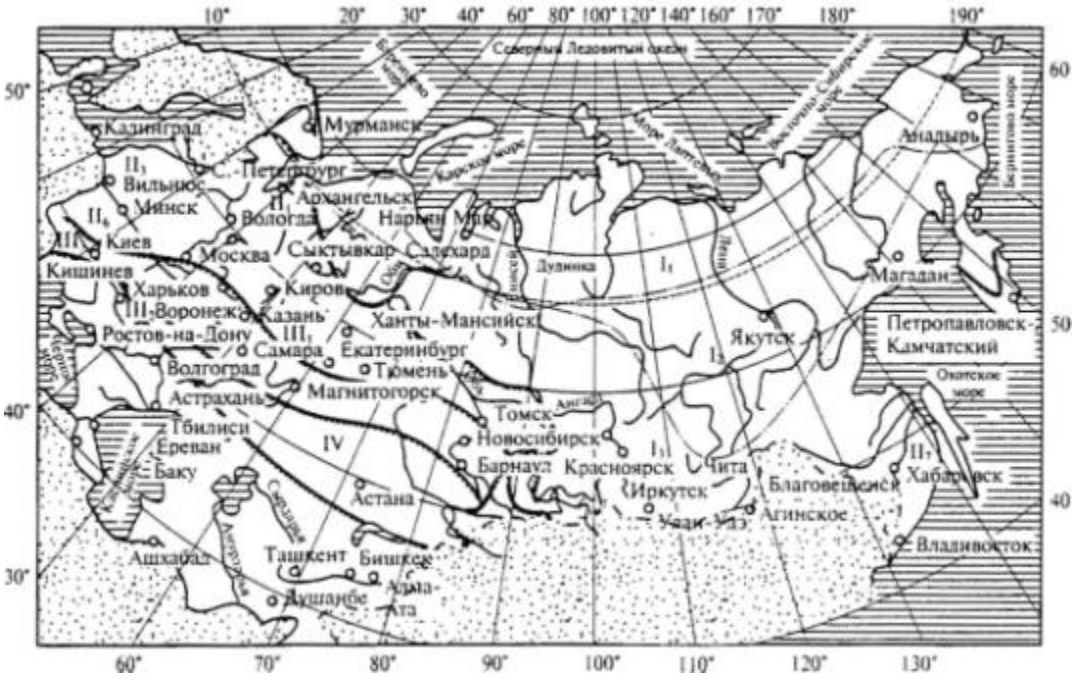


Рис. 12.3. Карта дорожно-климатических зон и подзон:
- границы дорожно-климатических зон;
- границы дорожно-климатических подзон

$\Delta_1\overline{W}$ - поправка на особенности рельефа территории, устанавливаемая по табл. 12.15;

$\Delta_2\overline{W}$ - поправка на конструктивные особенности проезжей части и обочин, устанавливаемая по табл. 12.16;

Таблица 12.15.

Поправки на особенности рельефа территории

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

№ п/п	Тип местности по рельефу	Поправка $\Delta_1\overline{W}$
1	Равнинные районы	0,00
2	Предгорные районы (до 1000 м в.у.м.)	0,03
3	Горные районы (более 1000 м в.у.м.)	0,05

Таблица 12.16.

Поправки на конструктивные особенности проезжей части и обочин

№ п/п	Конструктивная особенность	Поправка $\Delta_2\overline{W}$ в дорожно-климатических зонах			
		II	III	IV	V
1	Наличие основания дорожной одежды, включая слои на границе раздела с земляным полотном, из укрепленных материалов и грунтов: крупнообломочного грунта и песка				
	супеси пылеватых песков и супесей, суглинка, зологрунта	0,04	0,04	0,03	0,03
		0,05	0,05	0,05	0,04
		0,08	0,08	0,06	0,05

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

2	Укрепление обочин (не менее 2/3 их ширины):				
	асфальтобетоном	0,05	0,04	0,03	0,02
	щебнем (гравием)	0,02	0,02	0,02	0,02
3	Дренаж с продольными трубчатыми дренами	0,05	0,03	-	-
4	Устройство гидроизолирующих прослоек из полимерных материалов	0,05	0,05	0,03	0,03
5	Устройство теплоизолирующего слоя, предотвращающего промерзание	Снижение расчетной влажности до величины полной влагоемкости при требуемом $K_{упл}$ грунта			
6	Грунт в активной зоне земляного полотна в "обойме"	Снижение расчетной влажности до оптимальной			
7	Грунт, уплотненный до $K_{упл}$ = 1,03-1,05 в слое 0,3-0,5 м от низа дорожной одежды, расположенного ниже границы промерзания	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03
			0,05	0,05	0,05

Примечание. Поправки

$\Delta_2\overline{W}$ при мероприятиях по п.п. 1 и 2 следует принимать только при 1-й схеме увлажнения рабочего слоя, а по п. 5 - при 2-й и 3-й схемах.

Δ_3 - поправка на влияние суммарной толщины стабильных слоев дорожной одежды, принимаемая по рис. 12.4;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

t - коэффициент нормированного отклонения, принимаемый в зависимости от требуемого уровня надежности $K_н$:

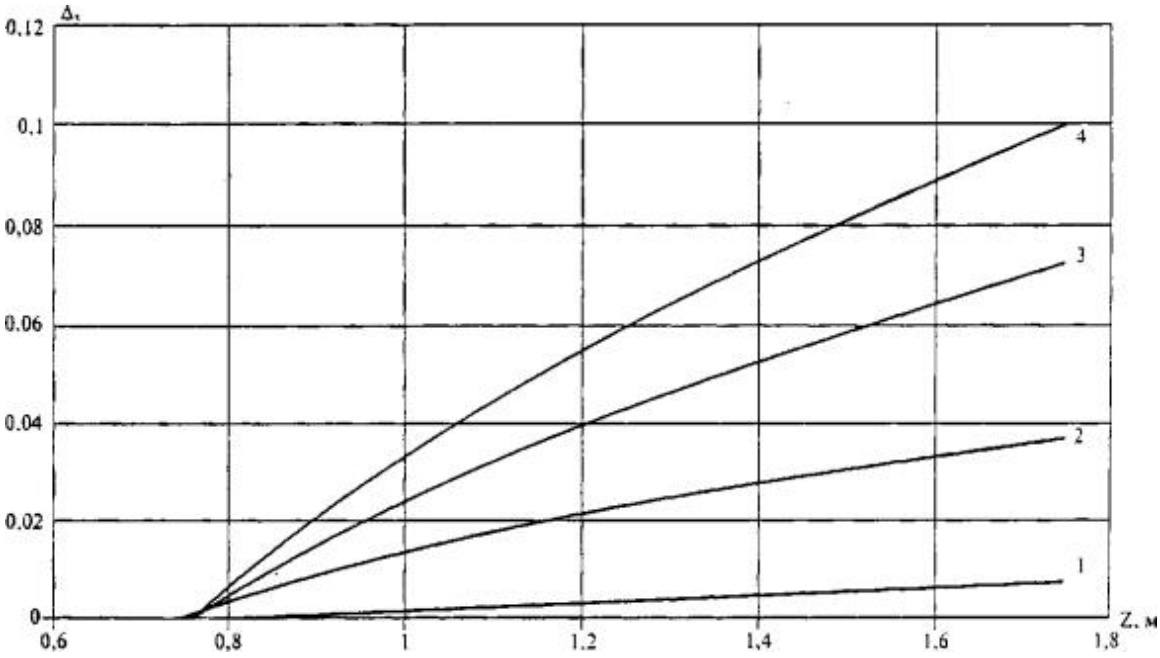


Рис. 12.4. Графики для определения поправки на влияние суммарной толщины стабильных слоев дорожной одежды:
1 - для исходной* относительной влажности $0,75W_m$; 2 - то же, для $0,80W_m$; 3 - то же, для $0,85W_m$; 4 - то же, для $0,90W_m$

Расчетные значения модулей упругости материалов допускается принимать по табл. 12.17. Значения модулей упругости материалов, содержащих органическое вяжущее, необходимо принимать во всех климатических зонах при температуре +10 °С по табл. 12.17.

Таблица 12.17.

Нормативные значения кратковременного модуля упругости асфальтобетонов различных составов (при расчете конструкции по допускаемому упругому прогибу и по условию сдвигоустойчивости)

Материал	Марка битума	Кратковременный модуль упругости *E*, МПа, при температуре покрытия, °С				
		+ 10	+20	+30	+40	+50 (60)

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Плотный асфальтобетон и высокоплотный асфальтобетон	Вязкого БНД и БН: 40/60; 60/90; 90/130; 130/200;200/300	4400; 3200; 2400; 1500; 1200	2600; 1800; 1200; 800; 600	1550; 1100; 550; 670; 500	850; 650; 550; 460; 420	520; 460; 420; 380; 360
	Жидкого:					
	БГ-70/130; СГ-130/ 200; СГ-70/130; МГ-70/130	1000; 1000; 800; 800	420; 420; 360; 360	400; 400; 350; 350	350; 350; 350; 350	350; 350; 350; 350
Пористый и высокопористый асфальтобетон	Вязкого БНД и БН: 40/60; 60/90; 90/130; 130/200; 200/300	2800; 2000; 1400; 1100;950	1700; 1200; 800; 600; 450	900; 700; 510; 400;350	540; 460; 380; 340; 330	390; 360; 350; 340;330
Плотный дегтебетон	-	3800	1500	800	500	350
Пористый дегтебетон	-	2000	300	400	350	300
Асфальтобетоны холодные:						
$Б_х$	-	1300	-	-	-	-
$В_х$		1100				
$Г_х$		900				
$Д_х$		750				

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Примечания: 1. Модули упругости пористого и высокопористого асфальтобетона даны применительно к песчаным смесям. При температуре от 30 до 50 °С модули упругости для мелкозернистых смесей следует увеличить на 10 %, а для крупнозернистых смесей на 20 %.

2. При расчете на упругий прогиб принимать при t° = +10°.

$K_н$	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	0,98
t	0,52	0,68	0,84	1,06	1,32	1,71	2,19

Расчет по допустимому упругому прогибу (по требуемому модулю упругости) ведут в следующей последовательности:

определяют минимальный требуемый общий модуль упругости конструкции по формуле (12.4);

назначают модули и предварительно толщины слоев конструкции (кроме толщины основания);

выполняя расчет конструкции сверху вниз, определяют с помощью номограммы (см. рис. 12.2) эквивалентные модули упругости на поверхности каждого конструктивного слоя.

12.5. Расчет по условию сдвигоустойчивости подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоев

Дорожную одежду проектируют из расчета, чтобы под действием кратковременных или длительных нагрузок в подстилающем грунте или малосвязных (песчаных) слоях за весь срок службы не накапливались недопустимые остаточные деформации - формоизменения. Недопустимые деформации сдвига в конструкции не будут накапливаться, если в грунте земляного полотна и в малосвязных (песчаных) слоях обеспечено условие:

$$T \le \frac{T_{пр}}{K_{пр}^{пр}},$$ где

(12.5)

$K_{пр}^{тр}$ - требуемое минимальное значение коэффициента прочности, определяемое с учетом заданного уровня надежности (см. табл. 12.3);

T - расчетное активное напряжение сдвига (часть сдвигающего напряжения, непогашенная внутренним трением) в расчетной (наиболее опасной) точке конструкции от действующей временной нагрузки;

$T_{пр}$ - предельная величина активного напряжения сдвига в той же точке, превышение которой вызывает нарушение прочности на сдвиг. При практических расчетах многослойную дорожную конструкцию приводят к двухслойной расчетной модели. При расчете дорожной конструкции на прочность по сдвигоустойчивости грунта земляного полотна в качестве нижнего принимают грунт (с его характеристиками), а в качестве верхнего - всю дорожную одежду. Толщину верхнего слоя $h_в$ принимают равной сумме толщин слоев одежды

$\left(\sum_{i=1}^{k} h_i\right)$. Модуль упругости верхнего слоя двухслойной модели вычисляют как средневзвешенный по формуле:

$$E_в = \frac{\sum_{i=1}^{k} E_i h_i}{\sum_{i=1}^{k} h_i},$$

(12.6)

где

h - число слоев дорожной одежды;

E_i - модуль упругости материала i-го слоя;

h_i - толщина i-го слоя.

При расчете по условию сдвигоустойчивости в песчаном слое основания с помощью номограммы (см. рис. 12.2) нижнему слою двухслойной модели условно присваивают обычные характеристики песчаного слоя (C_n, j_n), а модуль упругости принимают равным эквивалентному модулю упругости на поверхности песчаного слоя; толщину верхнего слоя двухслойной модели принимают равной общей толщине слоев, лежащих над песчаным, а модуль упругости $E_в$ вычисляют как средневзвешенное значение для этих слоев по формуле (12.6).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

При расчете дорожных одежд по условию сдвигоустойчивости значения модулей упругости материалов, содержащих органическое вяжущее, принимают равными температурам, указанным в табл. 12.18. для соответствующих дорожно-климатических зон (табл. 12.19).

Таблица 12.18.

Расчетные значения температур для дорожно-климатических зон

Дорожно-климатические зоны	I-II	III	IV	V
Расчетная температура, °С	+20	+30	+40	+50

Таблица 12.19.

Дорожно-климатические зоны и подзоны

Дорожно-климатическая зона и подзона	Примерные географические границы
I	Севернее линии, соединяющей: Нивский - Сосновку - Новый Бор - Щельябож - Сыню - Суеватпуль - Белоярский - Ларьяк - Усть-Озерное - Ярцево - Канск - Выезжий Лог - Усть - Золотую - Сарыч - Сел - Новоселове - Артыбаш - Иню - государственную границу - Симонове - Биробиджан - Болонь - Многовершиный. Включает географические зоны тундры, лесотундры и северо-восточную часть лесной зоны с распространением вечномерзлой зоны тундры, лесотундры и северо-восточную часть лесной зоны с распространением вечномерзлых грунтов
I_1	Расположена севернее линии: Нарьян-Мар - Салехард - Курейка - Трубка Удачная - Верхоянск - Дружина - Горный Мыс - Марково
I_2	Расположена восточнее линии: устье р. Нижней Тунгуски - Ербогачен, Ленек - Бодайбо - Богдарин и севернее линии Могоча - Сковородино - Зея - Охотск - Палатка - Слаутсткое. Ограничена с севера I_1 подзоной

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

I_3	От южной границы зоны вечной мерзлоты до южной границы подзоны I_2
II	От границы I зоны до линии, соединяющей: Львов - Житомир - Тулу - Н.Новгород - Ижевск - Томск - Канск. На Дальнем Востоке от границы I зоны до государственной границы. Включает географическую зону лесов с избыточным увлажнением грунтов
II_1	С севера и востока ограничена I зоной, с запада - подзоной II_3 с юга - линией Рославль - Клин - Рыбинск - Березняки - Ивдель
II_2	Ограничена с севера подзоной II_1, с запада - подзоной II_4, с юга - III зоной, с востока и южной границей I зоны
II_3	С севера ограничена государственной границей, с запада - границей с подзоной II_5, с юга - линией Рославль - Клин - Рыбинск, с востока - линией Псков - Смоленск - Орел
II_4	Ограничена с севера подзоной II_3, с запада - подзоной II_6, с юга - границей с III зоной, с востока - линией Смоленск - Орел - Воронеж
II_5	С севера и запада ограничена государственной границей, с востока - линией Минск - Бобруйск - Гомель, с юга - линией Барановичи - Рославль - Клин - Рыбинск
II_6	С севера ограничена подзоной II_5, с запада - государственной границей, с юга - границей с III зоной, с востока - линией Минск - Бобруйск - Гомель
III	От Южной границы II зоны до линии, соединяющей: Кишинев - Кировоград - Белгород - Самару - Магнитогорск - Омск - Бийск - Туран. Включает лесостепную географическую зону со значительным увлажнением грунтов в отдельные годы
III_1	Ограничена с севера зоной II, с запада - подзоной III_2, с юга - IV зоной, с востока - I зоной

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

III_2	Ограничена с севера зоной II, с запада - подзоной III_3, с юга - зоной IV, с востока - линией Смоленск - Орел - Воронеж
III_3	Ограничена с севера зоной II, с запада - государственной границей, с юга - зоной IV, с востока - линией Бобруйск - Гомель - Харьков
IV	Расположена от границы III зоны до линии, соединяющей: Джульфу - Степанакерт - Кизляр - Волгоград и далее проходит южнее на 200 км линии, соединяющей: Уральск - Актюбинск - Караганду. Включает географическую степную зону с недостаточным увлажнением грунтов.
V	Расположена к юго-западу и югу от границы IV зоны и включает пустынную и пустынно-степную географические зоны с засушливым климатом и распространением засоленных грунтов

Действующие в грунте или в песчаном слое активные напряжения сдвига (T) вычисляют по формуле:

$$T = \bar{\tau}_N \cdot p$$ где

(12.7)

$\bar{\tau}_N$ - удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки, определяемое с помощью номограмм (рис. 12.5 и 12.6);

p - расчетное давление от колеса на покрытие.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

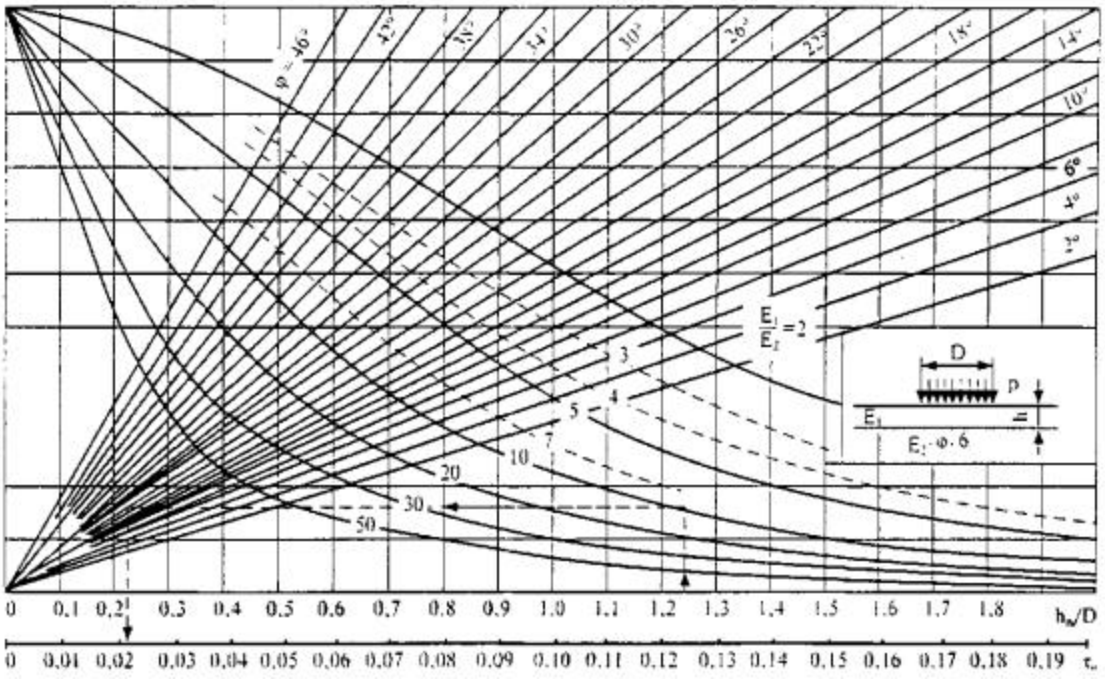


Рис. 12.5. Номограмма для определения активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы (при h/D = 0-2,0)

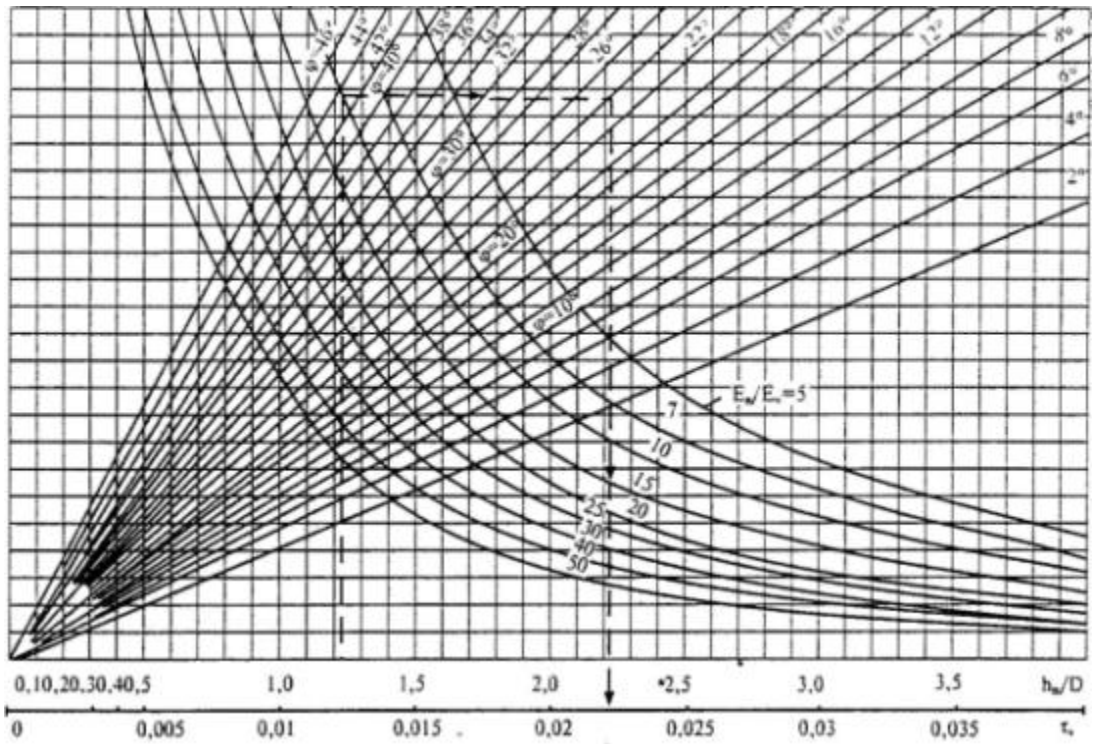


Рис. 12.6. Номограмма для определения активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы (при h/D = 0-4,0)

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

При пользовании номограммой для определения

 величину *j* принимают для случая воздействия динамической нагрузки (с учетом числа приложений) (табл. 12.20 и 12.21).

Таблица 12.20.

Нормативные значения сдвиговых характеристик глинистых грунтов в зависимости от расчетного числа, приложений расчетной нагрузки

Расчетная относительная влажность	Сцепление, МПа, при суммарном числе приложений нагрузки (SN_p)					Угол внутреннего трения, °С, при суммарном числе приложений нагрузки (SN_p)				
	1	10^3	10^4	10^5	10^6	1	10^3	10^4	10^5	10^6
Суглинки и глины										
0,60	0,030	0,030	0,016	0,014	0,012	24	20	14,5	11	9
0,65	0,024	0,019	0,013	0,011	0,009	21	15	11	8	7
0,70	0,019	0,013	0,009	0,007	0,006	18	11,5	8,5	6,5	5,5
0,75	0,015	0,009	0,006	0,005	0,004	15	10	7,5	5	4
0,80	0,011	0,007	0,005	0,003	0,002	13	8	5	3	2,5
0,90	0,008	0,004	0,004	0,002	0,001	11,5	6,5	3,5	2,2	2
Супеси и пески пылеватые										

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

0,6	0,014	0,012	0,008	0,006	0,005	36	24	18	14	12
0,65	0,013	0,010	0,008	0,006	0,004	36	23,5	17	14	12
0,70	0,012	0,009	0,006	0,005	0,004	35	23,5	17	14	12
0,75	0,011	0,008	0,005	0,004	0,003	35	23	17	14	12
0,80	0,010	0,007	0,005	0,004	0,003	34	23	17	14	12
0,85	0,009	0,007	0,004	0,003	0,003	34	22	15	12	10
0,90	0,008	0,004	0,003	0,003	0,003	33	21	12,5	10	8

Примечание. Значение сдвиговых характеристик при $SN_p = 1$ используется при расчете на статическое действие нагрузки. При $SN_p > 10^6$ расчетные значения (рис следует принимать по столбцу «10^6».

Таблица 12.21.

Расчетные значения утла внутреннего трения и сцепления песчаных грунтов и песков конструктивных слоев в зависимости от расчетного числа приложения расчетной нагрузки (SN_p)

п/п	Тип грунта	Сцепление, МПа, и угол внутреннего трения, град, при суммарном числе приложений нагрузки (SN_p)				
		1	10^3	10^4	10^5	10^6
1	Песок крупный с содержанием пылевато- глинистой фракции:					
	0 %	35	33	32	31	29

		0,004	0,003	0,003	0,003	0,003
	5 %	34 0,005	31 0,004	36 0,004	29 0,003	28 0,003
2	Песок средней крупности с содержанием пылевато-глинистой фракции:					
	0 %	32 0,004	30 0,004	30 0,003	28 0,003	27 0,002
	5 %	33 0,005	30 0,004	29 0,003	28 0,003	26 0,002
3	Песок мелкий с содержанием пылевато-глинистой фракции:					
	0 %	31 0,003	28 0,003	27 0,002	26 0,002	25 0,002
	5 %	31 0,005	27 0,004	26 0,004	25 0,004	24 0,003
	8 %	31 0,006	27 0,005	26 0,004	25 0,003	23 0,002

П р и м е ч а н и я: 1. Значения характеристик даны для условий полного заполнения пор водой.

2. В числителе - угол внутреннего трения в градусах, в знаменателе - сцепление в МПа.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

3. При $SN_p > A \times 10^6$ расчетные значения j и c следует принимать по столбцу "10^6".

Предельное активное напряжение сдвига T_{np} в грунте рабочего слоя (или в песчаном материале промежуточного слоя) определяют по формуле:

$T_{np} = K_{\partial}(C_N + 0{,}1 g_{cp} \times z_{on} \times \mathrm{tg} j_{cm})$, где

(12.8)

C_N - сцепление в грунте земляного полотна (или в промежуточном песчаном слое), принимаемое с учетом повторности нагрузки (см. табл. 12.20 или 12.21), МПа;

z_{on} - глубина расположения поверхности слоя, проверяемого на сдвигоустойчивость, от верха конструкции, см;

g_{cp} - средневзвешенный удельный вес конструктивных слоев, расположенных выше проверяемого слоя, кг/см^3;

j_{cm} - расчетная величина угла внутреннего трения материала проверяемого слоя при статическом действии нагрузки, град;

K_{∂} - коэффициент, учитывающий особенности работы конструкции на границе песчаного слоя с нижним слоем несущего основания.

При устройстве нижнего слоя несущего основания из укрепленных материалов или при укладке на границе "несущее основание - песчаный слой (или песчаный грунт)" разделяющей геотекстильной прослойки следует принимать значение K_{∂} равным:

4,5 - при использовании в песчаном слое крупного песка;

4,0 - песка средней крупности;

3,0 - мелкого песка.

При устройстве нижнего слоя несущего основания из неукрепленных материалов и без укладки разделительной прослойки следует принимать $K_{\partial} = 2$.

При проверке сдвигоустойчивости в подстилающем дорожную одежду глинистом грунте земляного полотна следует принимать $K_{\partial} = 1$.

Рекомендуемые нормативные значения механических характеристик грунтов и песчаных конструктивных слоев, см. табл. 12.20 и 12.21.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В качестве расчетных значений утла внутреннего трения грунта и малосвязных слоев используют его значения, отвечающие расчетному суммарному числу воздействия нагрузки за межремонтный срок SN_p. Эту величину устанавливают по формуле (12.3).

Таблица 12.22.

Характеристики асфальтобетонов при расчете на растяжение при изгибе под кратковременными нагрузками

Асфальтобетон	Расчетные значения модуля упругости E, МПа	m	b	Нормативные значения сопротивления растяжению при изгибе R_n, МПа
Высокоплотный на БНД марки:				
40/60	8600	6,0	5,0/ 5,6*	10,00
60/90	6000	5,5	5,2/5,9	9,80
90/130	4600	5,0	5,4/6,3	9,50
130/200	3500	4,5	5,8/6,8	9,30
200/300	2500	4,3	5,9/7,1	9,00
Плотный на БНД марки:				
40/60	6000	6,0	5,0/5,6	10,00
60/90	4500	5,5	5,2/5,9	9,80

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

90/130	3600	5,0	5,4/6,3	9,50
130/200	2600	4,5	5,876,8	9,30
200/300	2000	4,3	5,9/7,1	9,00
Пористый на БНД марки:				
40/60	3600	4,5	5,8/6,8	8,30
60/90	2800	4,3	5,9/7,1	8,00
90/130	2200	4,0	6,3/7,6	7,80
130/200	1800	3,75	6,6/8,2	7,60
200/300	1400	3,7	6,7/8,2	7,10
Высокопористый на БНД марки:				
40/60	3000	4,3	5,9/7,1	5,50/6,50**
60/90	2100	4,0	6,3/7,6	5,65/6,20
90/130	1700	3,8	6,5/7,9	5,50/ -
Холодные асфальтобетоны:				

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Бх	2600	3,0	8,0/ 10,3	4,90
Вх	2200	2,5	9,8/ 13,4	4,60
Гх	1800	2,0	13,2/ 19,5	4,20
Дх	1500	2,0	13,2/ 19,5	3,90

Примечание. * - в числителе - для II дорожно-климатической зоны, в знаменателе - для III-V дорожно-климатических зон. ** - для песчаного асфальтобетона.

Таблица 12.23.

Расчетные значения модуля упругости асфальтобетона при расчете на длительную нагрузку

Вид асфальтобетона	Тип смеси	Расчетный модуль упругости E при статическом действии нагрузки, МПа, при расчетной температуре, °C			
		+20	+30	+40	+50

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Плотные смеси	А	480	420	360	300
	Б	400	350	300	250
	В	320	280	240	200
	Г	300	270	220	200
	Д	200	180	160	150
Пористые и высокопористые смеси	Крупнозернистая	360	320	280	250
	Мелкозернистая	290	250	220	200
	Песчаная	250	225	200	190
Асфальтобетоны холодные	Бх	180	-	-	-
	Вх	170	-	-	-
	Гх	160	-	-	-
	Дх	150	-	-	-

Примечание. Модуль упругости высокоплотного асфальтобетона принимать как для плотного асфальтобетона типа А

Таблица 12.24.

Конструктивные слои из черного щебня

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

№ п/п	Материал	Нормативные значения модуля упругости *E*, МПа
1.	Черный щебень, уложенный по способу заклинки	600-900
2.	Слой из щебня, устроенный по способу пропитки вязким битумом и битумной эмульсией	400-600

Примечание. Большие значения - для покрытий, меньшие - для оснований.

Таблица 12.25.

Конструктивные слои из щебеночно-гравийно-песчаных смесей и грунтов, обработанных органическими и комплексными вяжущими (органоминеральные смеси - ГОСТ 30491-97)

№ п/п.	Материал слоя	Нормативные значения модуля упругости Е, М Па
1	Щебеночно-гравийно-песчаные смеси и крупнообломочные грунты (оптимального /неоптимального состава) обработанные:	
	жидкими органическими вяжущими или вязкими, в т.ч. эмульгированными органическими вяжущими	450/350
	жидкими органическими вяжущими совместно с минеральными или эмульгированными органическими вяжущими совместно с минеральными	950/700
2	Пески гравелистые, крупные, средние, пески мелкие, супесь легкая и пылеватая, суглинки легкие обработанные:	

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

	жидкими органическими вяжущими или вязкими, в т.ч. эмульгированными органическими вяжущими	430/280
	жидкими органическими вяжущими совместно с минеральными или эмульгированными органическими вяжущими совместно с минеральными	700/600

Таблица 12.26.

Конструктивные слои из активных материалов (шлаки, шламы, фосфогипс и др.)

№ п/п	Материал	Нормативные значения модуля упругости E, МПа
1	Основание из подобранных оптимальных смесей из высокоактивных материалов с максимальной крупностью зерен до 40 мм, уплотненных при оптимальной влажности	650-870
2	То же, из активных материалов	480-700
3	Основание из рядовых неоптимальных смесей из высокоактивных материалов с максимальной крупностью 70 мм	450-650
4	То же, из активных материалов	370-480

Примечания: 1. К высокоактивным материалам относятся материалы, имеющие прочность при сжатии от 5 до 10 МПа в возрасте 90 сут.

2. К активным материалам - материалы, имеющие прочность при сжатии от 2,5 до 5 МПа в том же возрасте.

Таблица 12.27.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Конструктивные слои из смесей щебеночно-гравийно-песчаных и грунтов, обработанных неорганическими вяжущими материалами, соответствующих ГОСТ 23558-94

№ п/п.	Материал	Нормативные значения модуля упругости E, МПа
1	Щебеночно-гравийно-песчаные смеси, крупнообломочные грунты (оптимальные/ неоптимальные), обработанные цементом и соответствующие марке:	
	20	500/400
	40	600/550
	60	800/700
	75	870/830
	100	1000/950
2	То же, обработанные зольным или шлаковым вяжущим и соответствующие марке:	
	20	450/350
	40	550/500
	60	750/650

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

	75	870/780
	100	950/910
3	Пески гравелистые, крупные, средние, пески мелкие и пылеватые, супесь легкая и тяжелая, суглинки легкие, обработанные цементом и соответствующие марке:	
	20	400/250
	40	550/400
	60	700/550
	75	870/750
	100	950/870
4	То же, обработанные зольным или шлаковым вяжущим и соответствующие марке:	
	20	300/200
	40	450/300
	60	600/450
	75	730/600
	100	870/750

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Входящую в формулу (12.3) величину расчетных дней в году, соответствующих расчетному состоянию прочности и деформируемости конструкции определяют по данным рис. 12.1 и табл. 12.9.

Расчет дорожной одежды по сопротивлению сдвигу в грунте земляного полотна, а также в песчаных материалах промежуточных слоев дорожной одежды ведут в следующей последовательности:

по табл. 12.22-12.30 назначают расчетные модули упругости для слоев и асфальтобетона, соответствующие максимально возможным температурам в ранний весенний (расчетный) период;

по табл. 12.20 и 12.21 (с учетом расчетной влажности и общего числа воздействий нагрузки) назначают расчетные прочностные характеристики *j* и *c* грунта земляного полотна и песка промежуточного слоя одежды;

по рис. 12.5 или рис. 12.6 определяют активные напряжения сдвига


от единичной временной нагрузки. Для этого приводят многослойную конструкцию к двухслойной модели;

по формуле (12.7) вычисляют расчетное напряжение сдвига в грунте земляного полотна или в песчаном слое одежды;

по формуле (12.8) вычисляют предельное напряжение сдвига;

по формуле (12.5) проверяют выполнение условия прочности (с учетом требуемой надежности);

при необходимости, изменяя толщины конструктивных слоев, подбирают конструкцию, удовлетворяющую условию (12.5).

Выполняя расчет конструкции снизу вверх, определяют толщину основания (при заданном модуле упругости материала основания), обеспечивающую необходимый эквивалентный модуль упругости на поверхности основания, полученный при расчете сверху.

Таблица 12.28.

Конструктивные слои из смесей щебеночно-гравийно-песчаных, соответствующих ГОСТ 25607-94 и ГОСТ 3344-83

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Материал слоя	Нормативные значения модуля упругости *E*, МПа
Щебеночные / гравийные смеси (С) для покрытий с непрерывной гранулометрией (ГОСТ 25607-94) при максимальном размере зерен:	
$С_1$ - 40 мм	300/280
$С_2$ - 20 мм	290/265
Смеси для оснований с непрерывной гранулометрией:	
$С_3$ - 80 мм	280/240
$С_4$ - 80 мм	275/230
$С_5$ - 40 мм	260/220
$С_6$ - 20 мм	240/200
$С_7$ - 20 мм	260/180
Шлаковая щебеночно-песчаная смесь из неактивных и слабоактивных шлаков (ГОСТ 3344-83)	
$С_1$ - 70 мм	275
$С_3$ - 70 мм	260

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

C_3 - 40 мм	250
C_4 - 20 мм	210

Таблица 12.29.

Щебеночные основания, устраиваемые методом заклинки, соответствующие ГОСТ 25607-94

Материал слоя	Нормативные значения модуля упругости E, МПа
Щебень фракционированный 40-80 (80-120) мм с заклинкой:	
фракционированным мелким щебнем	450 350
известняковой мелкой смесью или активным мелким шлаком	400 300
мелким высокоактивным шлаком	450 400
асфальтобетонной смесью	500 450
цементопесчаной смесью М75 при глубине пропитки 0,25-0,75*h* слоя	450-700 350-600

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Примечание. Для слоя в числителе - из легкоуплотняемого щебня; в знаменателе - из трудноуплотняемого щебня.

Таблица 12.30.

Механические характеристики теплоизоляционных слоев

Материал слоя	Нормативные значения модуля упругости *E*, МПа
Пенопласт	13,0-33,5
Стиропорбетон	500-800
Аглопоритовый щебень, обработанный вязким битумом	400
Керамзитовый гравий, обработанный вязким битумом	500
Гравий (щебень) с легкими заполнителями, обработанные вязким битумом	500
Цементогрунт с перлитом	130
То же, с полистиролом состава:	300
гранулы полистирола 2-3 %	
песок 97-98 % (% от массы)	
цемент 7-6 %	

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

То же, с керамзитом состава:	300
песок 75 %	
керамзит 25 %	
цемент 6 %	
Битумоцементогрунт с перлитом состава:	250-350
перлитовый щебень 25-20 %	
песок 75-80 %	
цемент 4-6 %	
битум 12-10 % (от массы песка, перлита и цемента)	
Цементогрунт с аглопоритом состава:	250-350
супесь или песок 70-80 %	
аглопорит 30-20 %	
цемент 6 %	
Золошлаковые смеси, укрепленные цементом	
Грунт, укрепленный золой-уносом	150

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Цементогрунт, обработанный битумной эмульсией	200

12.6. Расчет конструкции дорожной одежды на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе

В монолитных слоях дорожной одежды (из асфальтобетона, материалов и грунтов, укрепленных комплексными и неорганическими вяжущими и т.д.), возникающие при изгибе одежды напряжения под действием повторных кратковременных нагрузок не должны в течение заданного срока службы приводить к образованию трещин от усталостного разрушения. Для этого должно быть выполнено условие:

$$\sigma_r \le \frac{R_N}{K_{np}^{mp}},$$ где

(12.9)

K_{np}^{mp} - требуемый коэффициент прочности с учетом заданного уровня надежности (табл. 12.3);

R_N - прочность материала слоя на растяжение при изгибе с учетом усталостных явлений;

s_r - наибольшее растягивающее напряжение в рассматриваемом слое, устанавливаемое расчетом.

Наибольшее растягивающее напряжение s_r при изгибе в монолитном слое определяют с помощью номограммы (рис. 12.7), приводя реальную конструкцию к двухслойной модели.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

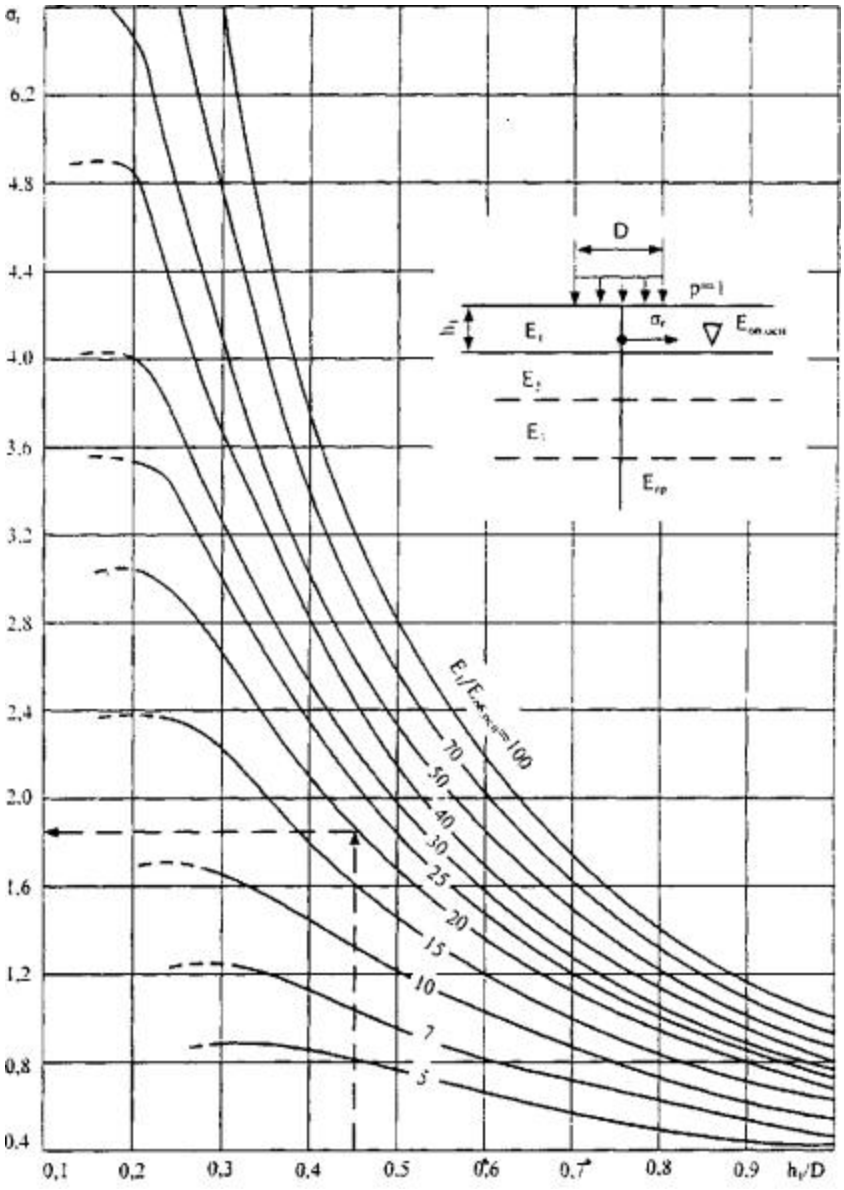


Рис. 12.7. Номограмма для определения растягивающего напряжения s_r при изгибе в верхнем монолитном слое двухслойной системы

К верхнему слою модели относят все асфальтобетонные слои, включая рассчитываемый. Толщину верхнего слоя модели $h_в$ принимают равной сумме толщин, входящих в пакет асфальтобетонных слоев (Sh_i).

Значение модуля упругости верхнего слоя двухслойной модели устанавливают как средневзвешенное для всего пакета асфальтобетонных слоев по формуле (12.6). Нижним слоем модели служит часть конструкции, расположенная ниже пакета асфальтобетонных слоев, включая грунт рабочего слоя земляного полотна.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Модуль упругости нижнего слоя двухслойной модели определяют путем приведения слоистой системы и эквивалентной по жесткости с помощью номограммы (см. рис. 12.2).

При использовании номограммы на рис. 12.7 расчетное растягивающее напряжение определяют по формуле:

$\sigma_r = \overline{\sigma}_r \cdot p \cdot K_в$, где

(12.10)

$\overline{\sigma}_r$ - растягивающее напряжение от единичной нагрузки при расчетных диаметрах площадки, передающей нагрузку, определяемое по номограмме на рис. 12.7;

$K_в$ - коэффициент, учитывающий особенности напряженного состояния покрытия конструкции 0,85 (при расчете на однобаллонное колесо $K_в = 1{,}00$);

p - расчетное давление, принимаемое по табл. 12.4. Порядок использования показан на рис. 12.7 стрелками.

Прочность материала монолитного слоя при многократном растяжении при изгибе определяют по формуле:

$R_N = R_0 \times K_1 \times K_2 \times (1 - v_R \times t)$, где

(12.11)

R_0 - нормативное значение предельного сопротивления растяжению (прочность) при изгибе при расчетной низкой весенней температуре при однократном приложении нагрузки, принимаемое по данным табл. 12.22;

K_1 - коэффициент, учитывающий снижение прочности вследствие усталостных явлений при многократном приложении нагрузки;

K_2 - коэффициент, учитывающий снижение прочности во времени от воздействия погодно-климатических факторов (табл. 12.31);

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

v_R - коэффициент вариации прочности на растяжение;

t - коэффициент нормативного отклонения (см. разд. 12.4).

Таблица 12.31.

Рекомендуемые коэффициенты снижения прочности от воздействия погодно-климатических факторов

№ п/п	Материал расчетного слоя	1С
	Асфальтобетон:	
1.	высокоплотный	1,0
2.	плотный:	
	I марки	0.95
	II марки	0.90
	III марки	0.80
3.	пористый и высокопористый	0,80
4.	Органоминеральные смеси	0.80

Коэффициент K_1, отражающий влияние на прочность усталостных процессов, вычисляют по выражению:

$$K_1 = \frac{\alpha}{\sqrt[m]{\sum N_p}},$$ где

N_p -расчетное суммарное число приложений расчетной нагрузки за срок службы монолитного покрытия, определяемое по формуле (12.3) с учетом числа расчетных суток за срок службы (см. табл. 12.10);

m - показатель степени, зависящий от свойств материала рассчитываемого монолитного слоя (см. табл. 12.22);

а - коэффициент, учитывающий различие в реальном и лабораторном режимах растяжения повторной нагрузкой, а также вероятность совпадения во времени расчетной (низкой) температуры покрытия и расчетного состояния грунта рабочего слоя по влажности, определяемый по табл. 12.22.

Рекомендуемое значение коэффициента вариации $v_R = 0{,}1$.

Расчеты на усталостную прочность выполняют в следующем порядке:

приводят конструкцию к двухслойной модели и определяют отношения

$$\frac{h}{D}; \frac{E_в}{E_{нр}};$$

по полученным параметрам по номограмме на рис. 12.7. находят значение

$\overline{\sigma}_r$ и по формуле (12.10) вычисляют расчетное растягивающее напряжение;

вычисляют предельное растягивающее напряжение по формуле (12.11). В пакете асфальтобетонных слоев за предельное растягивающее напряжение R_N принимают значение, отвечающее материалу нижнего слоя асфальтобетонного пакета;

проверяют условие (12.9) и при необходимости корректируют конструкцию.

12.7. Обеспечение морозоустойчивости дорожной одежды

В районах сезонного промерзания грунтов земляного полотна при неблагоприятных грунтовых и гидрологических условиях наряду с требуемой прочностью должна быть обеспечена достаточная морозоустойчивость дорожных одежд, предотвращающая недопустимое ее зимнее пучение.

С этой целью применяют различные специальные мероприятия:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

использование непучинистых или слабопучинистых грунтов (табл. 12.32, табл. 12.33) для сооружения верхней части земляного полотна, находящегося в зоне промерзания;

осушение рабочего слоя земляного полотна, в том числе устройство дренажа для увеличения расстояния от низа дорожной одежды до уровня грунтовых вод;

устройство гидроизолирующих или капилляропрерывающих прослоек для перехода от 2-й или 3-й схемы увлажнения рабочего слоя земляного полотна к 1-й схеме (характеристика схем увлажнения дана в СНиП 2.05.02-85, прил. 2, табл. 13);

устройство морозозащитного слоя из непучинистых минеральных материалов, в т.ч. укрепленных малыми дозами минеральных или органических вяжущих;

устройство теплоизолирующих слоев, снижающих глубину или полностью исключающих промерзание грунта под дорожной одеждой;

устройство основания дорожной одежды из монолитных материалов (типа тощего бетона или других зернистых материалов, обработанных минеральным или органическим вяжущим).

Таблица 12.32.

Классификация грунтов по степени пучинистости при замерзании (СНиП 2.05.02-85, прил. 2, табл. 6)

Группы грунтов по пучинистости	Степень пучинистости	Относительное морозное пучение
I	Непучинистый	1 и менее
II	Слабопучинистый	Свыше 1 до 4
III	Пучинистый	Свыше 4 до 7
IV	Сильнопучинистый	Свыше 7 до 10
V	Чрезмернопучинистый	Свыше 10

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Таблица 12.33.

Группы грунтов по степени пучинистости (СНиП 2.05.02-85, прил. 2, табл. 7)

Грунт	Группа
Песок гравелистый, крупный и средней крупности с содержанием частиц мельче 0,05 мм до 2 %	I
Песок гравелистый, крупный и средней крупности с содержанием частиц мельче 0,05 мм до 15 %, мелкий с содержанием частиц мельче 0,05 мм до 15 %; супесь легкая крупная	II
Супесь легкая; суглинок легкий и тяжелый; глины	III
Песок пылеватый; супесь пылеватая; суглинок тяжелый пылеватый	IV
Супесь тяжелая пылеватая; суглинок легкий пылеватый	V

П р и м е ч а н и е. Величина коэффициента морозного пучения щебенистых, гравелистых, дресвяных песков при содержании частиц мельче 0,05 мм свыше 15 % ориентировочно принимается как для пылеватого песка и проверяется в лаборатории.

Конструкцию считают морозоустойчивой, если соблюдено условие

$l_{пуч} \leq l_{доп}$, где

$l_{пуч}$ - расчетное (ожидаемое) пучение грунта земляного полотна;

$l_{доп}$ - допускаемое для данной конструкции пучение грунта (табл. 12.34).

Таблица 12.34.

Допустимые величины пучения

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Тип дорожных одежд	Вид покрытия	Допустимая величина морозного пучения, ($l_{доп}$), см
Капитальные	Асфальтобетонное	4
Облегченные	Асфальтобетонное	6
Переходные	Переходное	10

Примечание. В восточных районах II-III дорожно-климатических зон значения $l_{доп}$ следует увеличивать на 20-40 % (большие значения для облегченных и переходных дорожных одежд).

Расчет на морозоустойчивость необходимо выполнять для характерных участков или групп характерных участков дороги, сходных по грунтово-гидрологическим условиям, имеющим одну и ту же конструкцию дорожной одежды и схему увлажнения рабочего слоя земляного полотна.

При предварительной проверке на морозоустойчивость величину возможного морозного пучения следует определять по формуле:

$l_{пуч} = l_{пуч.ср.} K_{угв} K_{пл} K_{гр} K_{нагр} K_{вл}$, где

$l_{пуч.ср.}$ - величина морозного пучения при осредненных условиях, определяемая по рис. 12.8 в зависимости от толщины дорожной одежды (включая дополнительные слои основания), группы грунта по степени пучинистости (см. табл. 12.32) и глубины промерзания ($z_{пр}$) по рис. 12.11;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

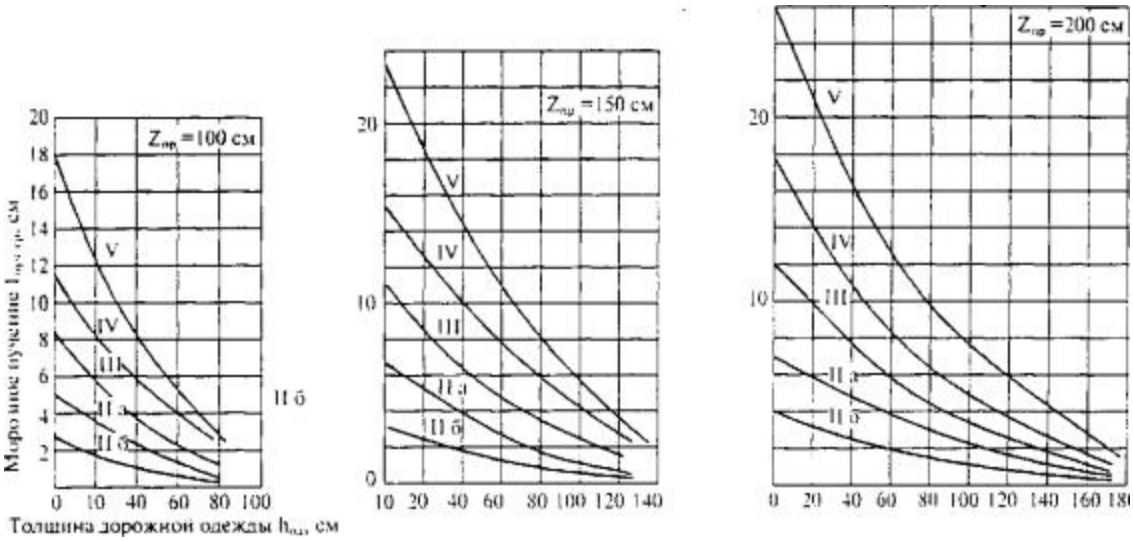


Рис. 12.8. Графики для определения осредненной ветчины морозного пучения $l_{пуч.ср.}$

1 - кривые (I*I*-V) выбирают в соответствии с табл. 12.33; 2 - кривую IIа выбирают при 2-й и 3-й схеме увлажнения рабочего слоя, кривую IIб - при 1-й схеме увлажнения

$K_{угв}$ - коэффициент, учитывающий влияние расчетной глубины залегания уровня грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод (H_g) (рис. 12.9); при отсутствии влияния грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод следует принимать: для супеси тяжелой и пылеватой и суглинка $K_{угв}$ - 0,53; для песка и супеси легкой и крупной $K_{угв}$ = 0,43;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

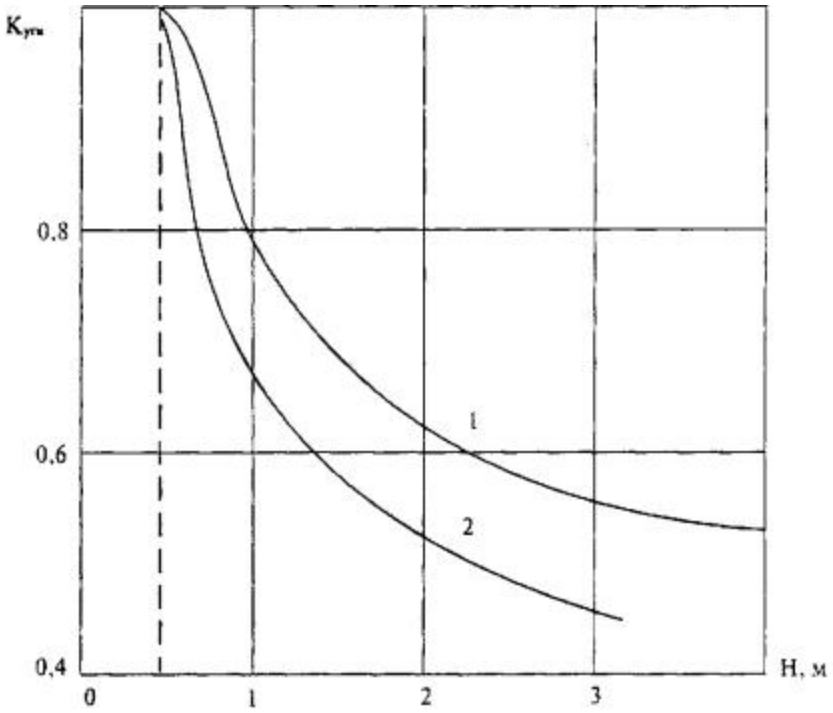


Рис. 12.9. Зависимость коэффициента $K_{угв}$ от расстояния от низа дорожной одежды до расчетного УГВ или УПВ:
1 - супесь пылеватая и тяжелая пылеватая, суглинок; 2 - песок, супесь легкая и легкая крупная

$K_{пл}$ - коэффициент, зависящий от степени уплотнения грунта рабочего слоя (табл. 12.35);

$K_{гр}$ - коэффициент, учитывающий влияние гранулометрического состава грунта основания насыпи или выемки (табл. 12.36);

$K_{нагр}$ - коэффициент, учитывающий влияние нагрузки от собственного веса вышележащей конструкции на грунт в промерзающем слое и зависящий от глубины промерзания (рис. 12.10);

$K_{вл}$ - коэффициент, зависящий от расчетной влажности грунта (табл. 12.37).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

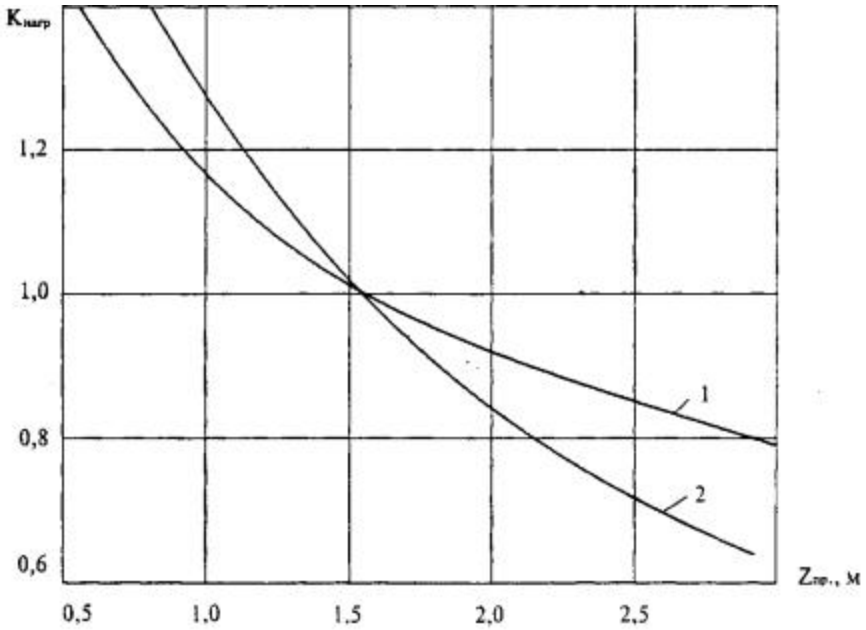


Рис. 12.10. Зависимость коэффициента $К_{нагр}$ от глубины промерзания $z_{пр}$ от поверхности покрытия:
1 - супесь пылеватая и тяжелая пылеватая, суглинок; 2 - песок, супесь легкая и легкая крупная

Таблица 12.35.

Рекомендуемые значения коэффициента $К_{пл}$

Коэффициент уплотнения $К_{упл}$	$К_{пл}$	$К_{пл}$
	песок пылеватый, супесь легкая и пылеватая, суглинки, глины	Пески кроме пылеватых, супесь легкая крупная
1,03-1,00	0,8	1,0
1,01-0,98	1,0	1,0
0,97-0,95	1,2	1,1
0,94-0,90	1,3	1,2

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

менее 0,90	1,5	1,3

Таблица 12.36.

Значения коэффициентов влияния гранулометрического состава грунта $K_{гр}$

Грунт	$K_{гр}$
Пески	1,0
Супеси	1,1
Суглинки	1,3
Глины	1.5

Таблица 12.37.

Рекомендуемые значения $K_{вл}$

Относительная влажность W/W_T	0,6 и менее	0,7	0,8	0,9
$K_{вл}$	1.0	1.1	1.2	1,3

Если данные натурных наблюдений отсутствуют, глубину промерзания дорожной конструкции допускается определять по формуле:

$z_{пр} = z_{пр(ср)} \times 1{,}38$, где

$z_{пр(ср)}$ - средняя глубина промерзания для данного района, устанавливаемая при помощи карт изолиний (см. рис. 12.11).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

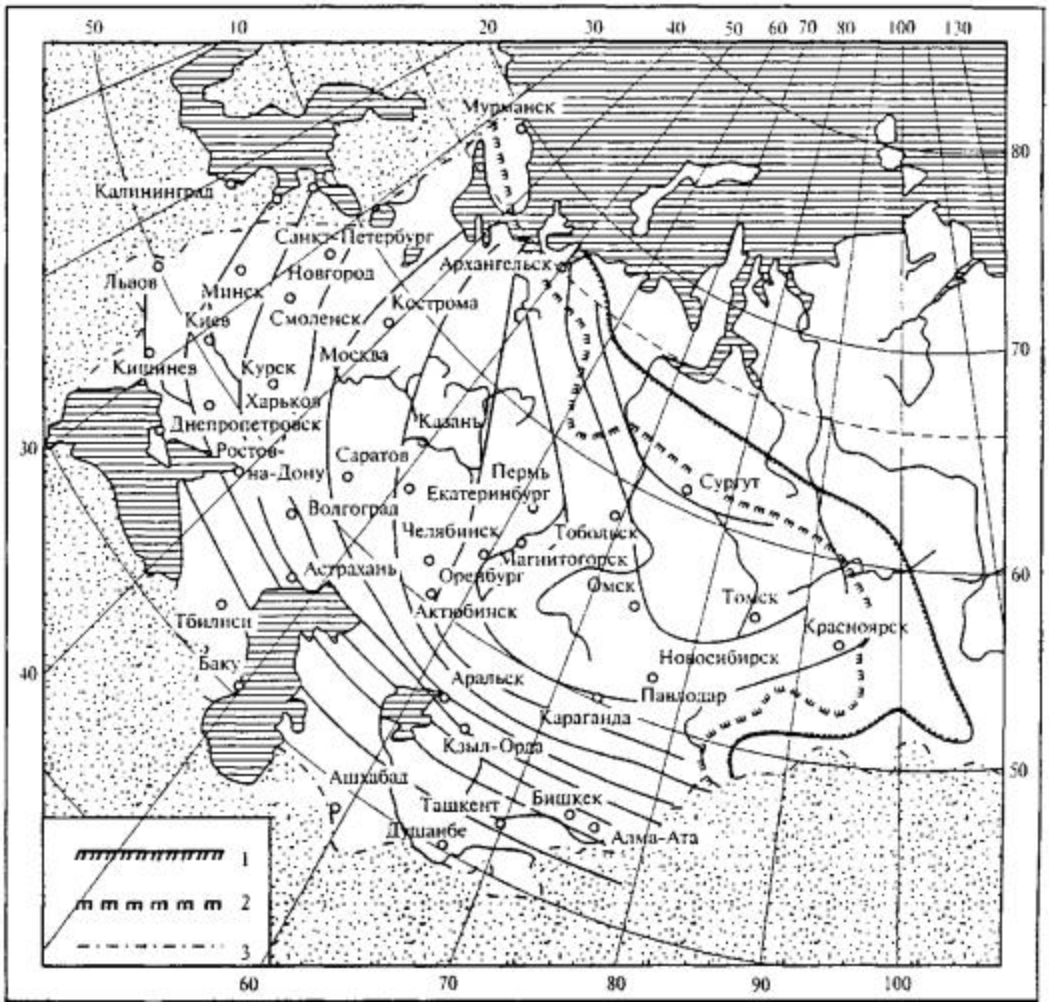


Рис. 12.11. Карта изолиний глубины промерзания $z_{пр(ср)}$ грунтов на территории СНГ:
1 - граница сплошного распространения вечномерзлых грунтов; 2 - то же, островного; 3 - границы стран СНГ

При глубине промерзания дорожной конструкции $z_{пр}$ до 2 м $l_{пуч.ср.}$ устанавливают по графикам на рис. 12.10. При $z_{пр}$ 2,0-3,0 м $l_{пуч.ср.}$ вычисляют по формуле:

$l_{пуч.ср.} = l_{пуч.ср.2.0} \times [a + b(z_{пр} - c)]$, где

$l_{пуч.ср.2.0}$ - величина морозного пучения при $z_{пр} = 2{,}0$ м;

$a = 1{,}0$; $b = 0{,}16$; $c = 2{,}0$ при $2{,}0 < z_{пр} < 2{,}5$;

$a = 1{,}08$; $b = 0{,}08$; $c = 2{,}5$ при $2{,}5 < z_{пр} < 3{,}0$;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Если при расчетном сроке службы до 10 лет полученная величина возможного пучения будет превышать допустимую (см. табл. 12.34), а при сроке службы более 10 лет будет превышать 80 % от требуемой, необходимо рассмотреть вариант устройства морозозащитного слоя. В этом случае предварительно определяют ориентировочно требуемую толщину морозоустойчивой конструкции дорожной одежды, используя графики на рис. 12.8. Для этого, зная допустимую величину морозного пучения $l_{пуч.ср}$, рассчитывают среднюю величину морозного пучения $l_{пуч.ср.}$ по формуле:

$$l_{пуч.ср.} = \frac{l_{доп}}{K_{уве} K_{пл} K_{гр} K_{нагр} K_{ел}}.$$

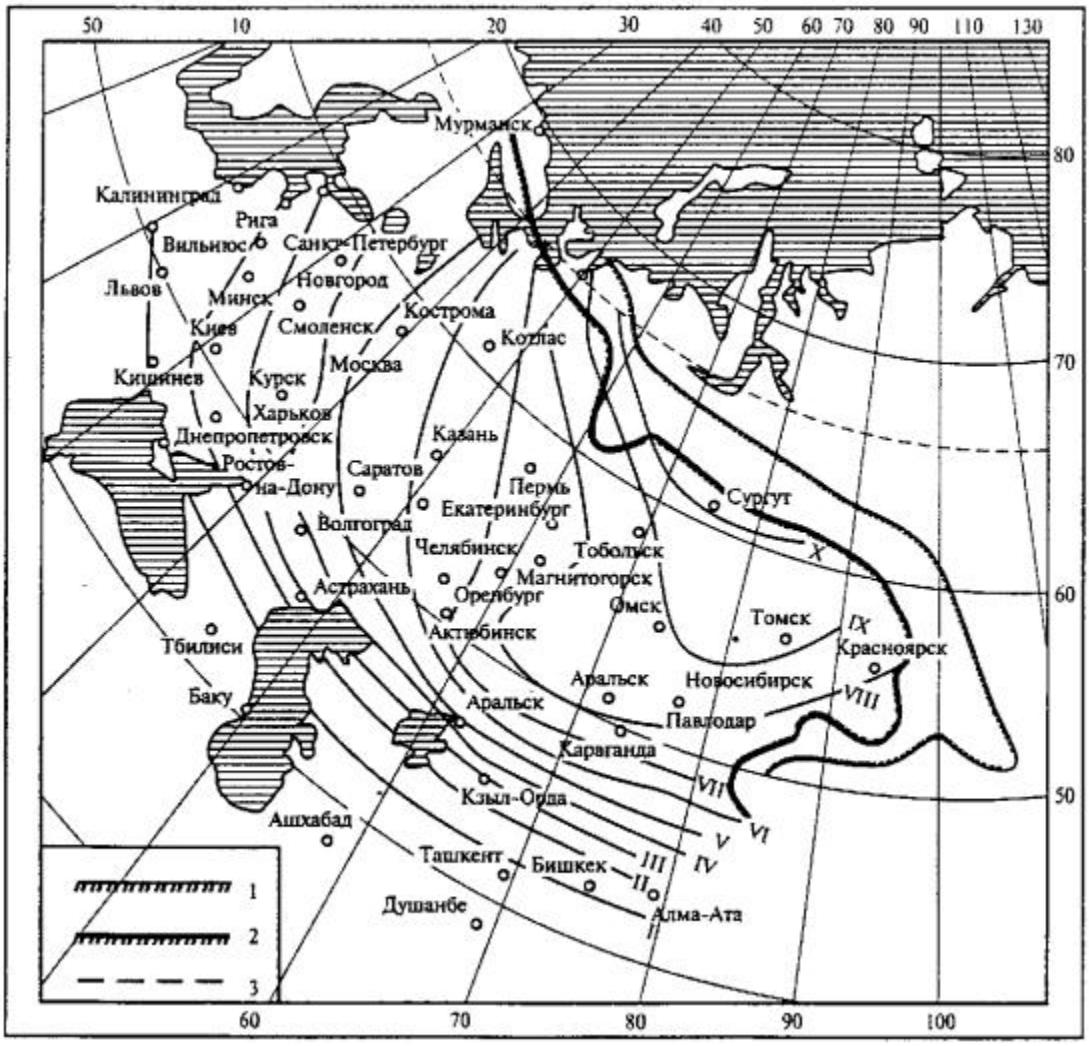


Рис. 12.12. Карта с изолиниями для определения требуемых значений термического сопротивления дорожной одежды:
I-X- номера изолиний; 1 - граница сплошного распространения вечномерзлых грунтов; 2 - то же, островного; 3 - Северный полярный круг

Затем по графику на рис. 12.8 в соответствии с группой грунта по степени пучинистости определяют $h_{од}$.

Уточненный расчет толщины морозозащитного слоя $h_{мз}$ выполняют по термическому сопротивлению конструкций. Для этого необходимо иметь следующие исходные данные:

географическое местоположение рассматриваемого участка дороги;

конструкцию дорожной одежды (наименование и толщина слоев), необходимую по условиям прочности и дренирования;

схему увлажнения рабочего слоя земляного полотна (1,2 или 3) и расчетную глубину залегания подземных вод от поверхности покрытия;

наименование грунтов земляного полотна;

расчетный срок службы дорожной одежды.

Толщину морозозащитного слоя $h_{мз}$ определяют по формуле:

$$h_{мз} = (R_{од(тр)} - R_{од(о)})\, l_{мз} \quad (12.12)$$

$R_{од(о)}$ - термическое сопротивление рассматриваемой конструкции дорожной одежды, м^{2}К/Вт;

$R_{од(тр)}$ - требуемое в данных условиях термическое сопротивление дорожной одежды, м^{2}К/Вт;

$l_{мз}$ - коэффициент теплопроводности морозозащитного слоя, равный среднеарифметическому значению коэффициентов теплопроводности материала слоя в талом и мерзлом состояниях, Вт/(мК).

При отсутствии фактически замеренных значений в расчет допускается включать табличные значения $l_{мз}$ (табл. 12.38).

Таблица 12.38.

Рекомендуемые значения коэффициента теплопроводности $l_{мз}$

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

№ п/п	Материал, грунт	Плотность r, кг/м^3	Коэффициент теплопроводности l, Вт/(мК)
1	Асфальтобетон горячий плотный	2400	1,40
	То же, пористый	2300	1,25
	То же. высокопористый, в том числе битумопесчаная смесь (ТУ 218 РСФСР)	2200-1900	1,10-1,00
2	Аглопоритовый щебень. обработанный вязким битумом	800	0,23
3	Керамзитовый гравий, обработанный вязким битумом	1100	0,64
4	Гравий (щебень) с легкими заполнителями, обработанные вязким битумом	2000	0,52
5	Супесь, укрепленная 10 %-ой эмульсией	1700-1900	1,456
6	Цементобетон	2400	1,74
7	Песок разномерный, укрепленный 6-10 % цемента	2100	1,86
8	Песок мелкий, одномерный, укрепленный 10 % цемента	2100	1,62
9	Цементогрунт с керамзитом:		

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

	песок - 75 % (массы), керамзит - 25 %, цемент - 5 %	1500-1600	
10	Цементогрунт с гранулами полистирола:		
	песок 97-98 %, гранулы полистирола 3-2 %, цемент 7-6 %	1300-1500	0,41-0,58
11	Битумоцементогрунт с перлитом, состава:		
	перлитовый щебень 25-20 %, песок 75-80 %, цемент 3-4 %, битум 12-10 % (от массы песка, перлита и цемента)	1400	0,52-0,58
12	Цементогрунт с аглопоритом, состава:		
	супесь или песок 70-80 %,		
	аглопорит 30-20 %,	1700-1800	0,64-0,75
	цемент 6 %		
13	Шлакобетон	1600	0,58
14	Керамзитобетон	1400	0,75
15	Стиропорбетон	1000-1100	0,23
16	Слабопрочные известняки, укрепленные известью	2000	1,16

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

17	Суглинок, укрепленный 6-12 % цемента	1750-1900	1,45
18	Суглинок, укрепленный 2-5 % цемента и 6-2 % известью	1800-1900	1,33
19	Супесь, укрепленная 8-10 % цемента	1700-1900	1,51
20	Пенопласт	38,5-60	0,03-0,052
21	Пеноплэкс	38,5-50	0,03-0,032
22	Каменноугольная золошлаковая смесь, укрепленная 6-8 % цемента	1600	0,7
23	Шлак топочный	800	0,46
24	Щебень из гранита	1800	1,86
25	Щебень из известняка	1600	1,39
26	Гравий	1800	1,86
27	Песок крупный талый	2000	1,74
	То же, мерзлый	2000	2,32
28	Песок средней крупности талый	1950	1,91
	То же, мерзлый	1950	2,44

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

29	Песок мелкий талый	1850	1,91
	То же, мерзлый	1750	2,32
30	Песок пылеватый талый	1750	1,80
	То же, мерзлый	1750	2,20
31	Супесь талая	2100	1,80
	То же, мерзлая	2100	2,03
32	Суглинок и глина талые	2000	1,62
	То же, мерзлые	2000	1,97
33	Лессы талые	1500	1,51
	То же, мерзлые	1500	2,09
34	Одномерный гранитный щебень, обработанный вязким битумом	1850	1,28
35	Гравийно-песчаная смесь	2000	2,10
36	Гравийно-песчаная смесь, укрепленная 10 % цемента	2000	2,02

$R_{од(тр)}$ определяют в зависимости от номера изолинии на карте (рис. 12.12), соответствующей географическому положению рассматриваемого участка дороги. При расположении участка между изолиниями определяют два значения $R_{од(тр)}$ и вычисляют два значения $h_{мз}$, соответствующих этим значениям. Искомую толщину

морозозащитного слоя определяют методом интерполяции в зависимости от расстояния от рассматриваемого участка дороги до соседних изолиний.

Термическое сопротивление дорожной одежды $R_{од(о)}$ вычисляют по формуле:

$$R_{од(о)} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n_{од}} h_{од(i)}}{\lambda_{од(i)}}, \text{м}^2\text{К/Вт},$$ где

$n_{од}$ - число конструктивных слоев дорожной одежды без морозозащитного слоя;

$h_{од(i)}$ - толщина i-го слоя, м;

$l_{од(i)}$ - коэффициент теплопроводности отдельных слоев в мерзлом состоянии, Вт/(мК).

Величину требуемого термического сопротивления $R_{од(тр)}$ вычисляют по формуле:

$R_{од(тр)} = R_{пр} \times K_{од} \times K_{увл} \times d$, где

$R_{пр}$ - приведенное термическое сопротивление, определяемое при помощи номограммы (рис. 12.13);

$K_{од}$ - коэффициент, учитывающий срок службы дорожной одежды между капитальными ремонтами (табл. 12.39);

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

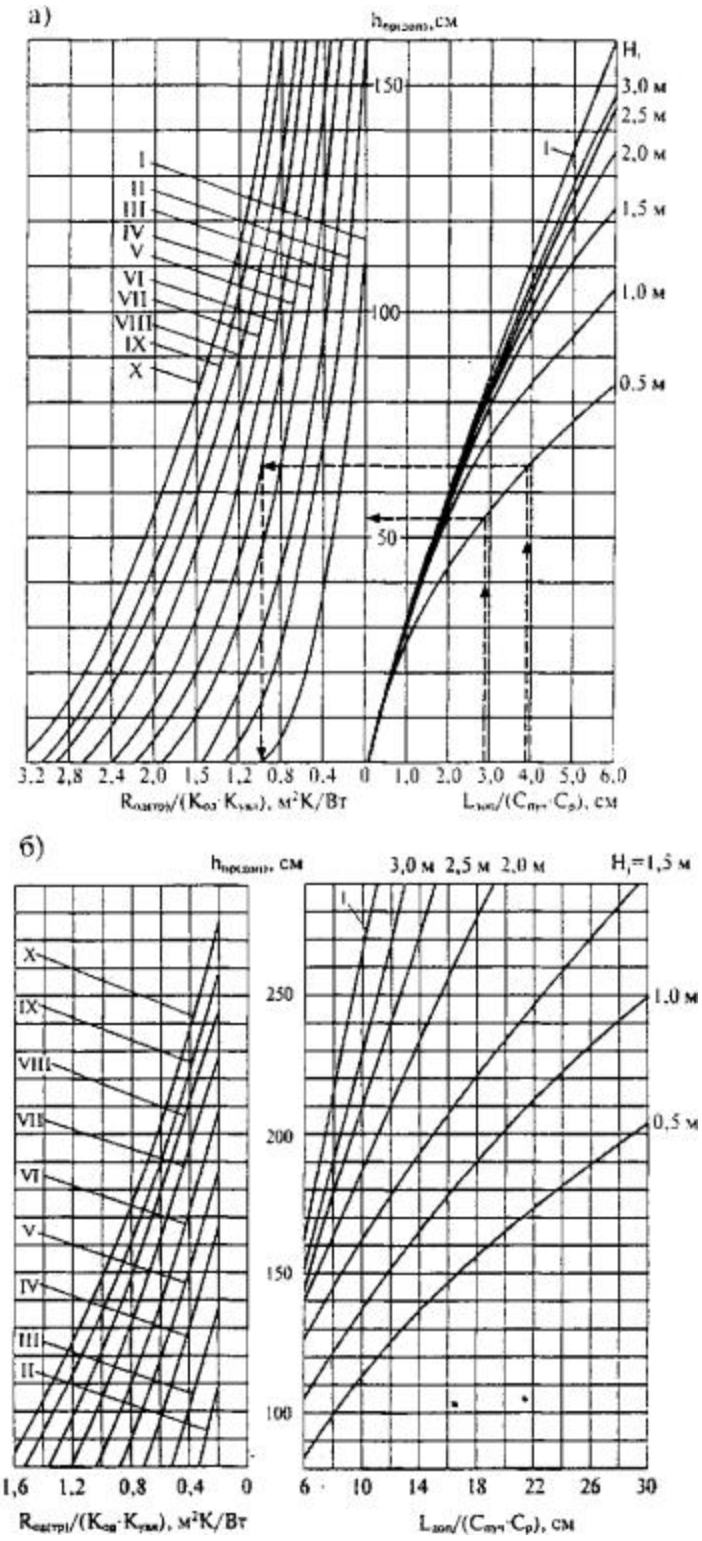


Рис. 12.13. Номограмма для определения требуемого термического сопротивления дорожной одежды $R_{од(тр)}$:
I-X - номера изолиний на карте (рис. 12.12); 1 - кривая расчета для 1-го и 2-го типов

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

увлажнения рабочего слоя земляного полотна; H_g - глубина залегания расчетного УГВ от низа дорожной одежды, включая морозозащитный слой

Таблица 12.39.

Рекомендуемые значения коэффициента $K_{од}$

№ изолинии на карте (рис. 12.12)	Значение коэффициента $K_{од}$ при сроке службы дорожной одежды между капитальными ремонтами		
	до 10 лет	10 лет	20 лет
I-II	0,70	0,85	1.0
III-X	0,80	0,90	1,0

$K_{увл}$ - коэффициент, учитывающий схему увлажнения рабочего слоя земляного полотна, принимаемый при 2-й и 3-й схемах увлажнения равным единице, а при 1-й схеме увлажнения - по табл. 12.40;

Таблица 12.40.

Рекомендуемые значения коэффициента $K_{увл}$

№ изолинии на карте (см. рис. 12.12)	Значение коэффициента $K_{увл}$ при первой схеме увлажнения рабочего слоя земляного полотна
I	0,8
II	0,65
III	0,55
IV	0,45

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

V	0,40
VI	0,35
VII	0,30
VIII	0,30
IX	0,25
X	0,25

d - понижающий коэффициент, принимаемый для II_1, II_3 и II_5 дорожно-климатических подзон равным 1,0; для II_2, II_4 и II_6 подзон - равным 0,95; для III дорожно-климатической зоны равным 0,90; для IV дорожно-климатической зоны равным 0,85.

Для определения $R_{пр}$ по номограмме на рис. 12.13 применяют метод итерации через отношение $l_{доп}/(C_{пуч}C_р)$ (горизонтная ось номограммы). Значения $l_{доп}$, $C_{пуч}$ и $C_р$ определяют соответственно по табл. 12.34, 12.41 и 12.42.

Таблица 12.41.

Значения показателя $C_{пуч}$

№ изолинии на карте (см. рис. 12.12)	Значение показателя $C_{пуч}$ для грунтов:			
	Слабопучинистых	Пучинистых	Сильнопучинистых	Чрезмернопучинистых
I	0,70	1,40	2,10	2,80
II	0,60	1,25	1,85	2,50

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

III	0,55	1,10	1,65	2,20
IV	0,50	1,00	1,50	2,00
V	0,45	0,90	1,35	1,80
VI	0,40	0,80	1,20	1,60
VII	0,30	0,60	0,90	1,20
VIII	0,25	0,50	0,75	1,00
IX	0,20	0,40	0,60	0,80

Примечание. Группу грунта по степени пучинистости допускается определять с помощью табл. 12.32 и 12.33.

Таблица 12.42.

Значения коэффициента C_p

Грунт земляного полотна	Значение коэффициента C_p в зависимости от толщины дорожной одежды $h_{од}$, м и допустимой глубины промерзания $h_{пр(доп)}$, см								
	$h_{од}$ = 0,5			$h_{од}$ = 1,0		$h_{од}$ = 1,5		$h_{од}$ = 2,0	
	$h_{пр(доп)}$			$h_{пр(доп)}$		$h_{пр(доп)}$		$h_{пр(доп)}$	
	0-50	51-100	>100	0-100	> 100	0-100	> 100	0-100	> 100
Песок пылеватый	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45	0,40	0,40	0,35

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Супесь легкая	0,70	0,65	0,60	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45
Супесь пылеватая	0,75	0,70	0,65	0,65	0,60	0,60	0,55	0,55	0,50
Суглинок легкий, суглинок легкий пылеватый	0,80	0,75	0,70	0,70	0,65	0,65	0,60	0,60	0,55
Суглинок тяжелый, суглинок тяжелый пылеватый, глина	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70	0,65	0,65	0,60

Примечание. При промежуточных значениях толщины дорожной одежды следует принимать значение C_p по интерполяции соответствующих величин.

При назначении величины C_p по табл. 12.42 подбирают допустимую глубину промерзания $h_{пр(доп)}$ таким образом, чтобы получаемому значению отношения $l_{доп}/(C_{пуч}C_p)$ соответствовала величина $h_{пр(доп)}$ на вертикальной оси номограммы, равная принятой при определении C_p. Подбор нужно начинать со значения $h_{пр(доп)}$ соответствующего наименьшей допустимой глубине промерзания.

Расстояние H_g от низа дорожной одежды до уровня подземных вод, необходимое для использования номограммы, определяют, приняв за исходную, полученную по графику на рис. 12.13 ориентировочную толщину морозозащитного слоя $h_{мз}$ и вычислив при заданном $h_{мз}$ общую толщину дорожной одежды $h_{од}$.

При глубине залегания подземных вод на участке дороги, отличающейся от указанных на номограмме, нужно определить два значения $R_{пр}$. Одно - при значении H_g на номограмме более, а другое - при значении H_g на номограмме менее данного. Искомое значение $R_{пр}$ устанавливают методом интерполяции между соответствующими величинами.

После завершения расчета толщины морозозащитного слоя по формуле (12.12) сравнивают полученное значение $h_{мз}$ с предварительно назначенной величиной $h_{мз}$. Разница не должна быть более 5 см. В противном случае расчет необходимо повторить.

Расчет толщины теплоизолирующего слоя осуществляют также как и морозозащитного. В расчет следует включать толщину дорожной одежды, необходимую по условиям обеспечения прочности и дренирования, а также

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

значения показателя пучинистости грунта $C_{пуч}$ (табл. 12.43); толщину теплоизолирующего слоя следует определять по графику (рис. 12.14) в зависимости от $R_{од(тр)}$ и $R_{од(о)}$.

Таблица 12.43.

Значения показателя $C_{пуч}$

Значения показателя $C_{пуч}$ для грунтов			
Слабопучинистых	Пучинистых	Сильнопучинистых	Чрезмернопучинистых
0,50	1.0	1.5	2.0

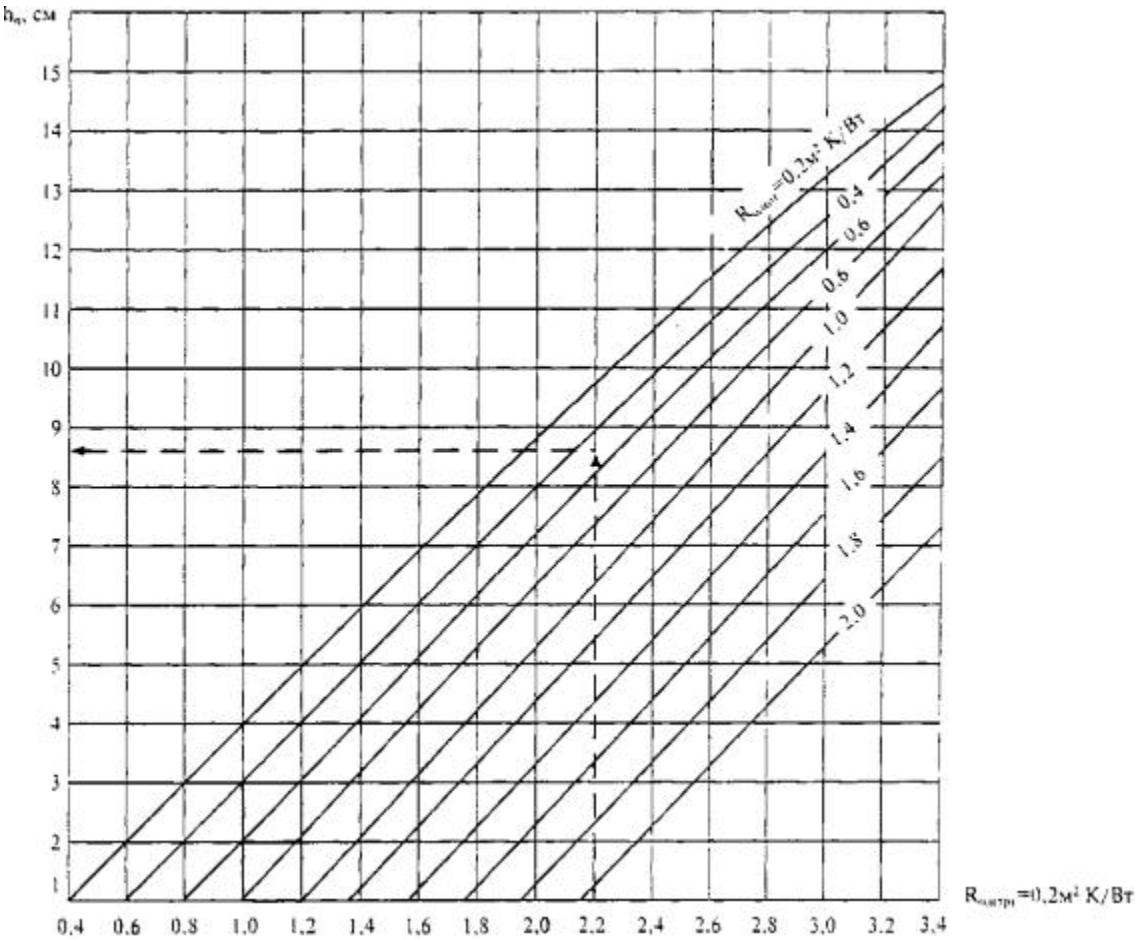


Рис. 12.14. График для определения необходимой толщины теплоизолирующего слоя из пенопласта

Пенопласт, используемый для устройства теплоизолирующего слоя должен удовлетворять следующим требованиям: прочность на сжатие при 10 % линейной деформации не менее 0,40 МПа, предел прочности при изгибе не менее 0,70 МПа, водопоглощение по объему не более 0,45; теплопроводность не более 0,032 Вт/(мК) (при методах испытания по действующим ГОСТам). Выбор нужной марки пенопласта следует проводить с учетом результатов опытной проверки на дорогах.

Если рабочий слой земляного полотна включает два слоя из грунтов с различной пучиностостью (что может быть предусмотрено в целях сокращения объемов привозного менее пучинистого грунта), толщину морозозащитного слоя при верхней части рабочего слоя из менее пучинистого грунта следует рассчитывать по формуле:

$$h_{м1} = h_{мз1} + \frac{(h_{мз2} - h_{мз1})(h_{мз1} + h_{пр(доп)} - \Delta\vartheta_{гр})}{(h_{мз1} + h_{пр(доп)})},$$ где

$h_{мз1}$ - толщина морозозащитного слоя, которая необходима в случае полной замены местного грунта на привозной менее пучинистый, м;

$h_{мз2}$ - толщина морозозащитного слоя, которая необходима при однослойной конструкции земляного полотна из местного грунта, м;

$h_{пр(доп)}$ - допустимая глубина промерзания земляного полотна в случае полной замены местного грунта на привозной менее пучинистый, м;

D$u_{гр}$ - толщина слоя замены грунта от низа дорожной одежды (без морозозащитного слоя), конструкция которой обеспечивает прочность и дренирование, м.

Расчет значений $h_{мз1}$, $h_{мз2}$ и $h_{пр(доп)}$ изложен ранее. Максимальное значение D$u_{гр}$ равно $h_{мз1} + h_{пр(доп)}$.

Расчет толщины теплоизолирующего слоя при замене верхней толщи земляного полотна на менее пучинистый грунт следует проводить также как для морозозащитного слоя.

Для определения величины морозного пучения требуемой толщины морозозащитного или теплоизолирующего слоя может быть использована также методика, основанная на определении коэффициента влагопроводности грунта $К_{вл}$.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Методику рекомендуется использовать в порядке накопления опыта ее применения (см. ОДН 218.046-01).

12.8. Осушение дорожной одежды и земляного полотна

Дренажная конструкция (дренирующий слой и водоотводящие устройства) необходима при традиционных конструкциях дорожных одежд со слоями из зернистых материалов на участках с земляным полотном из слабофильтрующих грунтов (пылеватых песков, непылеватых песков с коэффициентом фильтрации менее 0,5 м/сут, глинистых грунтов) во II дорожно-климатической зоне при всех схемах увлажнения рабочего слоя земляного полотна, в III зоне - при 2-й и 3-й схемах, в IV и V зонах только при 3-й схеме (табл. 12.44).

Таблица 12.44.

Условия применения дренажных конструкций

Схема увлажнения рабочего слоя	Источники увлажнения	Условия отнесения к данному типу увлажнения

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

1	Атмосферные осадки	Для насыпей на участках 1-го типа местности по условиям увлажнения.
		Для насыпей на участках местности 2-го и 3-го типов по условиям увлажнения при возвышении поверхности покрытия над расчетным уровнем грунтовых и поверхностных вод или над поверхностью земли более чем в 1,5 раза превышающем требования табл. 12.45.
		Для насыпей на участках 2-го типа при расстоянии от уреза поверхностной воды (отсутствующей не менее 2/3 летнего периода) более 5-10 м при супесях; 2-5 м при легких пылеватых суглинках и 2 м при тяжелых пылеватых суглинках и глинах (меньшие значения следует принимать для грунтов с большим числом пластичности; при залегании различных грунтов принимать большие значения).
		В выемках в песчаных и глинистых грунтах при уклонах кюветов более 20 ‰ (в *I*-III дорожно-климатических зонах) и при возвышении поверхности покрытия над расчетным горизонтом грунтовых вод более чем в 1,5 раза превышающем требования табл. 12.45.
		При применении специальных методов регулирования водно-теплового режима (капилляропрерывающие, гидроизолирующие, теплоизолирующие и армирующие прослойки, дренаж и т.п.), назначаемых по специальным расчетам.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

2	Кратковременно стоящие (до 30 сут) поверхностные воды, атмосферные осадки	Для насыпей на участках 2-го типа местности по условиям увлажнения при возвышении поверхности покрытия не менее требуемого по табл. 12.45 и не более, чем в 2 раза превышающем эти требования и при крутизне откосов не менее 1:1,5 и простом (без берм) поперечном профиле насыпи.
		Для насыпей на участках 3-го типа местности при применении специальных мероприятий по защите от грунтовых вод (капилляропрерывающие слои дренаж), назначаемых по специальным расчетам, отсутствии длительно (более 30 сут) стоящих поверхностных вод и выполнении условий предыдущего абзаца.
		В выемках в песчаных и глинистых грунтах при уклонах кюветов менее 20 ‰ (в I, II зонах) и возвышении поверхности покрытия над расчетным уровнем грунтовых вод более чем в 1,5 раза превышающем требования табл. 12.45.
3	Грунтовые или длительно (более 30 сут) стоящие поверхностные воды; атмосферные осадки	Для насыпей на участках 3-го типа местности по условиям увлажнения при возвышении поверхности покрытия, отвечающем требованиям табл. 12.45, но не превышающем их более чем в 1,5 раза. То же, для выемок, в основании которых имеется уровень грунтовых вод, расположение которого по глубине не превышает требований табл. 12.45 более чем в 1,5 раза.

Таблица 12.45.

Наименьшее возвышение поверхности покрытия

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Грунт рабочего слоя	Наименьшее возвышение поверхности покрытия, м, в пределах дорожно-климатических зон			
	II	III	IV	V
Песок мелкий, супесь легкая крупная, супесь легкая	1,1/0,9	0,9/0,7	0,75/0,55	0,5/0,3
Песок пылеватый, супесь пылеватая	1,5/1,2	1,2/1,0	1,1/0,8	0,8/0,5
Суглинок легкий, суглинок тяжелый, глины	2,2/1,6	1,8/1,4	1,5/1,1	1,1/0,8
Супесь тяжелая пылеватая, суглинок легкий пылеватый, суглинок тяжелый пылеватый	2,4/1,8	2,1/1,5	1,8/1,3	1,2/0,8

Примечание. Над чертой - возвышение поверхности покрытия над уровнем грунтовых вод, верховодки или длительно (более 30 сут) стоящих поверхностных вод, под чертой - то же, над поверхностью земли на участках с необеспеченным поверхностным стоком или над уровнем кратковременно (менее 30 сут) стоящих поверхностных вод.

Схему увлажнения на участках дороги, где в придорожной полосе застаивается вода, определяют с учетом расстояния l_y от бровки земляного полотна до уреза воды, застаивающейся осенью в придорожной полосе. Величину безопасного расстояния l_y можно определить по специальной методике. При отсутствии фактических данных, необходимых для расчета, следует принимать l_y для супесей равной 10 м, для суглинков легких и пылеватых 3 м, для суглинков тяжелых и глин 2 м.

Дренажная система дорожной одежды включает: плоскостной горизонтальный дренаж, дополняемый, если требуется, прикромочным дренажом, а также поперечным дренажем мелкого заложения.

При устройстве всех слоев дорожной одежды из монолитных материалов в качестве плоскостного горизонтального дренажа при соответствующем технико-

экономическом обосновании допускается применять вместо дренирующего слоя прослойку из геотекстиля толщиной не менее 4 мм с коэффициентом фильтрации не менее 50 м/сут с выпуском полотнищ на откосы насыпи на высоту не менее 0,5 м. Выбор геотекстиля в этом случае производится по специальным указаниям.

Проектирование мероприятий по дренированию дорожной одежды осуществляют в такой последовательности:

дорогу разделяют на типичные участки по виду продольного профиля и природным условиям (характер рельефа местности, наличие водотоков пересекающих дорогу и др.) с учетом особенностей конструкции земляного полотна (насыпь высотой, отвечающей СНиП, выемка, насыпь ниже требуемой по СНиП, переходный участок от насыпи к выемке) и дорожной одежды (наличие монолитных слоев основания, а также морозозащитных или теплоизоляционных слоев из укрепленных материалов), обеспеченности материалами для дренирующего слоя, дренажных труб и геотекстиля; осуществления мер по ограничению притока воды в дорожную конструкцию;

для типичных участков определяют количество воды, поступающей в основание за сутки и за расчетный период с учетом предусмотренных мер по ограничению притока воды в дорожную конструкцию;

намечают варианты дренажных конструкций;

обосновывают расчетом толщину дренирующего слоя, необходимую в данных условиях, или определяют, каким значением коэффициента фильтрации должен обладать дренирующий материал в заданной дренажной конструкции.

При проектировании дренирующего слоя требуется помимо осушения учитывать необходимость обеспечения сдвигоустойчивости самого зернистого материала и прочности всей дорожной конструкции.

Дренаж проектируют с учетом объема притока воды, поступающей в основание дорожной одежды в расчетный период, фильтрационной способности материала дренирующего слоя и конструкции земляного полотна.

Комбинированный плоскостной горизонтальный дренаж является универсальным мероприятием для большинства участков дорог.

Поперечный дренаж мелкого заложения устраивают для поперечного перехвата воды, движущейся в дренирующем слое вдоль дороги, на участках с продольным уклоном свыше 20 ‰, также с затяжными продольными уклонами, превышающими поперечные, в местах вогнутых вертикальных кривых и в местах уменьшения продольных уклонов.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Дренирующий слой, работающий по принципу «осушения», необходимо устраивать из песчаных грунтов или высокопроницаемой скелетной смеси (щебня или гравия) открытого типа (с незаполненными пустотами), отвечающих определенным требованиям по водопроницаемости, и укладывать этот слой под дорожной одеждой на всю ее ширину. При этом необходимо обеспечить выходы дренирующего слоя на откос. Дренирующий слой устраивают также с дренажными трубами для сбора и быстрого отвода воды за пределы земляного полотна. Следует предусматривать противозаиливающую защиту дрен и дренирующих слоев, а также недопущение замерзания воды в выпусках труб.

При устройстве дренирующих слоев, работающих по принципу «поглощения», требуется устраивать более мощные слои из песчаного грунта и принимать в расчет на прочность дорожной одежды значения прочностных характеристик песчаного грунта с учетом более продолжительного периода его нахождения в неблагоприятном расчетном состоянии.

Для устройства дренирующего слоя, работающего по принципу «осушения», следует применять материалы с коэффициентом фильтрации не менее 1 м/сут. Материал с коэффициентом фильтрации 1-2 м/сут целесообразно применять на участках, где он одновременно выполняет дренирующие и морозозащитные функции.

Целью расчета дренажной конструкции является определение требуемой толщины дренирующего слоя из дискретных материалов. При проектировании дренирования дорожных одежд в районах сезонного промерзания грунтов учитываются два расчетных этапа работы дренажных конструкций. Первый относится к периоду, когда основание дорожной одежды под серединой проезжей части уже оттаяло, а дренирующий слой у ее краев находится еще в мерзлом состоянии и водоотводящие устройства не работают.

Второй расчетный этап относится ко времени, когда дренирующий слой полностью оттаял и водоотводящие устройства начали нормально работать.

В зависимости от конкретных условий дренаж может быть рассчитан на один из трех вариантов работы:

работа на осушение;

работа на осушение с периодом запаздывания отвода воды;

работа на поглощение.

Полную толщину дренирующего слоя определяют по формуле:

$h_n = h_{нас} - h_{зап}$, где

$h_{нас}$ - толщина слоя, полностью насыщенного водой, м;

$h_{зап}$ - дополнительная толщина слоя, зависящая от капиллярных свойств материала и равная для песков крупных 0,10-0,12 м, средней крупности 0,14-0,15 м и мелких 0,18-0,20 м.

Во всех случаях полную толщину дренирующего слоя следует принимать не менее 0,20 м.

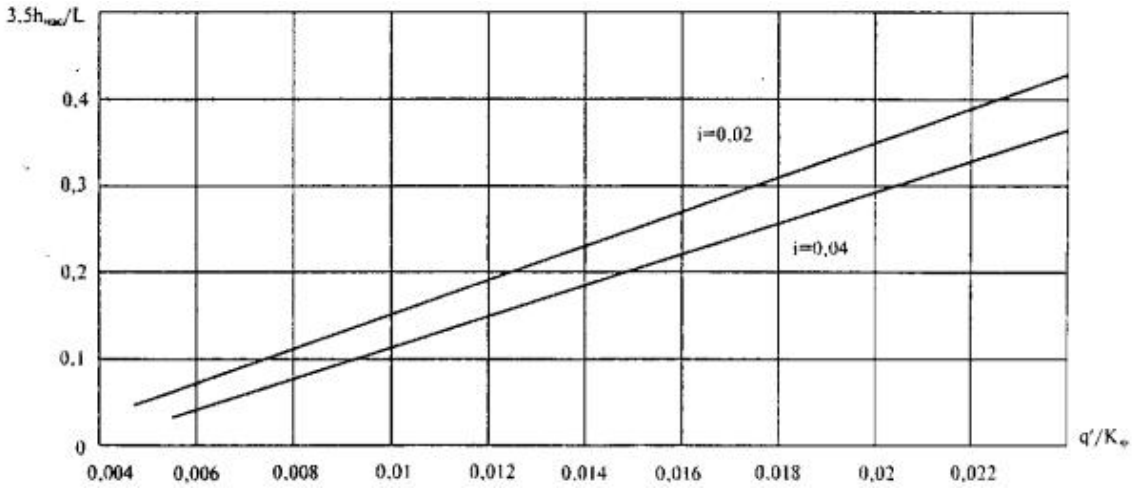


Рис. 12.15. Номограмма для расчета толщины $h_{нас}$ дренирующего слоя из песков мелких и средней крупности, а также крупнозернистых с коэффициентом фильтрации менее 10 м/сут. При односкатном поперечном профиле $q' = q_p B$, м^3/м; при двускатном поперечном профиле $q = 0{,}5 q_p B$, м^3/м; B - ширина проезжей части, м; L - длина пути фильтрации, м, равная B при односкатном профиле и $0{,}5B$ при двускатном

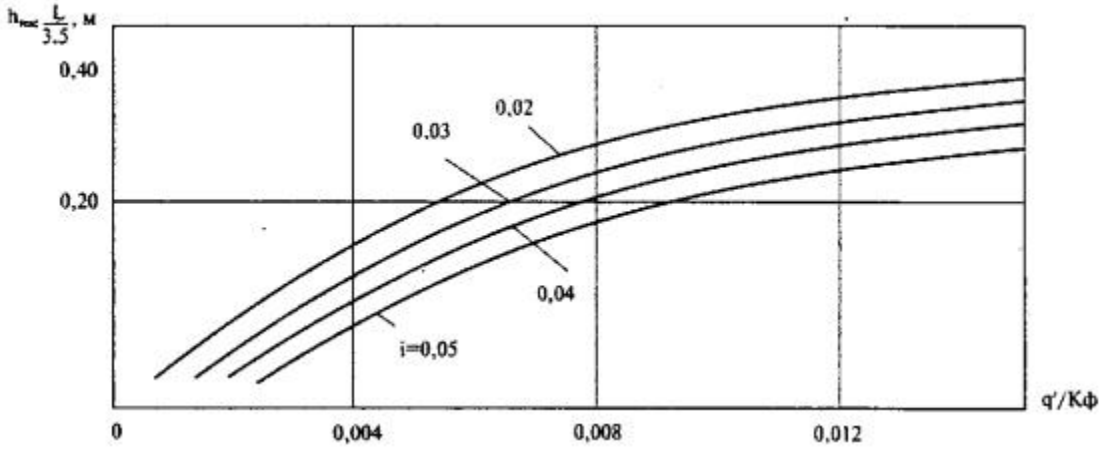


Рис. 12.16. Номограмма для расчета дренирующего слоя из крупных песков с коэффициентом фильтрации более 10 м/сут:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

L - длина пути фильтрации, м, равная B при односкатном профиле и 0,5B при двускатном; i - поперечный уклон низа дренирующего слоя; $K_ф$ - коэффициент фильтрации, м/сут

Для дренирующего слоя, работающего по принципу «осушения», величину $h_{нас}$ устанавливают с помощью номограмм (рис. 12.15 и 12.16) в зависимости от длины пути фильтрации L и расчетной величины притока воды в дренирующий слой на 1 м^2 $q_р$, определяемой по формуле:

$q_р = qK_пK_гK_{вог}K_р$:1000, м^3/м^2,
где
(12.13)

q - осредненное (табличное) значение притока воды в дренирующий слой при традиционной конструкции дорожной одежды, отнесенное к 1 м^2 проезжей части, л/м^2 (табл. 12.46);

Таблица 12.46.

Осредненное количество воды, поступающей в дренирующий слой , q, л/м^2

Дорожно-климатическая зона	Схема увлажнения рабочего слоя земляного полотна	Объем воды, поступающей в основание дорожной одежды, q, л/м^2			
		Супесь легкая и песок пылеватый	Суглинок и глина	Суглинок пылеватый	Супесь пылеватая
II	1	15/2,5	20/2	35/3	80/3,5
	2	25/3	50/3	80/4	130/4,5
	3	60/3,5	90/4	130/4,5	180/5
III	1	10/1,5	10/1,5	15/2	30/3
	2	15/2	25/1	30/2,5	40/3

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

	3	25/2,5	40/2,5	50/3,5	60/4
IV и V	3	20/2	20/2	30/2,5	40/3

Примечания: 1. В числителе дан общий объем воды Q, л/м^2, поступающей в основание за весь расчетный период, в знаменателе - за сутки (q). Для насыпей, возведенных из непылеватых грунтов высотой более, чем требуется по СНиП (табл. 12.45), во II дорожно-климатической зоне принимают q = 1,5 л/м^2×сут.

2. При наличии разделительной полосы для участков, проходящих в нулевых отметках, насыпей высотой менее, чем требуется по СНиП, во II зоне расчетные значения q повышают на 20 %.

K_n - коэффициент "пик", учитывающий неустановившийся режим поступления воды из-за неравномерного оттаивания и выпадения атмосферных осадков (табл. 12.47);

$K_г$ - коэффициент гидрологического запаса, учитывающий снижение фильтрационной способности дренирующего слоя в процессе эксплуатации дороги (см. табл. 12.47);

Таблица 12.47.

Значения коэффициентов K_n и $K_г$

Дорожно-климатическая зона	Схема увлажнения	K_n для непылеватых грунтов	Пылеватые грунты	
			K_n	$K_г$
II	1	1,5	1,5	1,0/1,0
	2	1,5	1,6	1,2/1,2
	3	1,6	1,7	1,3/1,2
III	1	1,4	1,5	1,0/1,0

	2	1,4	1,5	1,1/1,0
	3	1,5	1,6	1,2/1,1
IV и V	3	1,5	1,3	1,1/1,0

Примечания: 1. Для непылеватых грунтов $K_г = 1,0$.

2. В числителе указаны значения $K_г$ для дорог I и II категорий, а в знаменателе - для III и IV категорий.

$K_{вог}$ - коэффициент, учитывающий накопление воды в местах изменения продольного уклона, определяемый при одинаковом направлении участков профиля у перелома по номограмме рис. 12.17;

$K_р$ - коэффициент, учитывающий снижение притока воды при принятии специальных мер по регулированию водно-теплового режима (табл. 12.48).

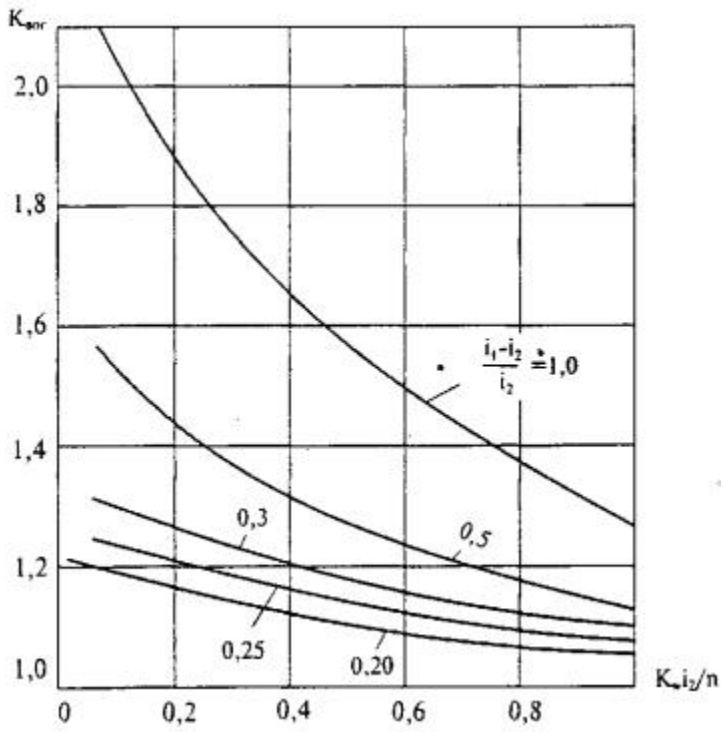


Рис. 12.17. Номограмма для определения коэффициента $K_{вог}$ увеличения объема воды в дренирующем слое в местах изменения вогнутого профиля:

i_1, i_2 - продольные уклоны выше и ниже перелома профиля; $K_ф$ - коэффициент фильтрации, м/сут; n - коэффициент пористости дренирующего слоя

Таблица 12.48.

Коэффициент уменьшения притока воды в дренирующий слой $K_р$

Мероприятие	Дорожно-климатическая зона	Грунт		
		Супесь	Легкий суглинок	Тяжелый суглинок, глины
Укрепление обочин (по отношению к неукрепленным) в условиях 1-й схемы увлажнения	II	0,45	0,30	0,15
	III	0,40	-	-
	IV	0,35	-	-
Монолитные слои основания с пористостью материала до 5 %	I, II, III	0,10	0,10	0,10

Полную толщину дренирующего слоя, работающего по принципу «поглощения», определяют по формуле:

$$h_н = \frac{\left(\frac{Q}{1000n} + 0{,}3h_{зак}\right)}{1 - \varphi_{зим}},$$ где

Q - расчетное количество воды, л/мг, накапливающейся в дренирующем слое за весь расчетный период (см. табл. 12.46);

$j_{зим}$ - коэффициент заполнения пор влагой в материале дренирующего слоя к началу оттаивания (табл. 12.49);

n - пористость материала, в долях единицы.

Таблица 12.49.

Значения коэффициента $j_{зим}$

Толщина дренирующего слоя, см	Значение $j_{зим}$ во II дорожно-климатической зоне при пористости п, равной			
	0,4	0,36	0,32	0,28
До 20	0,4	0,5	0,6	0,7
20-40	0,35	0,4	0,5	0,6
Более 40	0,3	0,35	0,45	0,55

Примечание. В III дорожно-климатической зоне величину $j_{зим}$ следует уменьшить на 20 %.

Дренирующий слой в конструкции с прикромочным дренажем, усиливающим процесс движения воды в песке мелком и средней крупности, рассчитывают с помощью номограмм (рис. 12.18).

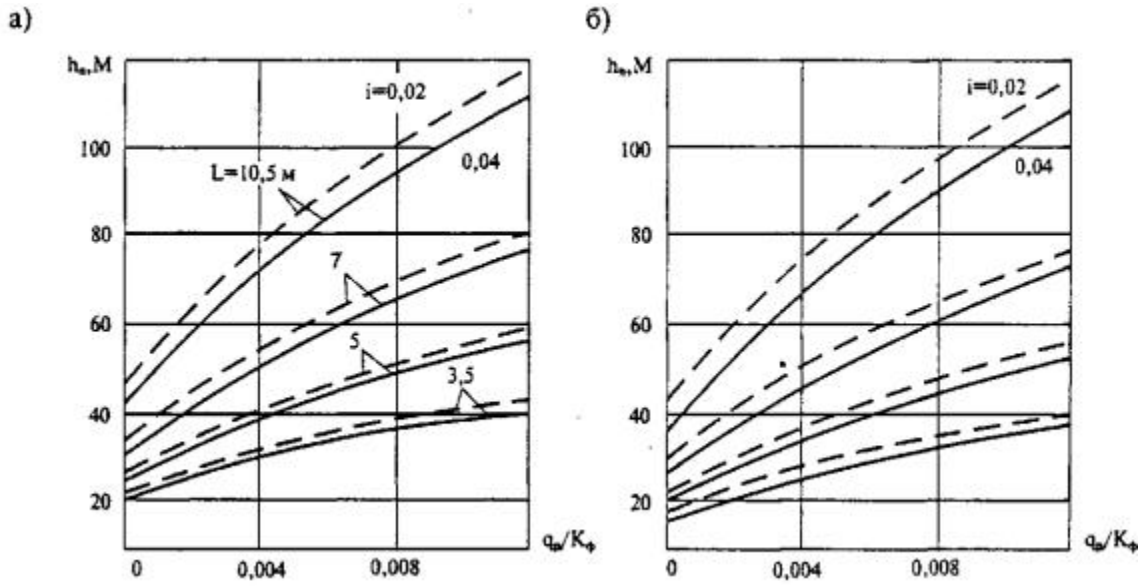


Рис. 12.18. Номограмма для расчета дренирующего слоя в конструкции с прикромочным дренажем:
а - мелкий песок; б - песок средней крупности

По номограммам на рис. 12.15, 12.16 и 12.18 можно также определять требуемые значения коэффициента фильтрации дренирующего слоя при известных других параметрах дренажной конструкции.

Полную толщину дренирующего слоя, м, работающего по принципу осушения с периодом запаздывания отвода воды, достаточную для временного размещения в его порах поступающей в конструкцию в начальный период ее оттаивания, определяют по формуле:

$$h_н = \frac{\frac{q_р T_{зап}}{n} + 0{,}3 h_{зап}}{1 - \varphi_{зим}},$$ где

$T_{зап}$ - средняя продолжительность запаздывания начала работы водоотводящих устройств, принимаемая для II дорожно-климатической зоны равной 4-6 сут, для III дорожно-климатической зоны равной 3-4 сут (большее значение -для мелких песков);

$j_{зим}$ - коэффициент заполнения пор влагой в материале дренирующего слоя к началу оттаивания (см. табл. 12.49);

$q_р$ - расчетное значение воды, поступающей за сутки (формула 12.13).

На участках, где длина пути фильтрации $L > 10$ м, дренирующий слой должен быть рассчитан на поглощение всего количества воды, поступающей за весь расчетный период.

За длину пути фильтрации принимают половину ширины дренирующего слоя при двускатном поперечном профиле и полную ширину дренирующего слоя при односкатном.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

ГЛАВА 13. КОНСТРУКЦИИ И ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАСЧЕТА ЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

13.1. Область применения. Основные виды покрытий

Жесткими считают дорожные одежды с усовершенствованными покрытиями - цементобетонными или асфальтобетонными на основаниях из цементобетона. Их относят к категории капитальных одежд, проектируемых в соответствии со СНиП 2.05.02-85 на автомобильных дорогах I-IV категорий общей сети Российской Федерации. В соответствии с действующими рекомендациями по проектированию жестких дорожных одежд [1] бетонные покрытия применяют и для дорожных одежд при облегченных условиях движения. При соответствующем технико-экономическом обосновании допускается устройство таких одежд на подъездных дорогах промышленных предприятий, крупных строительных объектах, внутрихозяйственных сельских дорогах. В этом случае их применяют в соответствии со СНиП 2.05.11-83.

В настоящее время дорожные одежды с цементобетонными покрытиями занимают всего 1,64 % [2] от общего количества автомобильных дорог общего пользования в Российской Федерации. Однако, несмотря на относительно небольшую их протяженность, жесткие дорожные одежды эффективно работают и рекомендуются для применения в условиях интенсивного движения тяжеловесных грузовых автомобилей и автопоездов (с нагрузкой на ось 100 кН и более), а также в районах, не обеспеченных местными каменными материалами, пригодными для нежестких покрытий и верхних слоев оснований.

Имеются также зарубежные данные, позволяющие отдать предпочтение цементобетонным покрытиям по экономическим соображениям и условиям безопасности дорожного движения при расположении автомобильных дорог в тоннелях, а также в случаях значительного роста цен на нефтепродукты.

Действующие рекомендации распространяются на проектирование жестких дорожных одежд на автомобильных дорогах общего пользования, внутрихозяйственных сельских дорогах и подъездных дорогах к промышленным предприятиям. Однако полученное решение не является окончательным. Во всех случаях выбор в пользу жестких дорожных одежд должен подтверждаться технико-экономическими расчетами вариантов по критерию минимума суммарных приведенных строительных и эксплуатационных затрат.

По технологии строительства, оказывающей определенное влияние на конструкцию покрытия, цементобетонные покрытия подразделяют на монолитные

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

и сборные. В настоящее время монолитные покрытия различают по способу устройства [3]:

комплектом высокопроизводительных машин со скользящими формами (опалубкой) с автоматической системой обеспечения ровности (комплект ДС-100);

комплектом машин, передвигающихся по рельс-формам, одновременно выполняющим функцию неподвижной опалубки при бетонировании покрытия (комплект с бетоноотделочной машиной Д-376 или ДВО-7,5).

Сборные покрытия [3,4] состоят из бетонных плит, которые изготавливают в заводских условиях и укладывают на дороге кранами или другими видами монтажного оборудования. В отличие от монолитных сборные покрытия применяют на участках дорог специального назначения или временных дорог, к которым не предъявляются повышенные требования по транспортно-эксплуатационным качествам (ровности). В частности, эти покрытия особенно целесообразно применять на дорогах нефтяных и газовых промыслов, в районах промышленного, гидротехнического и других видов строительства, а также в крупных карьерах, на лесоразработках и на участках дорог в местах срочного пропуска транспортных средств при ремонте дорожного покрытия.

По конструкции цементобетонные покрытия подразделяются на неармированные, армированные и предварительно-напряженные.

Среди **армированных покрытий** различают следующие виды по степени насыщения сечения продольной арматурой: до 0,25 % - **армированные покрытия**; 0,4 % - **железобетонные**; 0,4-0,7 % - **непрерывно армированные**.

Особенностью непрерывно армированных покрытий является отсутствие в покрытии поперечных деформационных швов, функцию которых частично выполняют значительное число поперечных волосяных трещин, образующихся в покрытии в процессе эксплуатации на расстоянии 0,3-3 м друг от друга. Несмотря на эффективность таких покрытий, в отечественной практике строительства автомобильных дорог они не нашли широкого применения.

Предварительно-напряженные покрытия представляют собой конструкцию, обладающую повышенной трещиностойкостью и работоспособностью в процессе эксплуатации, благодаря предварительному обжатию бетона (до 1 МПа) в ходе строительства автомобильной дороги. По способу создания предварительного напряжения монолитные покрытия делят на покрытия с внешним безарматурным обжатием бетона и с предварительно напрягаемой арматурой (струны, пучки, стержни периодического профиля).

В **струнобетонных покрытиях** предварительное напряжение создается высокопрочной стальной проволокой диаметром 4-5 мм с пределом прочности

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

1600 МПа, напрягаемой до бетонирования и отпускаемой на бетон после достижения им 70-80 % проектной прочности. За счет предварительного напряжения удается значительно снизить толщину этих покрытий (до 10-15 см), что позволяет рассматривать струнобетонные покрытия как весьма экономичные.

Строительство монолитных предварительно-напряженных покрытий осуществлялось в РСФСР в период середины 50-х - начала 70-х годов. В настоящее время применение их сдерживается из-за значительной трудоемкости, не позволяющей обеспечить современные темпы строительства автомобильных дорог. Кроме того, при строительстве предварительно-напряженных покрытий требуется повышенное внимание к технике безопасности.

Большое разнообразие жестких дорожных одежд позволяет проектировщику выбрать наиболее эффективную конструкцию, обосновав ее технико-экономическими расчетами.

13.2. Общие требования к жестким дорожным одеждам. Основные принципы конструирования

Опыт эксплуатации автомобильных дорог с жесткими дорожными одеждами свидетельствует, что под воздействием автомобильного движения и погодно-климатических факторов происходит постепенное ухудшение состояния покрытия в результате образования различных дефектов и переход его в предельное состояние к концу расчетного, межремонтного срока службы.

В общем случае в цементобетонном покрытии после его устройства развиваются повышенные напряжения от сил сопротивления основания температурным перемещениям и срабатывают отдельные поперечные швы покрытия. Затем начинают существенно влиять температурные напряжения, возникающие от невозможности коробления покрытия, и динамические нагрузки от движущихся автомобилей. В результате происходит процесс постепенного уменьшения длины частей покрытия. На участках покрытия длиной менее 10 м растрескивание вызывается совместным действием температуры и нагрузки. При этом воздействие температуры обусловливает вид дефекта (поперечные трещины), а многократно повторяющиеся проезды автомобилей способствуют местному перенапряжению и усталостному разрушению бетона покрытия. Со временем, когда ширина вновь образованных трещинами частей плит будет превышать длину, в них начинают появляться продольные трещины. В дальнейшем с ростом количества проездов автомобилей по дороге поперечные и продольные трещины целиком разрушают цементобетонное покрытие, образуя сетку трещин.

Одновременно с образованием трещин в покрытии начинается процесс постепенного смещения частей плит по вертикали, приводящий к образованию - ступеней и перекосов плит. В асфальтобетонных покрытиях на основаниях из

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

цементобетона развиваются «отраженные» трещины. В результате ровность покрытий становится неудовлетворительной и требуется капитальный ремонт покрытия или реконструкция дороги.

На эксплуатационное состояние жестких дорожных одежд существенное влияние оказывают конструктивные особенности, физико-механические свойства материалов конструктивных слоев и в значительной степени грунты земляного полотна. В целом для сохранения необходимых транспортно-эксплуатационных качеств и сплошности покрытия к конструкции жесткой одежды предъявляются следующие требования:

по прочности, трещиностойкости покрытия и конструктивных слоев, способных сопротивляться изгибу. В качестве критерия прочности используется допускаемое напряжение растяжения при изгибе монолитных слоев под воздействием температуры и динамической нагрузки с учетом надежности работы конструкции в пределах расчетных, межремонтных сроков службы;

по прочности дорожной одежды в целом. В качестве критерия прочности используются: допускаемое напряжение сдвига в грунтах земляного полотна и в слоях, не способных сопротивляться изгибу, а также величина допустимой деформации по торцам плит, оцениваемой по величине накопления уступа между плитами в поперечном шве. Проверку прочности дорожной одежды по критерию сдвига осуществляют методом, аналогичным принятому для нежестких дорожных одежд;

по продольной устойчивости покрытия. В качестве критерия используется критическое напряжение сжатия, возникающее в покрытии при повышении его температуры;

по морозоустойчивости дорожной одежды. В качестве критерия используется допускаемое зимнее вспучивание (вертикальный подъем) покрытия. Расчет морозоустойчивости одежды осуществляется методами, аналогичными принятым при проектировании нежестких дорожных одежд;

по обеспеченности водоотвода в основании. В качестве критерия используется величина допускаемого коэффициента фильтрации;

по шероховатости поверхности покрытия. В качестве критерия используется допускаемый коэффициент сцепления колеса с покрытием или допускаемая средняя высота выступов шероховатости [6]. Требования по шероховатости поверхности покрытия обеспечиваются технологическими приемами при строительстве автомобильной дороги.

Учет всех указанных требований приводит к конструированию жестких одежд в виде многослойных систем.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В соответствии с действующими рекомендациями [1] конструкцию жесткой дорожной одежды выбирают по результату технико-экономического сравнения вариантов, рассчитанных на прочность, деформативность, морозоустойчивость и осушаемость. При этом расчет осуществляют с учетом надежности (вероятности безотказной работы) конструкции (таблица 13.1) в пределах расчетного срока службы. Расчетный срок службы при определении конструкции дорожной одежды и расчетных параметров конструктивных слоев принимают равным не менее 25 годам или менее, но с учетом воздействия построечного транспорта.

Таблица 13.1.

Уровни надежности и коэффициенты прочности

Интенсивность движения расчетной нагрузки, ед./сут	Уровень надежности	Коэффициент прочности, Кт
Более 1000	0,95	1.00
500-1000	0,90	0,94
Менее 500	0,80	0,87

Современная жесткая дорожная одежда включает покрытие, основание, дополнительный слой основания и при необходимости выравнивающий слой.

Покрытие предназначено для обеспечения безопасного круглогодичного проезда автомобилей и автопоездов с расчетными скоростями движения и осевыми (колесными) нагрузками. Толщина покрытий устанавливается расчетом и должна быть, как правило, одинаковой по всей ширине проезжей части.

Выравнивающий слой между покрытием и основанием предназначен для обеспечения наилучших условий взаимодействия покрытия с основанием при действии температуры и внешней нагрузки, он способствует равномерному опиранию плит на основание, устраняя отдельные неровности. Его устраивают при необходимости из обработанных вяжущими зернистых материалов и принимают без расчета в качестве конструктивного слоя толщиной 3-5 см. Выравнивающий слой может не устраиваться на основаниях из низкомарочного бетона или грунта и каменных материалов, укрепленных цементом, при условии, если ровность основания соответствует требованиям строительных норм и правил по производству и приемке работ при строительстве автомобильных дорог.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Основание под цементобетонное покрытие устраивают для уменьшения давления на подстилающий грунт от движущихся автомобилей, а также комплекта гусеничных машин, используемых при устройстве покрытий в скользящей опалубке. В зависимости от условий строительства и эксплуатации устраивают основания из бетона низких марок по прочности; из нерудных материалов и грунтов, укрепленных неорганическим вяжущим; и из щебня, шлака, гравия или песка. Толщину основания назначают по расчету, но не менее 14, 16 и 15 см, соответственно, для указанных выше видов основания.

На автомобильных дорогах I-III категорий для оснований применяют бетоны низких марок по прочности (класса $B_{tb}08$; $B_{tb}1,2$), каменные материалы или грунты, укрепленные цементом и другими неорганическими вяжущими. Основания из щебня, шлака и грунтов, укрепленных органическими вяжущими, целесообразно устраивать на дорогах II-IV категорий. Песок и гравийно-песчаные смеси применяют, как правило, на дорогах III-V категорий.

Во избежание образования случайных трещин в цементобетонном покрытии в нижнюю часть основания, укрепленного неорганическим вяжущим, закладывают деревянные бруски высотой 4-7 см через каждые 20-30 м, а между покрытием и основанием устраивают трещинопрерывающие прослойки.

При бетонировании покрытия гусеничными бетоноукладчиками со скользящими формами ширину укрепленного основания устраивают шире покрытия на 1,05 м с каждой стороны. В случае применения комплекта машин, передвигающихся по рельс-формам, основание устраивают шире покрытия не менее чем на 0,5 м с каждой стороны, но не менее ширины укрепленных (краевых) полос.

Дополнительный слой основания наряду с передачей нагрузок на земляное полотно выполняет функции теплоизолирующего, морозозащитного и дренирующего слоя. В зависимости от климатических и гидрогеологических условий указанные функции могут совмещаться. Дополнительный слой основания устраивают из морозостойких и дренирующих материалов (песок, шлак, высевки, ракушечник и т.д.), рассчитывая параметры слоя методами, принятыми при проектировании дорожных одежд нежесткого типа.

При проектировании асфальтобетонных покрытий на основаниях из цементобетона для предотвращения появления «отраженных» трещин между покрытием и основанием находят применение **трещинопрерывающие прослойки** на основе геосетки. Это специальный конструктивный элемент дорожной одежды, представляющий собой композицию из армирующего полотна (геосетки) и вяжущего. В качестве геосетки используют [7] сетки типа ССНП (сетка стеклянная нитепробивная пропитанная) и зарубежные типа "НаТellit". Применяют или сплошное армирование или армирование над зонами основания, в которых предполагается развитие трещин.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Краевые укрепленные полосы, как правило, устраивают из цементобетона или асфальтобетона на бетонном основании. Толщину полос принимают равной толщине покрытия. В цементобетонных краевых полосах устраивают поперечные швы, которые являются продолжением поперечных швов покрытия.

13.3. Особенности конструкций жестких дорожных одежд

Монолитные цементобетонные покрытия. Покрытия из неармированного цементобетона устраивают либо однослойными, либо двухслойными с верхним слоем толщиной не менее 6 см. Двухслойные покрытия применяют, как правило, при строительстве комплектом машин, передвигающихся по рельс-формам, с целью использования в бетоне для нижнего слоя менее прочных и морозостойких местных каменных материалов. Общую толщину покрытия назначают по расчету в зависимости от категории автомобильной дороги, состава и интенсивности движения автомобилей и вида материала основания, но не менее величин указанных в таблице 13.2.

Таблица 13.2.

Минимальные толщины покрытий

Основание	Минимальная толщина покрытия, см, при интенсивности движения расчетной нагрузки на полосу, ед./сут				
	более 2000	1000-2000	500-1000	100-500	менее 100**
Бетонное (мелкозернистый бетон, шлакобетон)	22	20	18 (16)	18*(16)	15*
Из материалов, укрепленных неорганическими вяжущими	22	20	18(16)	18*(16)	15*
Из щебня, гравия, шлака	-	22	20(18)	18*(16)	16*

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Из песка, песчано-гравийной смеси	-	-	20(18)	18 (16)	16

Примечания: 1. В скобках приведена толщина покрытия для облегченных условий движения. 2. При отсутствии штырей в поперечных швах толщину увеличивают на 2 см.

** Требуется технико-экономическое обоснование.

* Толщина основания может быть уменьшена на 2 см от минимально допускаемой величины

Бетонные покрытия устраивают преимущественно одинаковой толщиной "h" по всей ширине проезжей части. Допускается увеличение толщины на 2 см для крайних наиболее нагруженных полос на дорогах с 6-ю и более полосами движения.

Для предотвращения образования случайных трещин в покрытии устраивают продольные и поперечные швы. Среди поперечных швов различают швы расширения, сжатия, контрольные и рабочие.

Продольный шов устраивают при ширине покрытия более 23h (3,5-5,5 м), чтобы предупредить появление извилистых продольных трещин от воздействия транспортных средств, неравномерного пучения и местной осадки земляного полотна.

Швы расширения повышают продольную устойчивость бетонного покрытия при максимальном нагреве летом. Их всегда устраивают на примыканиях покрытий к мостам, путепроводам и в местах пересечения бетонных покрытий в одном уровне. Швы сжатия устраивают между швами расширения с целью предупреждения образования случайных поперечных трещин при совместном действии температуры, усадки бетона и нагрузок от движущихся автомобилей. Расстояние между швами сжатия (длину плиты) назначают по расчету в зависимости от толщины плиты и климатических факторов, но не более:

25h - на укрепленном основании и на устойчивом земляном полотне;

22h - на земляном полотне с ожидаемыми неравномерными осадками, включая насыпи высотой более 3 м;

20h - в местах перехода из выемок в высокие насыпи, в местах примыкания к искусственным сооружениям и в покрытиях шириной 6 м и менее.

В каждом конкретном случае целесообразно уточнять длину плиты при соответствующем технико-экономическом обосновании, учитывая случайный характер образования поперечных трещин.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Расстояние между швами расширения назначают в зависимости от температуры воздуха во время бетонирования, толщины покрытия и климатических условий района расположения дороги. При этом руководствуются [1] данными таблицы 13.3.

Таблица 13.3.

Число плит между швами расширения

Ожидаемая температура нагрева покрытия, °С	Толщина покрытия, см	Число плит между швами расширения при температуре воздуха во время бетонирования, °С				
		менее 5	5-10	10-15	15-20	более 20
Менее 40	20 и более	10	10	-	-	-
	Менее 20	10	10	10	-	-
Более 40	20 и более	10	10	10	-	-
	Менее 20	10	10	10	10	-

Контрольные швы устраивают в свежеуложенном бетоне через каждые 2-3 плиты по типу поперечных швов сжатия для предотвращения растрескивания покрытия в раннем возрасте.

Рабочие швы устраивают по типу швов сжатия в конце рабочей смены или при перерыве бетонирования покрытия более чем на 2-4 ч.

Для исключения образования значительных уступов в швах (допускается 3 мм [1]) и обеспечения передачи нагрузки с одной плиты на другую края плит вдоль швов, как правило, соединяют стальными штырями (рис. 13.1 и 13.2).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

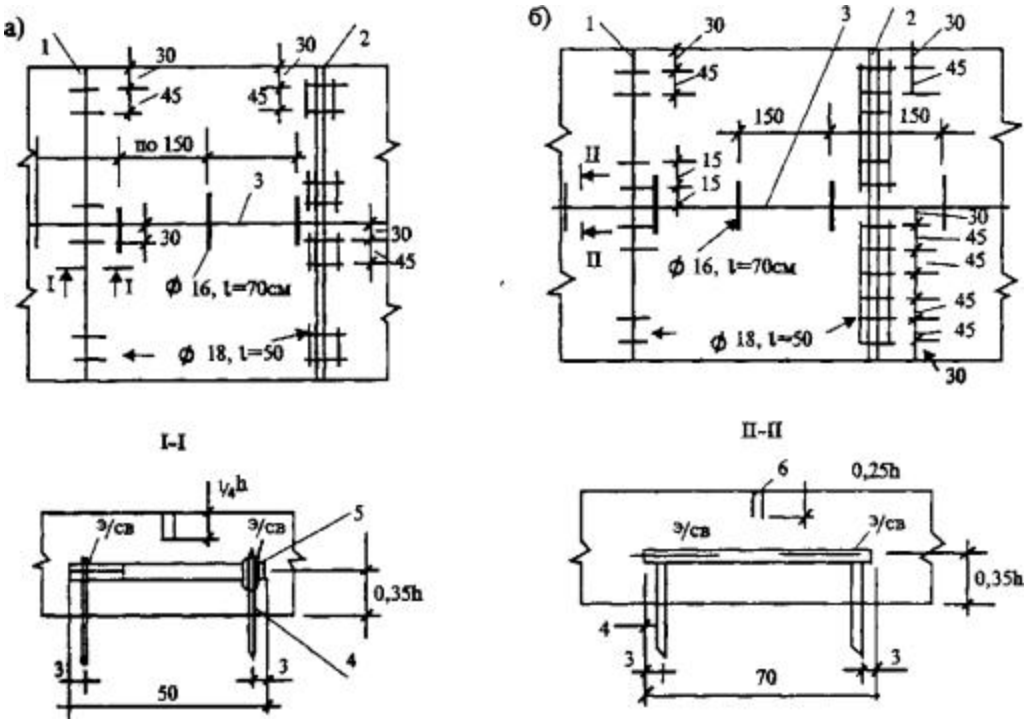


Рис. 13.1. Расположение штырей в швах покрытий на цементогрунтовом (а), щебеночном и песчаном (б) основаниях:
1 - шов сжатия; 2 - шов расширения; 3 - продольный шов; 4 - установочные шпильки (Æ 5 мм, *l* - 13-16 см), приваренные (э/св) к штырям. При приварке к штырям продольного шва в торец шпилек диаметром 8-10 мм длина штырей может быть уменьшена до 50 см; 5 - изоляция места сварки с помощью специальных колпачков или полиэтиленовой пленки; 6 - паз шва с заполнителем; Æ - диаметр штырей, мм; *h* - толщина покрытия, см; э/св - электросварка; размеры на плане и в сечениях даны в см.

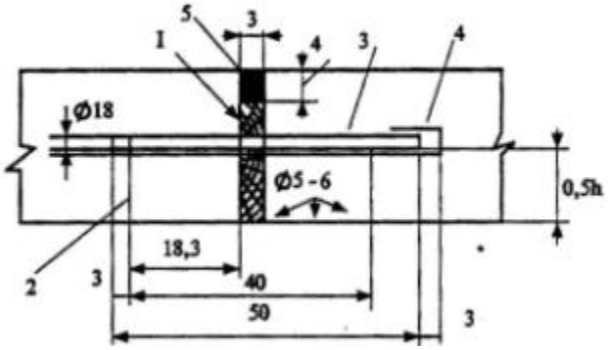


Рис. 13.2. Конструкция шва расширения:
1 - прокладка из выдержанной в воде древесины; 2 - каркас для фиксации прокладки и штырей, свариваемых в кондукторе; 3 - штыри в битумной изоляции, привязываемые к каркасу; 4 - температурный компенсатор (колпачок),

обеспечивающий смещение штыря в бетоне не менее, чем на 2 си; 5 - заполнитель (герметик)

При устройстве швов сжатия и расширения не допускается перекосов и наклонов штырей и прокладок более чем на 1 см от проектного положения. Длина зоны обмазки штырей в поперечных швах разжиженным битумом составляет 2/3 длины штырей. Штыри в продольных швах устанавливают без битумной обмазки с допущением перекосов не более 5 см. Сечение паза швов сжатия в зависимости от герметизирующего материала устраивают прямоугольным, ступенчатым или с наклонными стенками. Ширина паза швов сжатия допускается от 4 до 15 мм, глубина - не менее 0,25*h*. При меньшей глубине имеется вероятность появления извилистой трещины рядом со швом в результате не срабатывания шва. Ширину паза шва расширения принимают равной 33-35 мм при глубине до верха доски 40-60 мм.

Для повышения продольной устойчивости плит и улучшения транспортно-эксплуатационных качеств покрытия поперечные швы рекомендуется [1] устраивать под углом к продольному шву (рис. 13.3). Количество штырей в продольном шве рассчитывают с учетом массы соседних плит без штырей в продольном шве.

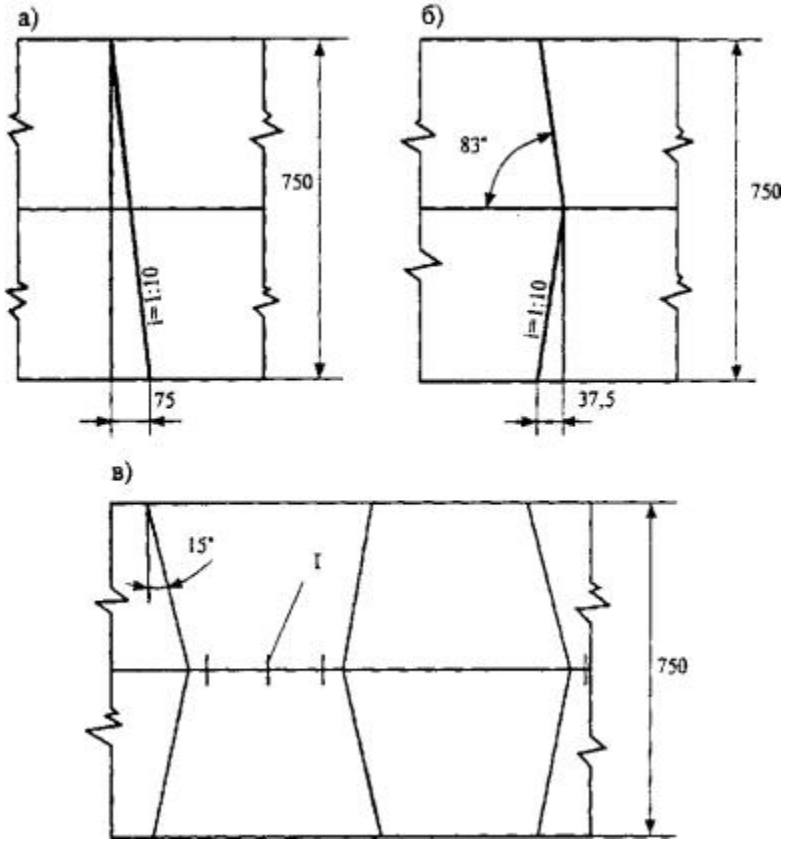


Рис. 13.3. Варианты расположения поперечных швов сжатия в плане (размеры - в см); 1 - штыри

Армированные покрытия преимущественно используются [3] на автомобильных дорогах I, II категорий при интенсивности движения более 5000 авт./сут, а также на участках дорог с насыпями высотой более 3-5 м или на участках дорог индивидуального проектирования, где ожидается в процессе эксплуатации неравномерная осадка земляного полотна.

Благодаря армированию покрытия удается увеличить длину плит до 20 м или несколько снизить толщину плиты (на 1-2 см) при сохранении или даже улучшении транспортно-эксплуатационных качеств покрытия.

В условиях повышенной интенсивности движения используют армированные плиты длиной 10- 20 м, а на участках высоких насыпей покрытие устраивают из плит длиной 5-7 м. Армирование осуществляют стальными плоскими сетками с расходом арматуры диаметром 8-16 мм согласно табл. 13.4.

Таблица 13.4.

Расход продольной арматуры.

Толщина плиты, см	Расход продольной арматуры на 1 м: покрытия, кг. Длина плиты, м				
	5	8	10	15	20
24	2,3	2,3	2,8	4,1	-
20-22	1,8	2,0	2,5	3,7	4,5
18	1,2	1,4	1,7	2,7	3,4

Примечание. Количество арматуры установлено из условия раскрытия трещин до 0,2 мм для предотвращения коррозии стали.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Для армирования покрытий применяют плоские сварные сетки, изготовляемые на заводе или на месте строительства, с продольной арматурой из горячекатаной стали периодического профиля класса А-II (ГОСТ 5781-82).

Покрытие шириной 7-7,5 м армируют сетками не шире 2300 мм. Минимальное и максимальное расстояние между осями рабочих продольных стержней сеток допускается соответственно 100 и 200 мм. Наибольшее расстояние между осями поперечной гладкой арматуры диаметром до 6 мм не должно превышать 50 см. Сетки располагают в однослойных покрытиях на расстоянии не менее чем 8 см от поверхности покрытия. Допускается располагать сетки на уровне половины толщины покрытия, в двухслойных покрытиях - между верхним и нижним слоями.

Для более эффективной работы плит длиной 4; 5 и 6-7 м применяют плоские сетки длиной соответственно 2,5; 3 и 3,5 м, которые укладывают в средней части плиты с равным удалением концов сетки от середины плиты. В плитах длиной до 10 м допускается несплошное армирование. В плитах длиннее 10 м сетки размещают равномерно по ширине покрытия, не доводя до поперечных швов на 50 см.

При строительстве покрытия машинами со скользящими формами разрешается для армирования использовать только продольные стержни, располагая их в середине покрытия.

Сборные покрытия. Конструкция дорожной одежды со сборным покрытием определяется на основании типовых проектных решений с учетом видов имеющихся на месте строительных материалов для устройства основания, а также, исходя из назначения и условий работы плит в дорожной одежде.

В последние годы находят применение сборные покрытия из предварительно-напряженных (ПДН) и ненапряженных железобетонных (ПДО) плит, конструкции которых разработаны Союздорпроектом [4] для автомобильных дорог промышленных предприятий и дорог нефтегазовых промыслов в районах Тюменской, Томской областей и республики Коми. На рис. 13.4. и 13.5 приведены особенности конструкции сборной ненапряженной железобетонной плиты ПДО. Эти плиты допускается применять [1] только на участках с интенсивностью движения до 1000 авт./сут. При большей интенсивности движения применяют предварительно напряженные плиты длиной 5-6 м и шириной 1,75-2,3 м. Имеется вариант плиты ПДН размером 6´2´0,14 м с уменьшенным расходом арматурной стали, разработанный Союздорпроектом [4], на основе опыта эксплуатации сборных плит в период 1980-1988 гг. Плита предназначена для строительства в районах с расчетной температурой воздуха наиболее холодного месяца до минус 55°С и местах со сложными грунтово-гидрологическими условиями. Конструкция плит ПДН и ПДО проверена на прочность и трещиностойкость на стадии распалубки, отгрузки, монтажа и транспортирования. Расчетная нормативная нагрузка 50 кН на колесо автомобиля.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

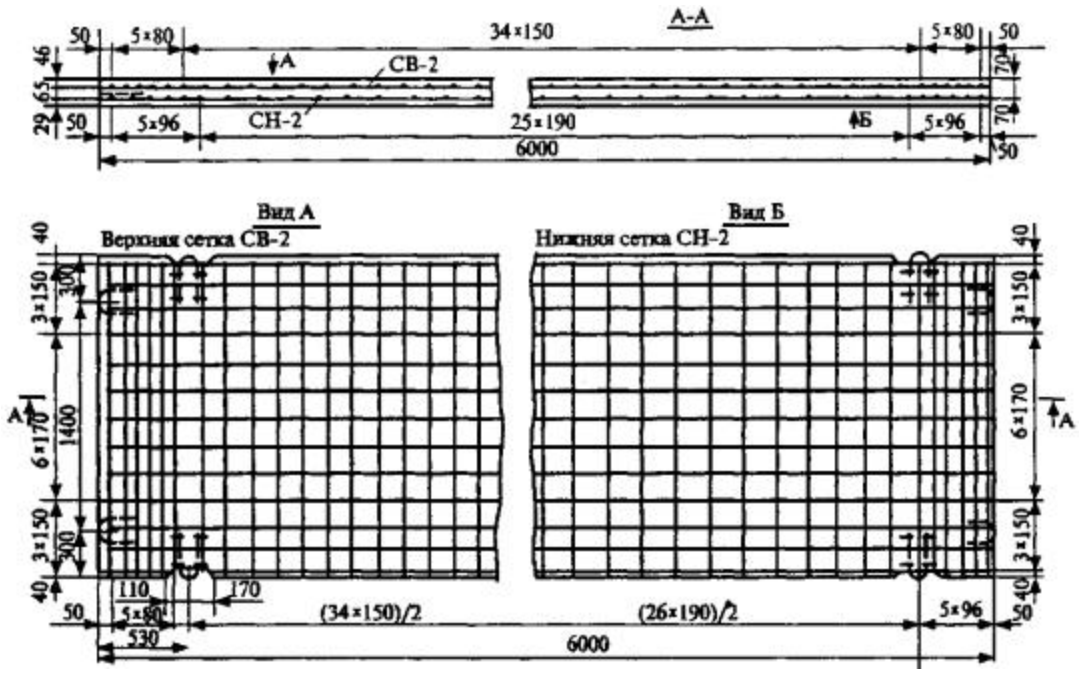


Рис. 13.4. Конструкция железобетонной плиты ПДО сборного дорожного покрытия. Рабочая продольная арматура класса А-III марки 25Г2С. Размеры в мм

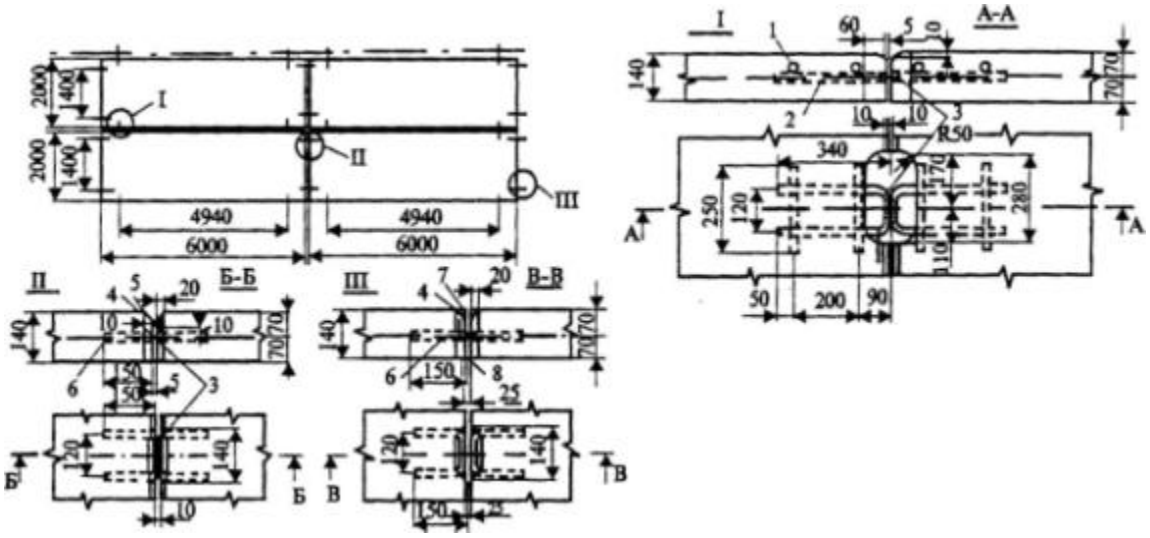


Рис. 13.5. Конструкция швов сжатия и расширения сборного дорожного покрытия: 1 - анкерные стержни, d = 10 мм, *l* = 250 мм; 2 - совмещенная стыковая и монтажная скоба, *d* = 20 мм, *l* = 800 мм; 3 - шов односторонний фланговый К-6; 4 - фаски 10´10 мм; 5 - битумная мастика, герметики; 6 - торцовая стыковая скоба, *d* = 16 мм, *l* = 420 мм; 7 - песчаный асфальтобетон; 8 - пескоцементная смесь; I, II - швы сжатия; III - шов расширения. Размеры в мм.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Для соединения плит в покрытии между собой в них предусмотрены закладные элементы в виде горизонтально расположенных стальных скоб, свариваемых при монтаже. Стыковые скобы, устанавливаемые по длинным (продольным) граням плит являются одновременно монтажными элементами для подъема плит краном.

В отличие от обычных в предварительно напряженных плитах применена продольная рабочая напрягаемая арматура *d* = 12 мм класса А-V (ГОСТ 10884-81) и А-V марки 23Х2Г2Т (ГОСТ 5781-82). Заданное значение предварительного напряжения стержневой арматуры - 680 МПа. В поперечном направлении плиты армированы сварными сетками из ненапрягаемой арматуры: **в средней части** - сеткой из холоднотянутой проволоки d = 5 мм из стали классов Вр-1 (ГОСТ 6727-80), **на крайних участках** - из ненапрягаемой стержневой арматуры периодического профиля *d* = 8 мм класса А- III марки 25Г2С (ГОСТ 5781-82). Толщину защитного слоя бетона при изготовлении плит "лицом" вниз обеспечивают равной 40 мм. Плиты изготавливают из бетона класса $B_{tbt}3{,}6$ по прочности на растяжение при изгибе и класса В27,5 по прочности на сжатие. Марка бетона по морозостойкости принимается в пределах F150-F300 в зависимости от средней температуры наиболее холодного месяца.

Основание дорожной одежды со сборным покрытием рекомендуется [1] устраивать из песка, шлака, из песка со слоем геотекстиля, сухой цементопесчаной смеси и грунтов, укрепленных вяжущими.

Опыт эксплуатации сборных покрытий свидетельствует, что для обеспечения требуемого контакта плит с основанием поверх укрепленных слоев основания целесообразно укладывать выравнивающий слой толщиной 3-5 см из смеси песка с цементом (в пропорции 8:1). В случае применения основания из песчано-гравийных смесей устраивают выравнивающий слой из песка.

Колейные покрытия в виде полос бетона, устраиваемые [1] на дорогах с интенсивностью движения расчетной нагрузки менее 100 ед./сут. Толщину колейного покрытия определяют расчетом, но принимают не ниже величин, указанных в таблице 13.5.

Таблица 13.5.

Минимальные толщины колейных покрытий

Основание	Толщина колейного покрытия, см, при проектном классе бетона			
	B15	B20	B25	B30

Песчаное	20	19	18	17
Цементогрунтовое, шлаковое, щебеночное толщиной 14 см	18	17	16	16

При монолитных покрытиях и классе бетона В15, В20 поперечные швы не устраивают. При классе бетона В25, В30 длину плит принимают равной 22*h*. Поперечные швы по колеям смешают на 30-50 см для создания лучших условий движения. На песчаном основании в швах колейного покрытия размещают 2 штыря Æ16 мм и длиной 40 см для предотвращения образования чрезмерных перекосов плит и уступов.

Асфальтобетонные покрытия на цементобетонном основании. Толщину слоя асфальто- и цементобетона определяют расчетом, но принимают не ниже значений, приведенных в таблице 13.6.

Таблица 13.6.

Минимальные толщины асфальтобетонных и цементобетонных покрытий

Класс бетона	Предел прочности бетона на растяжение при изгибе, МПа	Толщина асфальтобетона и цементобетона (в знаменателе), см при интенсивности движения расчетной нагрузки, авт./сут			
		более 2000	1000-2000	500-1000	100-500
$B_{btb}1{,}5$	2,0	18/22	17/21	17/20	16/19
$B_{btb}1{,}75$	2,5	18/19	18/18	18/17	16/17
$B_{btb}2{,}4$	3,0	17/18	16,5/17	16,5/16	16/16
$B_{btb}2{,}8$	3,5	16,5/17	16/17	16/16	14/16

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Примечание: 1. Значения толщины соответствуют районам с суточным колебанием на поверхности покрытия t = 15°С. При других значениях температуры вносится [1] поправка к толщине. Имеются также рекомендации по толщинам при классах бетона B_{btb} 0,8-1,2.

2. При устройстве трещинопрерывающих слоев толщину слоя асфальтобетона уменьшают на 30 %.

Асфальтобетонные покрытия устраивают одно-, двух- и трехслойными. Допускается применять в основании укатываемый бетон. В слое цементобетона поперечные швы устраивают как контрольные, без армирования, через 15 м.

Для повышения трещиностойкости асфальтобетонного покрытия его армируют над поперечными швами специальными сетками (сталь, стекловолокно, стеклопластик) шириной 80-160 см. Сетки размещают в слое асфальтобетона не ближе 8 см от поверхности покрытия.

13.4. Основные положения расчета жестких дорожных одежд

Дорожные одежды рассчитывают с учетом состава и перспективной (к концу срока службы) интенсивности движения транспортного потока, грунтовых и природно-климатических условий. Расчет выполняют по предельным состояниям, определяющим потерю работоспособности конструкции, основываясь на требованиях к жесткой дорожной одежде (см. разд. 13.2). Расчет ведется путем проверок предварительно назначенной конструкции [1].

Нормативные и расчетные нагрузки. В соответствии с изменением №5 СНиП 2.05.02-85 для расчета жестких дорожных одежд на дорогах общей сети I-II категорий в качестве нормативной принимают нагрузку от двухосного грузового автомобиля с давлением на заднюю наиболее нагруженную ось 115 кН. На дорогах III-IV категорий - 100 кН. Для промышленных дорог могут использоваться более высокие нагрузки, превышающие нормативную до 30 % [1] при соответствующем обосновании.

Расчетную нагрузку на колесо P_p принимают с учетом динамического воздействия и перегрузки автомобилей:

$P_p = P_к \times K_д \times K_п$, где

(13.1)

$P_к$ - нормативная нагрузка на колесо, равная 50-57,5 кН;

$K_д$ - коэффициент динамичности, принимаемый, в зависимости от осевой массы 10-12 т, соответственно 1,06-1,04;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

K_n - коэффициент перегрузки 1,25, принимаемый только для промышленных дорог.

В расчете непосредственно учитывают долю суточной интенсивности движения, приходящуюся на расчетную наиболее загруженную полосу покрытия.

Приведение состава движения к расчетным нагрузкам осуществляют с использованием коэффициента K_i приведения автомобиля с нагрузкой P_i к нормативной $P_к$:

$$K_i = \left(\frac{P_i}{P_к} \right)^{4,4}.$$

(13.2)

Осевые нагрузки отдельных грузовых автомобилей в составе транспортного потока определяют из паспортных данных на автомобили или пользуясь данными соответствующих справочников [8,9]. Учет воздействия сближенных осей транспортного средства (менее 2 м) осуществляют методом, принятым при проектировании нежестких дорожных одежд.

Расчет монолитных цементобетонных покрытий. Покрытия рассчитывают из условия обеспечения требуемого качества производства работ и наличия полного контакта плит покрытия с основанием. Имеется также решение [1] для дорог низких категорий, работающих в особых условиях, в которых ожидаются неравномерные осадки и пучение земляного полотна.

По исходным данным об ожидаемом объеме движения на проектируемой автомобильной дороге назначается толщина цементобетонного покрытия (см. табл. 13.2), длина плиты и необходимые расчетные характеристики материалов конструктивных слоев дорожной одежды и грунтов земляного полотна. Рассчитывают основание дорожной одежды методами аналогичными принятым для нежестких дорожных одежд из условия прочности, морозоустойчивости и обеспеченности водоотвода и окончательно проверяют конструкцию на соответствие требованиям нормативного коэффициента прочности (см. табл. 13.1). При несоответствии рассчитываемой конструкции предъявляемым требованиям уточняют расчетные параметры конструкции и повторяют расчет.

Расчетная прочность (трещиностойкость) и надежность покрытия обеспечивается при следующем условии [1]:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$K_{np} \le \frac{R_{pu}}{\sigma_{pt}},$$ где

(13.3)

s_{pt} - напряжения растяжения при изгибе, возникающие в бетонном покрытии от совместного действия нагрузки и перепада температуры по толщине плиты;

R_{pu} - расчетная прочность бетона на растяжение при изгибе, определяемая с учетом нарастания прочности бетона во времени и коэффициента усталости бетона при повторном нагружении K_y:

$R_{pu} = R_{tb} \times K_{нп} \times K_y \times K_f$,

(13.4)

K^= 1,08 Np"-063 , где

(13.5)

$K_{нп}$ - коэффициент нарастания прочности бетона ($K_{нп}$ = 1,0-1,2 соответственно для условий сухого, жаркого и умеренного климата);

K_f - коэффициент, учитывающий воздействие попеременного замораживания-оттаивания, равный 0,95;

R_{tb} - средняя прочность бетона на растяжение при изгибе, соответствующая принятому классу бетона по прочности B_{tb} и принимаемая по таблице 13.7.

Таблица 13.7.

Средняя прочность бетона при расчете на растяжение при изгибе

Назначение слоя	Интенсивность движения расчетной нагрузки, ед./сут	Класс бетона по прочности на растяжение при изгибе	Средняя прочность R,, МПа

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Однослойное покрытие или верхний слой двухслойного цементобетонного покрытия	Более 2000	$B_{tb}4,4$	5,76
	1000-2000	$B_{tb}4,0$	5,24
	500-1000	$B_{tb}3,6$	4,72
	Менее 500	$B_{tb}3,2$	4,19
Нижний слой двухслойного цементобетонного покрытия	Более 2000	$B_{tb}3,6$	4,72
	1000-2000	$B_{tb}3,2$	4,19
	500-1000	$B_{tb}2,8$	3,67
	Менее 500	$B_{tb}2,4$	3,14
Основание под цементобетонное покрытие	-	$B_{tb}0,8$	1,05
		$B_{tb}1,2$	1,57
		$B_{tb}1,6$	2,09
Основание под асфальтобетонное покрытие	-	$B_{tb}1,6$	2,09
		$B_{tb}3,6$	4,72

Примечание: Для покрытий и оснований используется тяжелый бетон, соответствующий требованиям ГОСТ 26633-91

В качестве расчетного места приложения нагрузок рассматривают прилегающий к обочине внешний край середины плиты покрытия. Расчетную повторяемость нагружения на полосу покрытия N_{pt} определяют с учетом роста интенсивности движения во времени по геометрической прогрессии:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$N_{pt} = N_1 n_c \frac{q^T - 1}{q - 1},$$ где

(13.6)

N_1 - среднегодовая интенсивность движения, приведенная к расчетным нагрузкам в первый год эксплуатации конструкции;

n_c - количество расчетных дней в году;

q - показатель роста интенсивности движения ($q \geq 1$, обычно 1,03-1,12);

T - расчетный срок службы покрытия, (лет).

Температурные напряжения и напряжения от вертикальной нагрузки рассчитывают по формулам теории упругости для плит, лежащих на упругом основании или частично опертых на него. Особенности расчета напряжений для различных практических случаев приведены в главе 14. Напряжениями в плитах от сил сопротивления основания температурным перемещениям можно пренебречь по малости для плит длиной 9 м и менее. [10]

Расчетное значение модуля упругости E выбирают в зависимости от используемого класса бетона по прочности по табл. 13.8:

Таблица 13.8.

Расчетные значения модулей упругости E

B_{tb}	4,4	4,0	3,6	3,2	2,8	2,4	1,6	1,2
E, МПа	36000	33000	32000	30000	28000	26000	19000	16000

Примечание. Для мелкозернистого бетона - модули упругости понижают на 20 %.

Расчетные значения коэффициента Пуассона и коэффициента линейного температурного расширения бетона принимают соответственно равными $m = 0,2$ и $a_r = 1 \times 10^{-5}$.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Расчеты по формулам (13.2; 13.5 и 13.6) не учитывают разнообразие состояний дорожных конструкций, при которых агрессивность воздействия транспортных нагрузок неодинакова и, как правило, носит случайный характер. В этих условиях более точно ориентироваться на учет воздействия нагрузок и температуры, используя характеристику цикла напряжения *r*, непосредственно связанную с усталостной прочностью бетона [11, 12], что частично было реализовано в ранее действовавшей инструкции по проектированию жестких дорожных одежд ВСН 197-83. В условиях совместного действия температуры и нагрузки:

$$\rho = \frac{\sigma_T}{\sigma_p + \sigma_T},$$ где

(13.7)

s_p - напряжение растяжения при изгибе на подошве плиты в расчетном сечении от автомобильной нагрузки, МПа;

s_T - температурное напряжение, МПа.

Расчетную прочность бетона на растяжение при изгибе уточняют с учетом нормативной надежности покрытия:

$$R^{\bullet}_{pu} = R_{pu} \cdot \left(1 - b_R \cdot C_R\right),$$ где

(13.8)

b_R - коэффициент, зависящий от заданного уровня надежности покрытия;

C_R - коэффициент вариации прочности бетона на растяжение при изгибе, устанавливаемый по результатам испытания бетона.

Для определения фактического количества приложений расчетных напряжений $N_ф$ необходимо знать повторяемость напряжений в покрытии от разных автомобилей в составе движения, а также численное значение и длительность температурных напряжений в покрытии.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Исследования показывают, что воздействие автомобилей на покрытие носит случайный характер в связи с различиями по использованию отдельных автомобилей по грузоподъемности и пробегу, по скорости движения отдельных автомобилей, жесткости рессор и давлению воздуха в шинах автомобилей, а также из-за отклонения проходов колес автомобилей от расчетного сечения (по ширине покрытия). Поэтому повторяемость напряжений в покрытии от автомобильных нагрузок целесообразно устанавливать на основании наблюдений за распределением проходов колес автомобилей по ширине покрытия и экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния покрытия при действии подвижных нагрузок.

В табл. 13.9 для примера приведена повторяемость динамических напряжений в расчетном сечении плиты цементобетонного покрытия толщиной 20 см, устроенном на песчаном основании. Повторяемость динамических напряжений дана в процентах с учетом прохода всех осей автомобилей. Значения динамических напряжений даны в относительных единицах по отношению к напряжениям от статической нагрузки 27 кН. За 100 % принято общее количество проездов однотипных автомобилей. Приведенные данные справедливы при степени использования автомобилей по грузоподъемности и пробегу соответственно: $K_{гр}$= 0,66-0,88; $K_{пр}$= 0,44-0,6.

Таблица 13.9.

Повторяемость динамических напряжений с учетом воздействия осей автомобиля, %

Автомобили типа:	Сезон года	Относительные динамические напряжения $s_д / s_р$.																	
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
ГАЗ	осень	7,5	75	53	30	17	9	3,5	2	1,5	1	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
	весна	20	85	52	27	9	3	2	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	лето	37	105	50	5	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	зима	66	102	25	6	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

ЗИЛ	осень	3	25	66	40	23	15	10	6	4,5	3,5	2,5	1,5	-	-	-	-	-	-
	весна	4	46	69	34	18	11	7	6	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	лето	11	104	53	17	10	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	зима	20	118	41	14	6	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
МАЗ	осень	-	3	12	30	26	26	20	17	14	11	9	7	5	5	4	3,5	3	2,5	2
	весна	-	7	27	35	28	27	20	14	10	7	6	5	4	3	2	-	-	-	-
	лето	2	32	50	45	30	17	10	7	5	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	зима	2	47	67	40	18	12	9	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Значение и длительность разных температурных напряжений определяют с использованием данных из климатических справочников или по данным местных метеостанций.

Приведение различных суммарных напряжений к расчетным осуществляют по степени их воздействия на дорожное покрытие с помощью кривых усталости бетона, соответствующих определенной характеристике цикла напряжения:

$$\sigma_{PT} / R^{*}_{pu} = f(N_i),$$ где

(13.9)

s_{PT} - фактическое суммарное напряжение на подошве покрытия от рассматриваемой нагрузки и температуры, МПа;

N_i - число приложений нагрузок, вызывающих напряжение s_{PT}, до разрушения образца материала. Коэффициент приведения i-го напряжения к расчетному:

$a_i = n_{pm}/n_i$, где

(13.10)

n_{pm} и n_i - число приложений суммарного напряжения до разрушения соответственно от расчетной и *i*-той нагрузки.

Непрерывно происходящие изменения напряженного состояния покрытия в связи с изменением прочности бетона, жесткости основания, состава и интенсивности движения учитывают разделением проектного срока службы дорожной одежды $T_н$ на отдельные отрезки времени и определением повторяемости расчетных суммарных напряжений s_{PT} по каждому отрезку в отдельности с последующим суммированием полученных повторяемостей. В общем виде:

$$N_ф = \sum_{1}^{T_н} n \cdot N_t \sum_{1}^{m} \alpha_i \cdot \gamma_i ,$$ где

(13.11)

N_t - суточная среднегодовая интенсивность движения автомобилей в любой рассматриваемый год эксплуатации t, авт./сут;

m - количество расчетных уровней суммарных напряжений в год;

n - количество дней в году (365);

g_i - годовая повторяемость рассматриваемого уровня суммарных напряжений, в долях единицы ($g_i < 1$).

Для реализации такого подхода в настоящее время имеются благоприятные возможности, если учесть результаты исследования проф. В.П. Носова [3], которым осуществлена детальная количественная оценка влияния стохастического характера воздействий, изменчивости параметров напряженно-деформированного состояния жестких дорожных одежд на состояние и степень их повреждения с учетом процессов влагопереноса, промерзания и оттаивания дорожной одежды и земляного полотна.

Уточнение длины плиты покрытия на основании технико-экономического расчета. В процессе обоснования параметров цементобетонного покрытия и в условиях ограниченного финансирования целесообразно рассматривать вопрос об уточнении длины плиты покрытия против значений, получаемых расчетом [1], при

соответствующем технико-экономическом обосновании. Это становится возможным, принимая во внимание особенности образования поперечных трещин и несущественное их влияние на состояние покрытия по ровности в процессе эксплуатации цементобетонных покрытий.

Опыт эксплуатации покрытий свидетельствует, что со временем не происходит одновременного растрескивания всех плит цементобетонного покрытия из-за неоднородности свойств материалов дорожной одежды. Чем меньше длина плит, тем меньше и количество трещин в любой рассматриваемый момент времени. Например, вероятность растрескивания плит $p\{T\}$ покрытия толщиной 20 см можно представить следующей эмпирической зависимостью:

$$p(T) = 0{,}01 \cdot K \cdot N_p^x,$$ где

(13.12)

N_p - ожидаемое количество проходов (на полосу) расчетного грузового автомобиля (нагрузка на заднюю ось 100 кН) за расчетный срок службы, тыс. ед.;

K и x - постоянные, зависящие от длины плиты L. Например, для покрытия, устроенного на песчаном основании, при изменении длины плиты с 5 до 8 м значение K меняется от 0,000 008 до 0,0094 и x - от 1,725 до 1.

Основываясь на приведенной зависимости, можно утверждать, что с уменьшением длины плиты повышается надежность покрытия и сокращаются затраты на ремонт покрытия, но увеличиваются затраты на устройство и содержание швов. При увеличении длины плиты, наоборот, уменьшаются затраты на устройство и содержание швов, но увеличиваются затраты на ремонт покрытия в связи с уменьшением его надежности. В этих условиях всегда имеется оптимальное решение по критерию минимума суммарных затрат (Отдаленность затрат на ремонт и содержание для упрощения расчетов можно не учитывать. Учет отдаленности приводит к незначительному увеличению оптимальной длины плиты.) на устройство швов $C_ш$, ремонт (разделку) трещин $Э_р$ и периодическое заполнение швов $Э_ш$ и трещин $Э_т$ герметиками:

$C_ш + Э_р + Э_ш + Э_т = C \to \min.$

(13.13)

Из расчета на 1 км покрытия и при условии ежегодного содержания швов и трещин:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$C = \left(C_ш^1 + Э_ш^1 \cdot T_н\right) \cdot \left(\frac{1000}{L} + 1\right) + \left(Э_р^1 \cdot p(T_н) + Э_т^1 \sum_1^T p(T_i)\right) \cdot \frac{1000}{L},$$ где (13.14)

$C_ш^1, Э_ш^1, Э_р^1$ и $Э_т^1$ - затраты, относящиеся к одному шву или трещине;

$p\{T_н\}$ и $p\{T_i\}$ - вероятности растрескивания плит длиной L соответственно в конце расчетного периода эксплуатации и через T_i лет.

Для примера на рис. 13.6 показаны результаты расчетов по приведенной методике для цементобетонного покрытия толщиной 20 см, устроенного на песчаном основании.

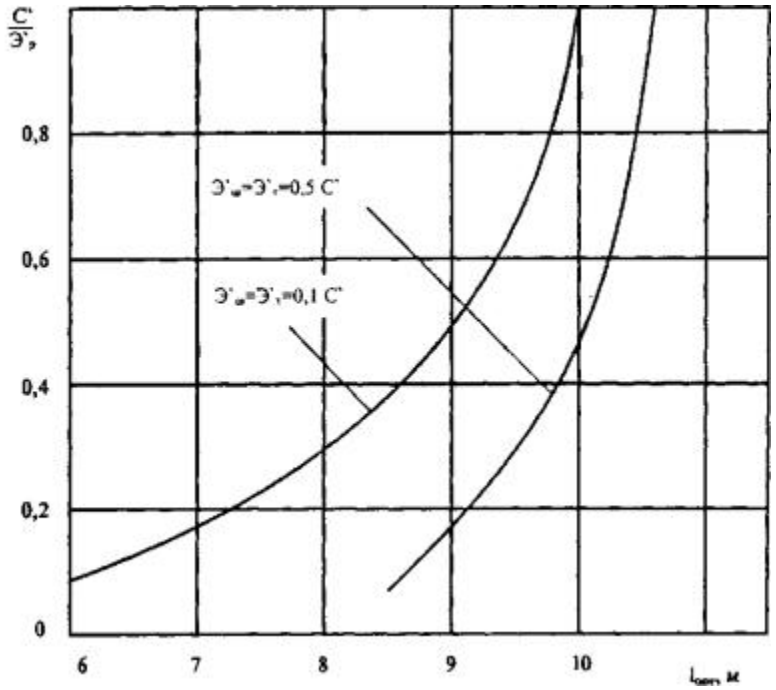


Рис. 13.6. Оптимальная длина плиты в зависимости от соотношения затрат на устройство швов и первоначальный ремонт (разделку) трещин, затрат на периодическое заполнение швов и трещин герметиками в период эксплуатации дороги (при $T_н$ = 30 лет)

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Расчет сборных покрытий из плит. Ведут на действие колесных и монтажных нагрузок [1]. Расчет толщины плит и количества арматуры выполняется из нескольких условий:

из условия прочности бетона на изгиб краевых участков сочлененных плит

$$K_{пр} \le \frac{R_{pu} \cdot W}{M^{пр}_{x(y)}},$$ где

(13.15)

W - момент сопротивления плиты;

$M^{пр}_{x(y)}$ - изгибающий момент по краю от действия расчетной или монтажной нагрузок;

из условия прочности бетона в центре плит шириной $2h$ с краевым армированием, выдерживающих до появления трещин усилие

$0{,}25M^{пр}_{x(y)}$. Условие аналогично (13.15), но при замене краевого момента на изгибающий момент в центре плиты;

из условия прочности сечения с узкой трещиной слабо армированных плит на действие изгибающего момента от монтажных нагрузок;

из условия ограничения раскрытия трещин сверх пределов, указанных в СНиП 2.03.01-84, но не более 0,3 мм для плит уложенных на прочные основания, где маловероятны неравномерные осадки;

из условия прочности армированных сечений железобетонных плит без учета работы бетона на растяжение при действии изгибающего момента от колесной или монтажной нагрузок;

из условия прочности напряженного бетона на растяжение при изгибе предварительно-напряженных плит и из условия прочности на изгиб с появлением

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

узких трещин по СНиП 2.03.01-84 на действие монтажных нагрузок. При действии колесных нагрузок дополнительно расчет проводят из условия работы арматуры в узких трещинах в качестве штырей.

Изгибающие моменты определяют при приложении нагрузки в центре, на краю, на углу и на торце в продольном и поперечном направлениях. Осуществляют проверку прочности стыковых соединений (прочность сварки скоб, прочность горизонтальной скобы при длине в зоне заделки не менее 10 диаметров используемой арматуры).

Расчет асфальтобетонного покрытия с цементобетонным основанием.

Толщину верхнего слоя покрытия определяют [1] из условия прочности на действие расчетной нагрузки и проверяют по условию:

$$R_d \cdot K_{ya} \geq \frac{\mu_a\left[P-(R+h_a)^2 \cdot 3{,}14 \cdot C_a\right]}{h_a(2R+h_a)},$$ где

(13.16)

R_d - сопротивление асфальтобетона на растяжение при изгибе;

R - радиус отпечатка колеса расчетной нагрузки, м:

K_{ya} - коэффициент усталости, учитывающий многократное приложение нагрузки в течение суток;

m_a- коэффициент Пуассона для асфальтобетона (m_a= 0,22);

C_a - сцепление между слоем асфальтобетона и цементобетона, не превышающее сцепление в слое асфальтобетона (при отсутствии гарантированного сцепления принимается C_a = 0).

Для расчета толщины нижнего цементобетонного слоя используют условие прочности (13.3).

Список литературы к главе 13

1. Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд (взамен ВСН 197-91)/ Минтранс России, Гос. служба дор. хоз-ва (Росавтодор). - М.: ФГУП «ИНФОРМАВТОДОР», 2004.-135 с.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

2. Автомобильные дороги общего пользования Российской Федерации: Справ. о наличии и протяженности по состоянию на 01.01.2003 / Гос. служба дор. хоз-ва (Росавтодор) Минтранса России. - М.: ФГУП «ИНФОРМАВТОДОР», 2003. - 59 с.

3. Инструкция по строительству цементобетонных покрытий автомобильных дорог: ВСН 139-80 / Минтрансстрой СССР. - М.: ВПТИтрансстрой, 1980. - 106 с.

4. Дорожные одежды с покрытиями из сборных железобетонных плит. Типовые проектные решения 503-0-42 / Союздорпроект. - М., 1980.

5. Дорожные одежды с покрытиями из сборных железобетонных плит для автомобильных дорог в сложных условиях. Типовые строительные конструкции, изделия и узлы. Сер. 3.503, 1-91. Вып. 1. Плиты. Рабочие чертежи / Союздорпроект. - М., 1990.

6. Технические указания по устройству дорожных покрытий с шероховатой поверхностью: ВСН 38-90 / Минавтодор РСФСР. - М.: Транспорт, 1990. - 47 с.

7. СТП 008-99. Применение геосеток при строительстве и ремонте жестких дорожных одежд с асфальтобетонным покрытием / Корпорация «Трансстрой»: Введ. 01.01.2000; Введ. впервые. - М.: Союздорнии, 1999. - 18 с.

8. Краткий автомобильный справочник / Понизовкин А.Н. и др. - М.: АО «Трансконсалтинг», НИИАТ, 1994. - 779 с.

9. Современные грузовые автомобили. Справ. / Пойченко В.В. и др. - М.: Агентство Доринформ-сервис, 1997. - 544 с.

10. Медников И.А., Алестин В.К. О величине напряжений в бетонном покрытии от сил сопротивления основания. - М, 1971. - С. 190-199. - (Сб. тр. / Союздорнии; Вып. 47).

11. Предложения по расчету и конструированию цементобетонных покрытий на основаниях различных типов/ Союздорнии. - М., 1968. - 71 с.

12. Алестин В.К. Исследование работы дорожных цементобетонных покрытий под действием транспортных нагрузок и температуры применительно к расчету геометрических параметров плиты: Автореф. дис.... канд. техн. наук. - М., 1970. - 35 с.

13. Носов В.П. Прогнозирование повреждений жестких слоев дорожных одежд на основе математического моделирования: Автореф. дис.... канд. техн. наук. - М., 1996. - 31 с.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

ГЛАВА 14. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

14.1. Напряжения в цементобетонном покрытии от внешней нагрузки

При оценке трещиностойкости покрытия на совместное действие температуры и нагрузки (см. разд. 13.4) важно с достаточной точностью определить напряжения от действующих факторов. Прежде всего, необходимо рассматривать напряжения, развивающиеся в цементобетонном покрытии от внешней нагрузки.

Прямоугольная плита монолитного или сборного покрытия с любым отношением сторон в плане, загруженная центральной нагрузкой, равномерно распределенной по прямоугольному отпечатку любого размера, с любым отношением его сторон, параллельных сторонам плиты, может быть рассчитана с помощью таблиц акад. Б.Г. Галеркина [1].

В тех случаях, когда форма отпечатка нагрузки не может быть представлена кругом или квадратом (грейдеры, катки, машины на гусеничном ходу) используют принцип независимости действия и суммируют влияние ряда сил P_i (рис. 14.1, а, б), прикладываемых в центрах тяжести малых участков с номерами i (i = 1, 2, n; n - число этих сил), на которые поделены отпечатки нагрузок (рис. 14.1, в). Моменты в расчетном сечении плиты, принятой бесконечной в плане:

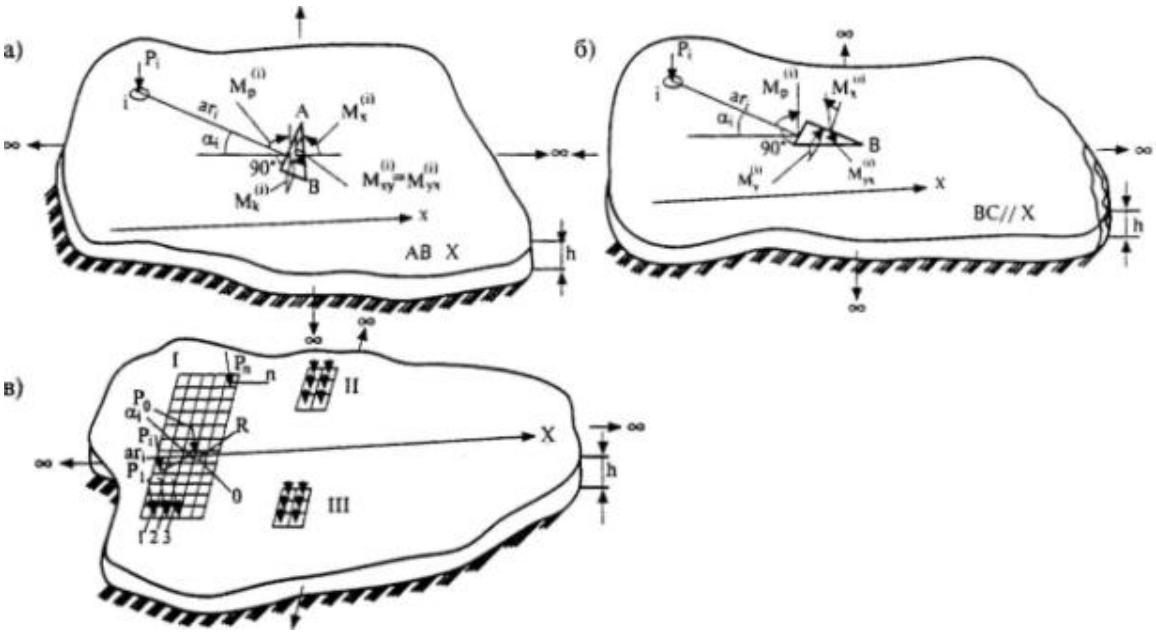


Рис. 14.1. Схема к определению моментов в расчетном сечении плиты от системы грузов:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$M_0 = \frac{C(1+\mu)P_0}{2\pi a R}$

I, II, III - отпечатки нагрузок (форма и число отпечатков - любые); P_0 - сила в расчетном сечении 0

$$M_X = M_0 = \sum_{i=1}^{i=n}\left[(A_i + \mu B_i)\cos^2\alpha_i + (B_i + \mu A_i)\sin^2\alpha_i\right]P_i;$$

$$M_Y = M_0 = \sum_{i=1}^{i=n}\left[(A_i + \mu B_i)\sin^2\alpha_i + (B_i + \mu A_i)\cos^2\alpha_i\right]P_i;$$

$$M_{XY} = \frac{1-\mu}{2}\sum_{i=1}^{i=n}(A_i - B_i)P_i \sin 2\alpha_i;$$

где

M_0 - изгибающий момент от силы P_0, приложенной в расчетном сечении и равномерно распределенной по участку с номером О (см. рис. 14.1, в);

M_X, M_Y - изгибающие моменты в расчетном сечении от всех сил, приложенных к упомянутым участкам;

M_{XY} - крутящий момент от всех сил в том же сечении;

R - радиус участка в расчетном сечении, представленного равновеликим кругом;

m - коэффициент Пуассона для бетона;

a - характеристика податливости плиты:

$$a = \frac{1}{h}\cdot\sqrt[3]{\frac{6E_0(1-\mu^2)}{E(1-\mu_0^2)}},$$

где

h - толщина плиты;

E - модуль упругости бетона;

E_0, m_0 - модуль упругости и коэффициент Пуассона для основания, которые принимаются эквивалентными в случае многослойного основания (см. разд. 14.4);

C - коэффициент, зависящий от произведения aR_i, определяемый по табл. 14.1;

A_i, B_i - коэффициенты, зависящие от произведения ar_i, определяемые по табл. 14.1;

r_i - расстояние от силы P_i до расчетного сечения (см. рис. 14.1, а, б);

a_i - угол между r_i и осью x (см. рис. 14.1, а, б).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Таблица 14.1.

Значения параметров A_i, B_i, C

ar_i и aR	A_i	B_i	C	ar_i и aR	A_i	B_i	C	ar_i и aR	A_i	B_i	C
0,05	0,287	0,208	0,091	0,8	0,073	0,004	0,367	2,0	0,021	-0,020	0,263
0,1	0,232	0,153	0,147	1,0	0,058	-0,006	0,364	2,2	0,017	-0,019	-
0,2	0,178	0,099	0,220	1,2	0,047	-0,013	0,353	2,4	0,014	-0,018	-
0,3	0,147	0,068	0,275	1,4	0,038	-0,017	-	26	0,012	-0,017	-
0,4	0,124	0,047	0,313	1,6	0,031	-0,019	0,309	2,8	0,010	-0,016	-
0,6	0,093	0,021	0,352	1,8	0,025	-0,019	-	3,0	0,008	-0,014	-

Ось x назначается произвольно, например, по направлению движения, поскольку плита принята бесконечной, а расчетными являются главные направления в крайних точках расчетного сечения.

Расчетных сечений может быть несколько, если учитывать несколько нагрузок. В этом случае расчетные сечения находятся под центрами отпечатков этих нагрузок, и тогда выбирают то из этих сечений, где главные напряжения будут наибольшими. Эти напряжения рассмотрены ниже.

Нормальные напряжения в крайних точках расчетного сечения:

$$\sigma_x = \frac{6M_x}{h^2};\ \sigma_y = \frac{6M_y}{h^2};$$

Наибольшие горизонтальные касательные напряжения в тех же точках:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$\tau_{x,y} = \tau_{y,x} = \frac{6M_{x,y}}{h^2}$$

Главные напряжения в этих точках:

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2};$$

$$\sigma_2 = 0;$$

$$\sigma_3 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2};$$

Располагая главными напряжениями, получаем возможность проверить прочность плиты в расчетном сечении.

Плита конечных размеров рассматривается здесь как бесконечная. Такой ее можно считать, если наименьшее расстояние от контуров отпечатков нагрузок до краев плиты 5 удовлетворяет условию:

$$\delta \geq 0{,}83h \cdot \sqrt[3]{\frac{E\left(1-\mu_0^2\right)}{E_0\left(1-\mu^2\right)}}.$$

При расположении нагрузки рассматриваемого типа на свободном краю или на свободном углу плиты могут быть использованы найденные выше изгибающие моменты M_x и M_y. Если нагрузка расположена на краю плиты, то из этих двух моментов выбирают наибольший и умножают на коэффициент 1,5. Если нагрузка расположена на углу плиты, то используются оба момента M_x и M_y и каждый из них умножается на коэффициент 1,45. По этим моментам может быть подобрана арматура для усиления края (растянута нижняя зона) и угла (растянута верхняя зона) плиты, если толщина плиты, полученная по главным напряжениям в центре, принимается постоянной.

14.2. Определение разрушающей нагрузки для плит цементобетонного покрытия

Определение разрушающей нагрузки представляет интерес для выявления действительных коэффициентов запаса прочности, которые получаются при сравнении эксплуатационных нагрузок с нагрузками, вызывающими разрушение

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

плиты. Кроме того, знание разрушающих нагрузок может оказаться необходимым для пропуска уникальных, тяжелых грузов в особых обстоятельствах.

Удовлетворительные результаты, близкие к данным экспериментальных исследований, для центральной части бетонной плиты дает формула для определения разрушающей нагрузки:

$$P_p = \frac{\pi R_{pu} \cdot K \cdot m \cdot h^2}{3\left(1 - \sqrt[3]{\frac{p_0 - \gamma h}{p}}\right)},$$ где

(14.1)

R_{pu} - нормативное сопротивление бетона растяжению при изгибе;

K - коэффициент однородности бетона;

m - коэффициент условий работы;

h - толщина плиты;

p_0 -предельное вертикальное давление на основание в зоне разрушения плиты;

g - объемный вес бетона;

p - давление нагрузки на поверхность ее отпечатка, принятое равномерным.

Из формулы (14.1) видно, что разрушающая нагрузка нелинейно зависит от предельного давления на основание. Так, при увеличении этого давления в 0,182/ 0,075 = 2,42 раза, разрушающая нагрузка возрастает только в 795/564 = 1,41 раза. Таким образом, разрушающая нагрузка растет медленнее, чем предельное давление на основание.

Значение p_0 должно быть определено из опытов над различными видами подстилающих грунтов при разных климатических и гидрогеологических условиях. Если p_0 не известно, то в приближенных расчетах и при весьма слабых основаниях можно в формуле (14.1) пренебречь величиной

$\sqrt[3]{\frac{p_0 - \gamma h}{p}}$ в сравнении с единицей.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Для приближенного учета p_0 можно воспользоваться значениями нормативных давлений на грунты основания.

Зависимость между отношением расчетной нагрузки на колесо к разрушающей *Pp* по формуле (14.1) и общим количеством нагружений автомобильной дороги *N*, представленная на рис. 14.2, получена на основе результатов испытаний в США по программе AA8HO и иллюстрирует усталость бетона при многократном загружении.

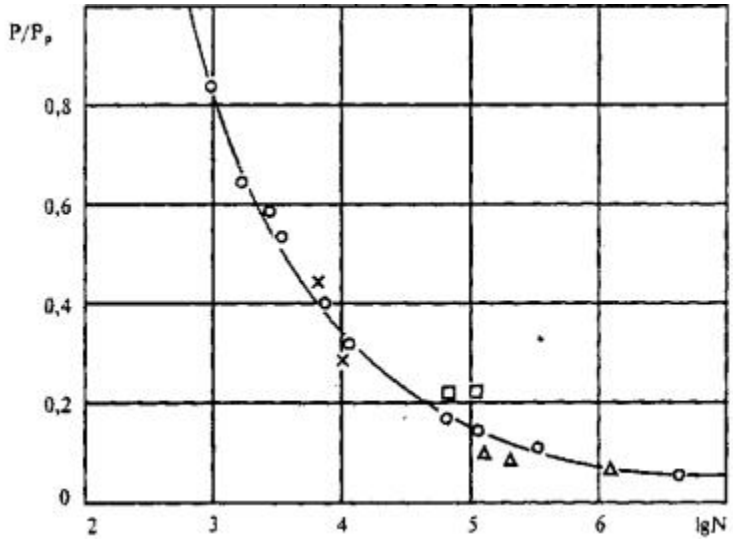


Рис. 14.2. Зависимость между отношением *P*/*Pp* от логарифма числа погружений *N*
Pp - разрушающая нагрузка, *P* - расчетная нагрузка на колесо

Определение глубины динамически активной зоны грунта под жестким дорожным покрытием подробно изложено в книге Жесткие покрытия аэродромов и автомобильных дорог/ Под ред. Г.И. Глушкова. - М.: Транспорт, 1987.

Определение этой величины представляет интерес при решении вопроса о пропуске по цементобетонному покрытию сверхнормативных тяжеловесных нагрузок, способных вызвать чрезмерные активные напряжения сдвига и остаточные деформации в основании и грунте земляного полотна и, в конечном итоге, привести к значительным перекосам плит и вертикальным смещениям плит в швах.

14.3. Определение напряжений в цементобетонном покрытии по прогибам, измеренным в натуре

На поверхности покрытия в исследуемой области размечают прямоугольную сетку (рис. 14.3) со сторонами D_x, D_y небольшой длины, тем меньшей, чем больше точность приборов, используемых для измерения прогибов. Определив разность

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

отметок в вершинах сетки до и после действия нагрузки, т.е. прогибы W_a, W_i, W_c, W_b, W_d и т.д., получим возможность выразить нормальные напряжения

$\sigma_y^{(i)}, \sigma_x^{(i)}$ и горизонтальные касательные напряжения

$\tau_{xy}^{(i)} = \tau_{yx}^{(i)}$ в крайних точках поперечного сечения, проходящего через центральный узел сетки i:

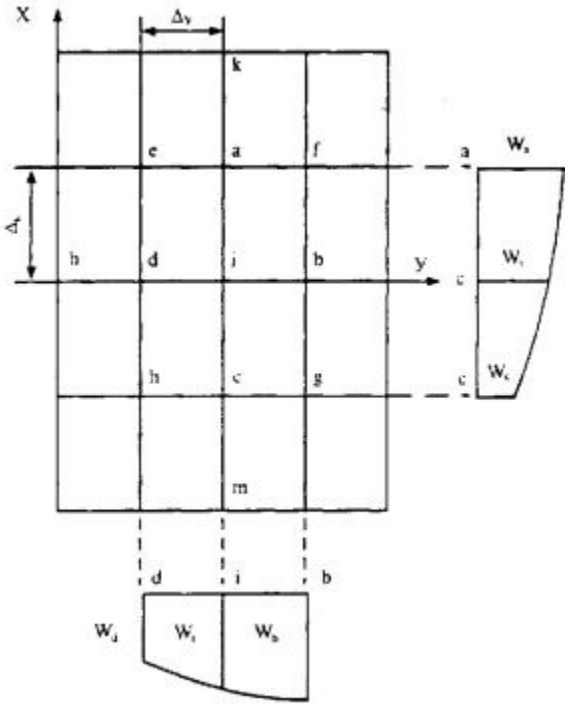


Рис. 14.3. Схема к определению напряжений на основе натурных измерений

$$\sigma_x^{(i)} = \pm \frac{Eh}{2(1-\mu)} \left[\frac{W_a - 2W_i + W_c}{(\Delta x)^2} + \mu \frac{W_b - 2W_i + W_d}{(\Delta y)^2} \right],$$

(14.2)

$$\sigma_y^{(i)} = \pm \frac{Eh}{2(1-\mu)} \left[\frac{W_b - 2W_i + W_d}{(\Delta y)^2} + \mu \frac{W_a - 2W_i + W_c}{(\Delta x)^2} \right];$$

(14.3)

$$\tau_{xy}^{(i)} = \tau_{yx}^{(i)} - \frac{Eh}{8(1+\mu)\Delta x \Delta y} \left(W_c + W_g - W_f - W_h \right),$$

где

(14.4)

E, *m* - модуль упругости и коэффициент Пуассона материала покрытия;

h - его толщина. (Прогибы вниз приняты положительными, верхние знаки относятся к верхним точкам сечения, нижние - к нижним точкам). Растягивающие напряжения приняты положительными.

Главные напряжения в этих точках:

$$\sigma_1^{(i)} = \frac{\sigma_x^{(i)} + \sigma_y^{(i)}}{2} + \frac{1}{2} \times \sqrt{\left(\sigma_x^{(i)} - \sigma_y^{(i)} \right)^2 + 4 \left(\tau_{xy}^{(i)} \right)^2};$$

(14.5)

$$\sigma_2^{(i)} = 0;$$

(14.6)

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$\sigma_3^{(i)} = \frac{\sigma_x^{(i)} + \sigma_y^{(i)}}{2} - \frac{1}{2} \times \sqrt{\left(\sigma_x^{(i)} - \sigma_y^{(i)}\right)^2 + 4\left(\tau_{xy}^{(i)}\right)^2}.$$

(14.7)

Располагая значениями

$\sigma_1^{(i)}, \sigma_2^{(i)}, \sigma_3^{(i)}$ получаем возможность проверить прочность в сечении *i* по известным теориям прочности. Приведенные формулы могут быть использованы также при определении напряжения от морозного пучения.

Из изложенного видно, что оценивать прочность покрытия следует по девяти упругим прогибам, измеренным в девяти точках, расположенных по схеме, представленной на рис. 14.3 и сгруппированных, как показано в формулах (14.2) - (14.4), но не по одному упругому прогибу, как это рекомендуется в некоторых работах. По такому прогибу можно судить только о жесткости дорожной одежды. Изложенным методом возможно также определить показатели жесткости основания и проверять прочность толстых плит при учете дополнительных членов [2].

14.4. Определение эквивалентного модуля упругости и коэффициента поперечной деформации многослойного основания под жестким дорожным покрытием

Предполагается, что дорожная плита лежит на упругом основании из конечного числа неоднородных слоев разной толщины. Эквивалентные значения модуля упругости $E_э$ и коэффициента поперечной деформации $m_э$ позволяют заменить многослойную толщу однородным слоем в пределах глубины активной зоны основания. Деформации материалов в слоях считаются малыми. Каждый слой деформируется по линейному закону в соответствии со своими упругими характеристиками. Эквивалентный модуль упругости [3]:

$$E_э = \frac{1}{\delta_i} \sqrt{A\left(1 - 2\mu_э^2\right)}$$

(14.8)

В формуле (14.8) принято:

$$A = 3\beta\frac{1+\mu_э}{1+\mu_1}E_{1(0)};$$

$$\delta_i = \sum_{i=1}^{i=n}\frac{h_i}{E_i};$$

При этом

$$\beta = \frac{1}{6}\sum_{k=1}^{k=n}h_k\left[\delta_k(2f_k + f_{k+1}) + \delta_{k+1}(2f_{k+1} + f_k)\right]$$

Здесь $m_э$ - средневзвешенное значение коэффициентов Пуассона материалов слоев;

$$\mu_э = \frac{\sum_{i=1}^{i=n}\mu_i \cdot h_i}{\sum_{i=1}^{i=n}h_i},$$

где
(14.9)

m_i - коэффициент Пуассона материала i-го слоя;

h - толщина этого слоя, см;

n - число слоев (определение $m_э$ по формуле (14.9) допустимо, поскольку значения m_i в слоях, как правило, мало различаются между собой);

$E_{1(0)}$, m_1 - модуль упругости и коэффициент Пуассона материала первого слоя (счет слоев сверху вниз);

E_i - приведенный модуль упругости i-го слоя, МПа;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$E_i = \frac{E_{i(0)}}{1 - 2\mu_i^2},$$ где

$E_{i(0)}$ - модуль упругости *i*-го слоя;

$d_к$ - функция вертикальных смещений в слоях;

$f_к$, $f_{к+1}$ - значения функции, определяющей ординаты эпюры напряжений сдвига на границах слоев;

$$\delta_k = \sum_{i=k}^{i=n} \frac{h_i}{E_i}; \delta_{k+1} = \sum_{i=k+1}^{i=n} \frac{h_i}{E_i};$$

$$\delta_n = \frac{h_n}{E_n}; \delta_{n+1} = 0;$$

$$f_k = \frac{1}{\alpha} \sum_{i=k}^{i=n} \frac{h_i}{G_i}; f_{k+1} = \frac{1}{\alpha} \sum_{i=k+1}^{i=n} \frac{h_i}{G_i};$$

$f_1 = 1$; $f_{n+1} = 0$; G_i - модуль деформации сдвига в *i*-м слое, МПа;

$$G_i = \frac{E_{i(0)}}{2(1+\mu_i)}; \alpha = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{h_i}{G_i};$$

Часто в качестве $E_э$ используется средневзвешенная величина:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$E_э = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} E_{i(0)} \cdot h_i}{\sum_{i=1}^{i=n} h_i}.$$

Результаты определения $E_э$ по этой формуле будут приемлемыми, если модули упругости $E_{i(0)}$ и толщины h_i несущественно отличаются друг от друга.

14.5. Температурные напряжения

При изменении температуры по толщине плиты по линейному закону растягивающие напряжения на поверхности плиты при ограниченной возможности коробления ее, но в условиях беспрепятственных горизонтальных смещений составляют [4]:

для края плиты

$$\delta_o = \frac{1}{2} C_x E \alpha (t_н - t_в);$$

для середины плиты:

$$\delta_x = \frac{1}{2} E \alpha \frac{C_x + \mu C_y}{1 - \mu^2} (t_н - t_в);$$

$$\delta_y = \frac{1}{2} E \alpha \frac{C_y + \mu C_x}{1 - \mu^2} (t_н - t_в),$$

где

E, m - модуль упругости и коэффициент Пуассона материала плиты;

а - коэффициент температурного линейного расширения этого материала;

$t_н$, $t_в$ - температура нижней и верхней поверхностей плиты соответственно;

s_o, s_x - напряжения в направлении длины плиты L;

s_y - напряжение в направлении ширины плиты B;

C_x, C_y - параметры, характеризующие сопротивление короблению плиты в указанных направлениях соответственно (табл. 14.2).

Таблица 14.2.

Значения параметров C_x, C_y

y_x, y_y	C_x, C_y	y_x, y_y	C_x, C_y
0	0	4	0,5
1	0	5	0,7
2	0,02	6	0.9
3	0,01	7	1,0

В табл. 14.2 принято:

$y_x = L/l$; $y_y = B/l$, где

l - характеристика жесткости плиты на упругом основании:

$$l = 0{,}6h \cdot \sqrt[3]{\frac{E\left(1-\mu_0^2\right)}{E_0\left(1-\mu^2\right)}},$$

(14.10)

или

$$l = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12\left(1-\mu^2\right)k}},$$ где

(14.11)

h - толщина плиты;

E_0, m_0 - модуль упругости и коэффициент Пуассона основания;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

κ - коэффициент постели основания.

Формула (14.10) или (14.11) используется в зависимости от принятой в расчете модели упругого основания. Для многослойных оснований значения E_0, m_0, κ принимают согласно разд. 14.2, 14.3.

Если $t_в > t_н$, то наибольшие растягивающие напряжения будут в точках нижней поверхности плиты, а при $t_в < t_н$ такие же напряжения будут в точках верхней поверхности. В условиях полной невозможности коробления при $j_x = j_y$ ³ 0,7 будем иметь $C_x = C_y = 1$. Напряжения при изменении температуры по любому закону рассмотрены И.А. Медниковым [5]. Однако исследования показывают, что отклонение температурных изменений от линейного закона обычно не существенно влияет на температурные напряжения.

14.6. Устойчивость плит бетонных дорожных покрытий при повышении температуры

Необходимость устройства деформационных швов в бетонных покрытиях определяется степенью повышения температуры во время эксплуатации.

Ниже приводятся формулы критического повышения температуры (температурного скачка) D$t_к$ по отношению к температуре во время укладки бетонного покрытия.

1. **Покрытие состоит из одной полосы** без каких-либо закреплений по краям:

$$\Delta t_k = \frac{0{,}577}{\alpha C^2 \cdot \sqrt[6]{1-\mu_0^2}} \sqrt[3]{\left(\frac{E_0}{E}\right)^2},$$

где
(14.12)

E_0, m_0 - модуль упругости и коэффициент Пуассона подстилающего основания - при многослойном основании $E_0 = E_a$, $m_0 = m_a$ (см. разд. 14.1);

E, m - модуль упругости и коэффициент Пуассона материала плиты;

m в выражении 1 - m^2» 1 игнорируется;

а - коэффициент линейного температурного расширения этого материала (для цементобетона а = 0,00001);

C - параметр, определяемый в зависимости от показателя:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$n = 0{,}49\left(\frac{1}{h}\right)^4 \frac{E_0}{E}\sqrt[3]{\left(\frac{E_0}{E}\right)^2},$$

Значения *C* в зависимости от *n*:

20 £ *n* £ 97,8.....1,665

97,8 < *n* £ 200.....1,589

200 < *n* £ 1000.....1,532

При *n* > 1000 применима следующая формула:

$$\Delta t_k = \frac{0{,}23}{\alpha \cdot \sqrt[6]{1-\mu_0^2}}\sqrt[3]{\left(\frac{E_0}{E}\right)^2},$$

(14.13)

2. **Плита закреплена по трем сторонам**, четвертая сторона (у обочины) свободна от закреплений:

$$\Delta t_k = \frac{h^2}{\alpha \cdot (1-\mu) \cdot b^2} \cdot \left(\frac{\pi^2 \cdot b^2}{12 \cdot l^2} + \frac{k b^2 l^2 \left(1-\mu^2\right)}{\pi^2 E h^3} + \frac{1-\mu}{2}\right),$$ где

(14.14)

h - толщина плиты;

b - размер плиты в направлении ширины дороги;

l - размер плиты в направлении оси дороги;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$k = \frac{0{,}65 \cdot E_0}{h} \sqrt[3]{\frac{E_0\left(1-\mu^2\right)}{E\left(1-\mu_0^2\right)}};$$

E, m - модуль упругости и коэффициент Пуассона материала плиты;

E_0, m_0 - те же величины для основания, которые принимаются эквивалентными при многослойном основании (см. разд. 14.1).

Если учитывается возможность просадок основания или в случае, когда значение E_0 очень мало, то в запас устойчивости вместо формулы (14.14) рекомендуется следующая формула:

$$\Delta t_k = \frac{h^2}{\alpha \cdot (1+\mu) \cdot b^2} \cdot \left(\frac{\pi^2 \cdot b^2}{12 \cdot l^2} + \frac{1-\mu}{2} \right).$$

(14.15)

Если при этих условиях поперечные швы отсутствуют, т.е. покрытие имеет вид полосы неограниченной длины, имеющей закрепления только в продольном шве, а сторона у обочины по-прежнему свободна, то

$$\Delta t_k = \frac{h^2 \cdot (1-\mu)}{2\alpha \cdot (1+\mu) \cdot b^2}$$

(14.16)

Наоборот, если основание является весьма прочным, то вместо формулы (14.14) используют формулу:

$$\Delta t_k = \frac{1}{\alpha} \left[\sqrt{\frac{kh}{3E} \cdot \left(\frac{1-\mu}{1+\mu} \right)} + \frac{h^2 \cdot (1-\mu)}{2b^2 (1+\mu)} \right]$$

(14.17)

Приведенные формулы D$t_к$ обычно дают результаты, по которым можно заключить, что критический скачок температуры маловероятен в умеренном

климатическом поясе при устройстве покрытия в условиях положительных температур. Кроме того, если температура растет в течение длительного времени, то проявляется релаксация сжимающих напряжений. Это будет означать уменьшение вероятности продольного изгиба.

Вопрос о швах расширения в связи с изложенным решается следующим образом. Если ко времени появления высоких температур уложенный бетон набрал достаточную прочность на сжатие, когда сжимающее напряжение:

$$\sigma_c = \frac{E \cdot \alpha}{1-\mu} \cdot \Delta t_k \le R_c,$$ где

(14.18)

R_c - расчетное сопротивление бетона сжатию в рассматриваемом возрасте, то швов расширения по температурным условиям не требуется. Если же к этому времени бетон является свежеуложенным или условие (14.18) не удовлетворено, то швы расширения необходимы.

14.7. Прочность при усилении жестких покрытий слоем асфальтобетона или цементобетона

При усилении цементобетонной плиты слоем асфальтобетона или цементобетона, марка которого может быть иной, чем марка бетона старой плиты, возникает вопрос о необходимой толщине слоя усиления h_1, которую определяют следующим образом:

$$h_1 = \left(C_1 \cdot H - h_2\right) \cdot \sqrt[3]{\frac{E_2\left(1-\mu_1^2\right) \cdot K_g'}{E_1\left(1-\mu_2^2\right) \cdot K_g}},$$

где

(14.19)

$C_1$³ 1 - коэффициент, учитывающий слоистость цементобетонной плиты, способы и качество наращивания, состояние усиливаемого слоя;

H - толщина однослойной цементобетонной плиты, необходимая при расчетной нагрузке;

h_2 - толщина старого слоя;

E_2, m_2 - модуль упругости и коэффициент Пуассона материала старого слоя;

E_1, m_1 - то же для материала слоя усиления;

K'_g, K_g - коэффициенты динамичности для покрытий из нового и старого слоев соответственно (при отсутствии данных об этих коэффициентах можно принять

$K'_g = K_g$.)

В случае усиления цементобетоном: m_1 = 0,15-0,20, а при усилении асфальтобетоном m_1 зависит от температуры:

t,°C.....	+15	+10	+5	-10	-20
m_1	0,28	0,22	0,15	0,10	0,08

Отсюда видно, что при $t > 0$ отношение

$\frac{1-\mu_1^2}{1-\mu_2^2} \approx 1$. Коэффициент C_1 эмпирический, но приближенно при удовлетворительном состоянии усиливаемого слоя (без разрушения) и при возможности взаимного проскальзывания слоев

$$C_1 = \frac{1}{2} \cdot \left[1 + \frac{h_2}{H} + \sqrt[3]{1 - \left(\frac{h_2}{H} \right)^3} \right].$$

Ориентировочное значение C_1 при указанных условиях для многослойных бетонных покрытий:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$C_1 = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \sqrt[3]{n^2}\right),$$ где

n - число слоев. При прочном сращивании слоев $C_1 = 1$.

Определение толщины слоя усиления по формуле (14.19) не исключает необходимости прочности усиленного покрытия, так как эта формула дает только возможность обоснованно назначать толщину слоя усиления по условиям допустимых прогибов (второе предельное состояние).

Для проверки прочности в условиях, исключающих взаимное проскальзывание слоев плиты, можно воспользоваться разработками И.А. Медникова [6]. Здесь ограничимся записью формул для случая однослойной плиты со слоем усиления (двухслойная плита). Расчет проводится в следующем порядке.

Определяют расстояние Z между срединной и нейтральной поверхностями:

$$Z = \frac{h_2 \cdot (1 - \eta)}{2 \cdot (\eta + \beta)},$$ где

$h = E_1/E_2$; $b = h_1/h_2$; $0 > Z \, ^3 \, 0$

Затем при положительном изгибающем моменте, например, при загружении центра или нижней точке усиливаемого слоя бетона:

$$\left.\begin{aligned} \sigma &= \frac{M}{W} \le R_{pu} \cdot k \cdot m; \\ W &= \frac{2(\eta l_1 + l_2)}{h_1 + h_2 - 2z} \end{aligned}\right\},$$ где

(14.20)

M - расчетный изгибающий момент, определяемый так же, как и для плит из одного материала, но только цилиндрическую жесткость в данном случае получают по формуле:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$I_2 = \frac{1}{3}\left[\left(\frac{h_1+h_2}{2}-z\right)^3 - \left(\frac{h_1-h_2}{2}-z\right)^3\right];$$

$$\mu = \sqrt{1-\frac{(1-\mu_1^2)(1-\mu_2^2)(\eta+\beta)}{(1-\mu_2^3)\eta+(1-\mu_1^2)\beta}}$$

(14.21)

m - усредненный коэффициент Пуассона материалов слоев. Если вместо m по формуле (14.21) принять $m = 0{,}5(m_1 + m_2)$, то для расчетов в первом приближении этого будет достаточно;

R_{pu} - нормативное сопротивление растяжению при изгибе бетона усиливаемого слоя;

κ - коэффициент однородности этого бетона;

m - коэффициент условий работы усиленной плиты.

На этом расчет заканчивается, если h £ b^2, так как в рассматриваемом случае нейтральная поверхность проходит ниже усиливающего слоя или по контактной поверхности слоев. Если же $h > b^2$, то нейтральная поверхность проходит в усиливающем слое, и тогда может потребоваться проверка прочности по наибольшему растягивающему напряжению не только нижнего, но и верхнего слоя. Условие прочности по указанному напряжению s' в нижней точке этого слоя:

$$\left.\begin{aligned}\sigma' &= \eta\frac{M}{W'} \le R'_{pu}\cdot k'\cdot m;\\ W' &= W\frac{h_1+h_2-2z}{h_1-h_2-2z}\end{aligned}\right\},$$ где

(14.22)

R'_{pu} - нормативное сопротивление растяжению при изгибе материала верхнего слоя;

$\kappa\phi$ - коэффициент однородности этого материала.

Проверка напряжения s' не требуется, если $R'_{pu}\cdot k' \ge \eta\cdot R_{pu}\cdot k.$

При отрицательном изгибающем моменте, например, при загружении угла плиты, проверяют прочность по наибольшим растягивающим напряжениям в верхней точке слоя усиления и в точке на границе слоев, а также в материале

нижнего слоя. В этих двух точках следует проверять напряжения при условии, что нейтральная поверхность проходит в нижнем слое ($h < b^2$). При этом могут быть использованы записанные выше формулы за исключением формул (14.20), (14.22), а вместо них требуется применить соответственно следующие формулы:

$$\sigma_1 = \eta \frac{M}{W_1} \le R_{pu} \cdot k \cdot m,$$

$$W_1 = \frac{2(\eta' I_1 + I_2)}{h_1 + h_2 - 2z},$$

$$\sigma_1' = \eta \frac{M}{W_1'} \le R_{pu} \cdot k \cdot m,$$

$$W_1' = W_1 \frac{h_1 + h_2 + 2z}{h_2 - h_1 + 2z}$$

где

s_1 - растягивающее напряжение в верхней точке слоя усиления;

σ_1' - напряжение в точке на границе слоев в материале нижнего слоя.

Проверка напряжения s_1, не требуется при

$$R_{pu} \cdot k \ge \frac{1}{\eta} R_{pu}' \cdot k'$$

Если нейтральная поверхность при отрицательном моменте проходит в верхнем слое или на границе слоев $h \ge b^2$, то прочность достаточно проверить только в верхней точке слоя усиления по последним формулам для s_1 и

σ_1'.

14.8. Устойчивость против выпирания асфальтобетонного слоя на цементобетонном основании

Рассматривается предельное равновесие части асфальтобетонных слоев при положительных температурах, расположенной непосредственно под колесом и вблизи него и отсекаемой поверхностями на границе перехода асфальтобетона к скольжению по этим поверхностям. При этом исследуются условия, при которых из-под колеса происходит выпирание асфальтобетона в процессе наибольшей силы

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

торможения, развивающейся обычно на уклонах, на перекрестках перед светофорами и в местах остановки транспортных средств. Для общности принят двухслойный асфальтобетон, но формулы позволяют учесть укладку его и в один слой.

Введем обозначения:

$p = p^{(н)}к_1к_2$, где

(14.23)

p - расчетная интенсивность силы веса, передающейся колесом на покрытие;

$p^{(н)}$ - нормативная интенсивность той же силы;

$к_1$ - коэффициент перегрузки для нормативной нагрузки ($к_1$ ³ 1);

$к_2$ - коэффициент динамичности ($к_2$ » 1,10-1,15);

h_1; h_2 - толщина верхнего и нижнего слоя асфальтобетона;

c_1; c_2 - расчетные коэффициенты внутреннего сцепления асфальтобетона в верхнем и нижнем слоях;

$$c_i = c_i^{(н)}\left(n_{1i}, n_{2i}, n_{3i}\right);$$

(14.24)

i - номер слоя (i = 1; 2):

$c_i^{(н)}$ - нормативный коэффициент сцепления асфальтобетона соответствующего слоя;

n_{1i} - коэффициент однородности;

n_{2i} - коэффициент условий работы; (коэффициенты n_{1i}, n_{2i} имеют здесь обычный смысл).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

n_{3i} - коэффициент выносливости, учитывающий понижение сцепления со временем (явление усталости) в связи с повторяемостью нагрузки. Этот коэффициент ($n_{3i} < 1$) следует вводить в том случае, если величина $c_i^{(N)}$ определялась без учета повторяемости приложения нагрузки;

r_1; r_2 - расчетные углы внутреннего трения асфальтобетона верхнего и нижнего слоев. Эти расчетные значения следует определять по формуле аналогичной (14.24);

e - угол уклона дороги;

j_0 - коэффициент сцепления колеса с поверхностью покрытия при наибольшем торможении и расчетной температуре.

Предельное значение j_0:

$$\max \varphi_0 = \left(tg\varphi_1 + \frac{c_1}{\rho} \right) \frac{1}{\cos \varepsilon}$$

(14.25)

При $j_0 > \max j_0$ произойдет нарушение прочности покрытия вследствие среза асфальтобетона на поверхности дороги непосредственно под колесом, при этом колесо пойдет юзом. Таким образом, 0 £ j_0 £ $\max j_0$;

t - интенсивность касательной силы, передающейся колесом:

$t = j_0 \times r \times \cos e$.

(14.26)

Площадь отпечатка нагрузки аппроксимирована равновеликим прямоугольником с размерами **a**, **b**. Размер **a** по направлению движения.

Критерий устойчивости против выпирания асфальтобетона из-под колеса на поверхность дороги:

$E_1 \cos r_1 + E_2 \cos r_2$ £ $Q_1 \cos r_1 + Q_2 \cos r_2$, где

(14.27)

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

E_1, E_2 - активные силы в верхнем и нижнем слоях асфальтобетона, действующие по одну сторону от вертикальной плоскости, проходящей по передней границе отпечатка нагрузки (в направлении движения);

Q_1, Q_2 - пассивные силы в тех же слоях асфальтобетона, приложенные по другую сторону от этой плоскости. При этом

$$E_1 = \frac{L_1 z_1^2 + M_1 z_1 + N_1}{I_1 + K_1 z_1}.$$

(14.28)

Здесь

$$\left.\begin{aligned} L_1 &= G_1 - D_1 H_1; \\ M_1 &= A_1 + (B_1 + G_1) H_1 + D_1; \\ N_1 &= A_1 H_1 - B_1; \\ I_1 &= \sin(\rho_1 + \varepsilon) + \cos(\rho_1 + \varepsilon) tg(\rho_1 - \varepsilon); \\ K_1 &= \cos(\rho_1 + \varepsilon) - \sin(\rho_1 + \varepsilon) tg(\rho_1 - \varepsilon); \\ z_1 &= tg\alpha_1; \end{aligned}\right\}$$

(14.29)

a_1 - угол между вертикалью и плоскостью сползания в верхнем слое. В свою очередь в формулах (14.29) обозначено:

$$\left.\begin{aligned} A_1 &= 2c_1 h_1 b \sin\varepsilon; \\ B_1 &= 2c_1 h_1 b \cos\varepsilon, \\ G_1 &= [(t - c_1) b \cos\varepsilon - c_1 h_1 \sin(\alpha_0 - \varepsilon)] h_1; \\ D_1 &= \{[(t - c_1)\sin\varepsilon + p] - c_1 h_1 \cos(\alpha_0 - \varepsilon)\} h_1; \\ H_1 &= tg(\rho_1 - \varepsilon); \end{aligned}\right\},$$

(14.30)

В формуле (14.28) искомая сила E_1 является функцией z_1. Значение z_1, обеспечивающее максимум E_1:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$Z_1 = m_1\left(\sqrt{1+\frac{N_1 - m_1 \cdot M_1}{L_1 \cdot m_1^2}} - 1\right),$$

где

(14.31)

$m_1 = I_1/K_1$

(14.32)

Величины G_1 и D_1 в формулах (14.30) содержат угол a_0, который равен неизвестному углу a_1. Поэтому следует задаться углом a_0 приближенно, например, приняв $a_0 = p/4 - r_1/2$. Затем угол a_0 может быть уточнен методом последовательных приближений. В этом случае надо сначала задаться в формулах (14.30) указанным значением a_0. Затем, найдя по формуле (14.31) значение $z_1 = tga_1$, принять в формулах (14.30) угол a_0, равным найденному углу a_1. Далее по формуле (14.31) следует найти новое значение a_1. Если последнее мало отличается от предыдущего значения a_1, то этим можно удовлетвориться. В противном случае надо подставить в формулы (14.30) вместо a_0 последнее значение a_1 и снова обратиться к формуле (14.31). Так следует поступать до тех пор, пока a_1 очередного приближения будет мало отличаться от a_1 предыдущего приближения. Обычно требуется не более трех приближений.

Пассивное сопротивление Q_1 может быть получено из формулы (14.28), если в ней принять $p = t = 0$, изменить знаки c_1 и r_1 на обратные в выражениях (14.29) и (14.30) и изменить знак перед корнем в формуле (14.31). Последняя после этого примет вид:

$$z_1' = -m_1\left(\sqrt{1+\frac{N_1 - m_1 \cdot M_1}{L_1 \cdot m_1^2}} + 1\right),$$ где

(14.33)

$z_1' = tg\,\alpha_1'$; α_1' - угол между вертикалью и плоскостью выпирания в верхнем слое.

Значение $m_1 < 0$ из формулы (14.32), так как из формул (14.29) после изменения знака r_1 получится: $I_1 < 0$; $K_1 > 0$. Остальные формулы не приводим ввиду очевидности выкладок.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

При определении E_2 сохранятся все выражения от (14.22) до (14.32), если в них заменить индекс "1" на индекс "2", угол a_0 на

α_0' и, кроме того, значения p и t заменить на $p\phi$ и $t\phi$, вычисленные по формулам:

$$p' = p - 2c_1 \frac{h_1 \cos \alpha_1}{b \cos \varepsilon};$$

$$t' = t - 2c \frac{h_1 \sin(\alpha_1 - \varepsilon)}{b \cos \varepsilon},$$

(14.34)

Угол

α_0', равный неизвестному углу a_2, может быть вначале задан приближенно ($a_0 = p/4 - r_1/2$), а затем при необходимости уточнен подобно описанному выше в отношении угла a_0.

Пассивное сопротивление Q_2 может быть получено из формул для E_2. Для этого надо принять в формуле (14.34) $p = t = 0$, изменить знаки c_2 и r_2 на обратные во всех формулах, определяющих E_2, и изменить знак перед корнем в формуле, фиксирующей положение плоскости скольжения, после чего эта формула примет вид:

$$z_2' = -m_2 \left(\sqrt{1 + \frac{N_2 - m_2 \cdot M_2}{L_2 \cdot m_2^2}} + 1 \right),$$ где

$$z_2' = tg\,\alpha_2';$$

a_2 - угол между вертикалью и плоскостью выпирания в нижнем слое. Формула для Q_2 не приводится ввиду простоты указанных преобразований.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Если отличие в коэффициентах трения и сцепления асфальтобетона в верхнем и нижнем слоях не превосходит 20 %, можно не учитывать активного давления и пассивного сопротивления отдельно в каждом слое, а рассматривать общий слой толщиной $h = h_1 + h_2$ с осредненными значениями коэффициентов трения и сцепления:

$$c = \frac{c_1 h_1 + c_2 h_2}{h_1 + h_2};$$

$$\rho = \frac{\rho_1 h_1 + \rho_2 h_2}{h_1 + h_2}.$$

h, +h2

При этом вместо условия (14.27) получим следующее условие устойчивости против выпирания: E £ Q.

Для вычисления E можно использовать формулы (14.28)-(14.32) при указанных значениях h, c, r вместо h_1, c_1, r_1. Пассивное сопротивление Q определится из выражений для E таким же способом, как и Q_1 из формулы (14.27).

В данных формулах принят самый невыгодный случай, когда

$z_1 h_1 + z_2 h_2$ £ a.

Пример. Проверить устойчивость однослойного асфальтобетонного покрытия на цементобетонном основании при следующих данных:

h_1 = 3 см; j_0 = 0,8; e = 0; $c_1^{(н)} = 0{,}5$ МПа; r_1 = 35°; n_1 = 0,85; n_2 = 1; n_3 = 0,7; $p^{(u)}$ = 0,55 МПа; b = 22 см; a = 25 см; K_1 = 1,1; K_2 = 1,15.

Решение. По формуле (14.24) C_1 = 0,5´0,85×0,7 » 0,3 МПа. Аналогично r_1 = 35°´0,85×0,7 = 21°. При этом sinr_1 = 0,358; cosr_1 = 0,934; cos2r_1 = 0,743; tgr_1 = 0,384.

Расчетное давление колеса по формуле (14.23) p » 0,7 МПа. Интенсивность касательной силы по формуле (14.26) t = 0,56 МПа. Далее a_0 = 45° - 21°×1/2 = 34,5°. При этом sin a_0 = 0,566; cos a_0 = 0,824.

Предельное значение коэффициента j_0 по формуле (14.25) maxj_0 = 0,813. Таким образом, j_0 = 0,8 удовлетворяет условию j_0 < maxj_0.

Проверяем устойчивость на выпирание асфальтобетона из-под колеса. Для этого найдем силу напора (активную силу). По формулам (14.30) имеем: A_1 = 0; B_1 = 3,96 кН; G_1 = 1,5632 кН; D_1 = 4,3975 кН; H_1 = 0,384; по формулам (14.29):

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

L_1 = -0,122 кН; M_1 = 6,5125 кН; N_1 = - 3,96 кН; I_1 = 2 sin r_1 = 0,717;

$K_1 = \frac{\cos 2\rho_1}{\cos \rho_1} = 0{,}796;$ по формуле (14.32): m_1 = 0,902; по формуле (14.31): z_1 = 8,1. Наконец по формуле (14.28) E_1 = 5,72 кН.

Теперь определим силу сопротивления асфальтобетона выпиранию (пассивную силу). Для этого принимаем в формулах (14.30): p = 0; t = 0; c_1 = -0,3 МПа; r_1 = -21°. Тогда a_0 = 45°+21/2 = 55,5°. При этом sin a_0 = 0,824; cos a_0 = 0,566; tg r_1 = -0,384; sin r_1 = -0,358; cos a_0 = 0,934.

При этих данных получаем по формулам (14.30): A_1 = 0; B_1 = -3,96 кН; G_1 = 2,2025 кН; D_1 = 0,15295 кН; H_1 = -0,384; I_1 = 0,717; K_1 = 0,796. По формуле (14.32) m_1 = -0,902. По формулам (14.29): L_1 = 2,2613 кН; M_1 = 0,82 895 кН; N_1 = 3,96 кН. По формуле (14.33) имеем $z¢_1$ = 2,60. Наконец, по формуле (14.27) Q_1 =15,70 кН. Сопоставляя это значение с найденным выше значением E_1 = 5,72 кН, находим согласно выражению (14.27) при E_2 = 0, Q_2 = 0, что выпирания асфальтобетона из-под колеса не будет. Так как Q_1 получилось значительно больше, чем E_1, то уточнение угла методом последовательных приближений не требуется.

14.9. Устойчивость положения плиты со свободными краями при нагрузке от транспортных средств

Рассматривается дорожная или аэродромная прямоугольная плита со свободным контуром. Требуется проверить устойчивость ее положения на грунте при заданных размерах. Учитывается наиболее невыгодное расположение временной многоколесной нагрузки, когда одно колесо находится на углу плиты, а остальные колеса рассматриваемого ряда расположены у ее края (рис. 14.4).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

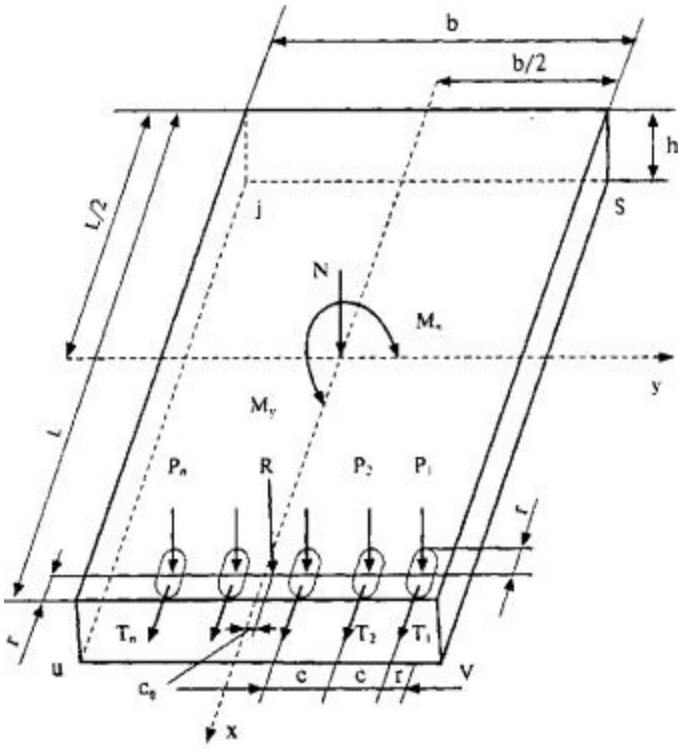


Рис. 14.4. Расположение временной многоколесной нагрузки на плите

В учитываемом ряду колеса являются наиболее тяжелыми. Прочие ряды колес переместились на соседнюю плиту. Принимая во внимание малость деформаций жестких покрытий, данное расположение нагрузки и свободный контур плиты, заключаем, что в этом случае упругие прогибы и кривизна плиты будут сконцентрированы у загруженного края и не будут иметь существенного значения для большей части плиты, вдали от этого края. Принимается, что уплотнение грунта в основании плиты обеспечивает его работу в пределах квазилинейных упругих деформаций. При указанных условиях может быть принята линейная эпюра нормальных напряжений в подошве плиты и использованы уравнения равновесия для абсолютно жесткого тела. Из этих уравнений получится известная формула нормальных напряжений при внецентренном действии сил:

$$\sigma = \frac{N}{F} + \frac{M_x}{I_x} y + \frac{M_y}{I_y} x,$$

где

N - нормальная сила;

s - нормальное напряжение в некоторой точке подошвы плиты ($s > 0$ при сжатии);

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

M_x, M_y- моменты относительно координатных осей x, y соответственно;

F - площадь плиты в плане;

x, y - координаты точек подошвы плиты;

I_x, I_y- моменты инерции площали подошвы;

$$I_x = \frac{lb^3}{12};\ I_y = \frac{l^3 b}{12},$$

l, b - размеры плиты в плане;

$N = R + l \times b \times h \times g$, где R - равнодействующая грузов

$$R = \sum_{i=1}^{n} P_i,$$

P_i - давление на колесо с учетом его веса и нормативных коэффициентов (динамичности, перегрузки); так как все грузы P_i равны между собой, то сила R расположена посередине ряда колес;

n - число колес в ряду;

h - толщина плиты;

g - удельный вес ее материала;

$M_x = R \times c_0$;

c_0 - расстояние силы R до оси x;

$$c_0 = -\left(\frac{n-1}{2}c + r - \frac{b}{2}\right) = \frac{b}{2} - r - \frac{n-1}{2}c; \quad (0 \geq c_0 > 0)$$

c - расстояние между осями колес;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

r - радиус отпечатка колеса.

Силы трения $T_i = P_i \times f$, где

f - коэффициент трения шины о поверхность покрытия.

Эти силы совместно с такими же силами в подошве создают пару с моментом $T_i h$ относительно оси y. При этом

$M_y = R(l/2 - rfh)$.

Условия устойчивости положения плиты:

первое условие устойчивости будет обеспечено, если по всей подошве плиты напряжения будут сжимающими (положительными) и лишь в наиболее удаленной указанной точке края, с обратной стороны от расположения нагрузки, напряжение может быть нулевым: $s_j \geq 0$ (j - упомянутая угловая точка; ее координаты: $x_j = -l/2$; $y_j = -b/2$);

второе условие состоит в том, что наибольшее по абсолютному значению напряжение не должно превосходить предельного для данного вида грунта при сжатии:

$$|\sigma_v| \leq \sigma_{пред}$$

(v - наиболее нагруженная угловая точка плиты; ее координаты: $x_v = l/2$; $y_v = b/2$; $s_{пред}$ - расчетное сопротивление грунта при сжатии;

по третьему условию вертикальное смещение наиболее нагруженного угла плиты:

$W_v = |s_v| K \geq W_{пред}$, где

K - коэффициент постели грунта;

$W_{пред}$ - нормативный предельный упругий прогиб.

При несоблюдении условий устойчивости размеры плиты требуется увеличить или устроить контурные связи плиты с соседними плитами*.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

*Глава 14, подготовленная проф. Медниковым И.А., перепечатана без изменения из Справочника инженера-дорожника (Проектирование автомобильных дорог: Справочник инж.-дор. / Под. ред. д-ра техн. наук Г.А. Федотова. - М.: Транспорт, 1989. - 438 с).

Список литературы к главе 14

1. Галеркин Б.Г. Собр. соч. в 2 т. - М.: Изд-во АН СССР, 1953.

2. Медников И.А. Использование результатов натурных измерений прогибов дорожных покрытий для определения кривизны и напряжений в них и показателей жесткости основания // Прочность и ресурс автомоб. и дор. конструкций. - М., 1986. - С. 77-84. - (Сб. тр. / МАДИ).

3. Медников И.А. Эквивалентные характеристики грунта для плит на упругом основании из конечного числа неоднородных слоев // Основания, фундаменты и механика грунтов. - 1969. - № 2.

4. Бабков В.Ф., Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог. Ч. 1. - М.: Транспорт, 1987. - С. 350-353.

5. Медников И.А. Некоторые вопросы расчета бетонных покрытий на температуру и нагрузку:. Сб. науч. тр. / Союздорнии. - М.: Транспорт, 1966. - Вып. 7. - С. 69-79.

6. Медников И.А. К теории изгиба многослойных и армированных дорожных плит: Сб. науч. тр. / Союздорнии. - М.: Транспорт, 1966. - Вып. 7. - С. 9-10.

ГЛАВА 15. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОВЕРХНОСТНОГО И ПОДЗЕМНОГО ДОРОЖНОГО ВОДООТВОДА

15.1. Система поверхностного и подземного дорожного водоотвода

Система дорожного водоотвода состоит из ряда сооружений и отдельных конструктивных мероприятий, предназначенных для предотвращения переувлажнения земляного полотна. Они служат для перехвата и отвода воды, поступающей к земляному полотну, или для преграждения доступа ее в верхнюю часть земляного полотна. В результате их действия должен быть обеспечен постоянный благоприятный режим влажности грунтовых оснований дорожных одежд.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Поверхностный водоотвод. Для надежного отвода поверхностной воды поперечному профилю земляного полотна и дорожной одежде придают выпуклое очертание; планируют и укрепляют обочины; устраивают прикромочные и поперечные лотки и боковые водоотводные канавы (кюветы); в некоторых случаях используют резервы и закладывают испарительные бассейны; устраивают нагорные канавы, перехватывающие воду, стекающую по склонам местности к дороге; на дорогах низших категорий применяют переливные насыпи и лотковые сооружения; для пропуска водотоков и воды из боковых канав под земляным полотном строят мосты и трубы; применяют другие сооружения, позволяющие отвести воду в сторону от земляного полотна.

При необеспеченном отводе поверхностной воды и возможном застое ее вблизи дороги в течение длительного времени назначают такое возвышение поверхности покрытия над расчетным уровнем грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод (а также над поверхностью земли на участках с необеспеченным стоком), чтобы капиллярное поднятие не достигало верхних слоев грунтового основания дорожной одежды. Возвышение поверхности покрытия - наиболее эффективный способ обеспечения прочности дорожных одежд. Повышение же земляного полотна при современных средствах механизации, как правило, не вызывает существенных затруднений и заметного удорожания стоимости строительства.

Поперечный уклон, придаваемый поверхности покрытия от середины к обочинам, зависит от типа покрытия (см. разд. 8.6). Чем меньше ровность поверхности покрытия, тем больше поперечный уклон ему придают, так как вода, испытывая сопротивление стеканию, может застаиваться в местных понижениях и просачиваться в покрытие и под него. Однако требования удобства движения автомобилей вынуждают ограничивать крутизну поперечного уклона минимальным значением, обеспечивающим сток воды.

Обочинам придают больший поперечный уклон, чем покрытию, так как при эксплуатации на их поверхности могут появляться неровности, вызываемые заездом автомобилей в неблагоприятную погоду, а застои воды на грунте обычно приводят к переувлажнению земляного полотна.

На участках дорог I-III категорий с продольными уклонами более 30 ‰ для защиты обочины предусматривают продольные лотки (лотковый профиль) со сбросом воды по откосу при помощи специальных устройств через каждые 50-100 м. Однако в ряде случаев наблюдается переполнение лотков и размыв лотковых сбросов по откосам насыпей.

В пределах населенных пунктов, где вероятны частые заезды автомобилей на обочины, поверхность обочин укрепляют гравием, щебнем, шлаком, местными слабыми каменными материалами или обрабатывают вяжущими. Если обочины не

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

укреплены или вдоль краев покрытий нет укрепленных полос, условия работы краев покрытия резко ухудшаются, что часто вызывает их обламывание.

Для отвода воды от земляного полотна служат боковые, водоотводные, нагорные и осушительные канавы (рис. 15.1).

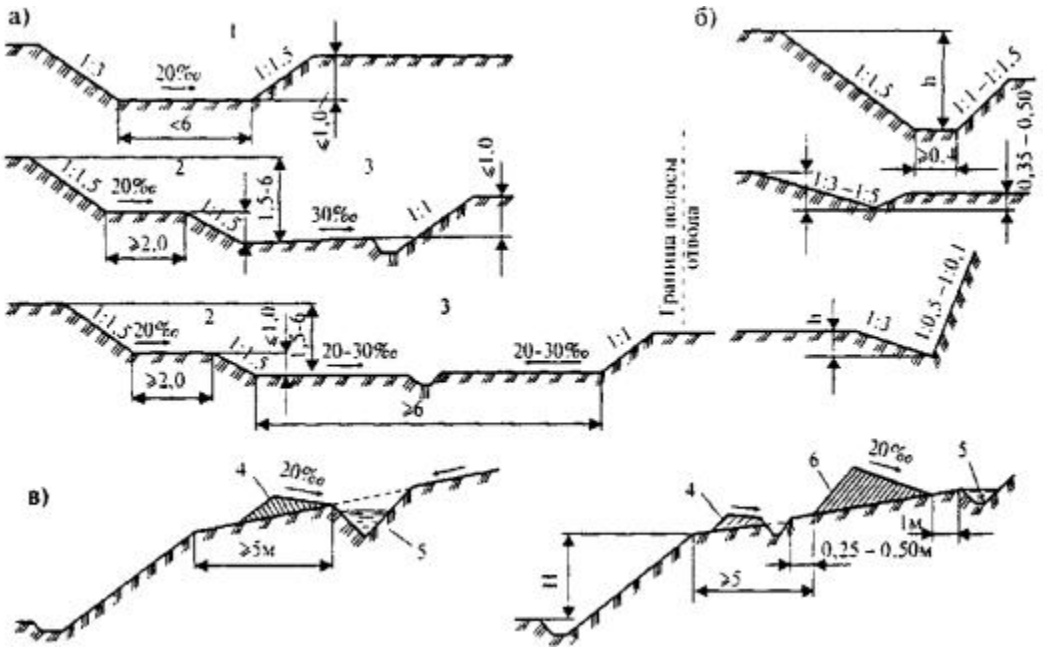


Рис. 15.1. Виды различных водоотводных канав:
а - канавы, совмещенные с боковыми резервами; б - трапецеидальные и треугольные боковые канавы; в - нагорные канавы у выемок;
1 - кювет-резерв; 2 - берма; 3 - резерв; 4 - банкет; 5 - нагорная канава; 6 - отвал

Боковые канавы (кюветы) устраивают в выемках и у насыпей с небольшими рабочими отметками. Они служат для отвода воды, стекающей во время дождя и таяния снега с поверхности дороги и прилегающей к ней местности. Эти канавы способствуют осушению верхней части земляного полотна в связи с испарением влаги с их внутренних откосов. Однако положительное действие боковых канав сказывается лишь при быстром удалении из них воды. При необеспеченном отводе воды и длительном ее застое канавы, напротив, становятся источниками проникновения воды в земляное полотно и его переувлажнения.

При водопроницаемых грунтах и недостаточно удовлетворительных условиях поверхностного стока боковым канавам придают трапецеидальное сечение с шириной по дну 0,4-0,5 м и глубиной до 0,7-0,8 м, считая от бровки насыпи. Откосам канав в выемках придают заложение 1:1,5-1:3, а у низких насыпей внутренний откос устраивают с заложением 1:3-1:4.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Если земляное полотно возводят в сухих местах с быстрым стоком поверхностных вод и грунтовые воды расположены глубоко, боковые канавы устраивают в виде треугольных лотков глубиной не менее 30 см. Крутизна откосов лотков 1:3-1:4 дает автомобилям, в случае необходимости, возможность съезжать с дороги. При водопроницаемых песчаных, щебенистых и гравелистых грунтах, обеспечивающих быстрое впитывание воды в любое время года, водоотводные канавы не устраивают.

В прочном скальном грунте делают треугольные лотки глубиной не менее 0,3 м с внутренним откосом 1:3 и внешним откосом 1:1 - 1:0,5 в зависимости от вида грунта. Глубину канав в равнинной местности назначают по опыту эксплуатации в указанных выше пределах, проверяя, в случае необходимости (при притоке воды с окружающей местности), пропускную способность канав гидравлическими расчетами.

Вероятность паводка принимают в зависимости от категории дороги. При этом глубину канав назначают таким образом, чтобы низ дренажных устройств дорожных одежд возвышался над дном канавы не менее чем на 20 см.

При гидравлических расчетах канав исходят из следующих вероятностей превышения расчетных паводков:

Категория дороги	I и II	III	IV и V
Вероятность превышения, %	1	2	3

Вода из боковых канав должна выводиться в пониженные места не реже чем через 500 м. Если дорога проходит по склону для вывода воды из канавы, расположенной с нагорной стороны, под земляным полотном прокладывают перепускные трубы. В местах перехода дороги из выемки в насыпь канавы отводят с нагорной стороны в резерв, а с низовой выводят в сторону от выемки с надлежащим укреплением.

Для стока воды по резерву дно его по окончании земляных работ тщательно планируют с уклоном 20 ‰ от насыпи. Резервам, ширина которых превышает 6 м, придают вогнутый профиль с уклонами к середине. При продольном уклоне резерва менее 5 ‰ для лучшего отвода воды в середине резерва делают канаву шириной по дну 0,4-0,5 м. Канавы, отводящие воду из резервов, должны быть обязательно укреплены против размыва.

Запрещается пропуск воды через выемку из кюветов на вышележащем участке насыпи. Верховой кювет должен быть выведен на нагорную канаву у выемки, а низовой отведен в сторону от дороги.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Водоотводные канавы предназначаются для выпуска воды из кюветов или находящихся недалеко от дороги котловин в расположенные поблизости пониженные места. Сечение водоотводных канав обычно принимают равным сечению тех канав, из которых отводится вода. Для лучшего пропуска воды и уменьшения объемов земляных работ откосы водоотводных канав следует устраивать наибольшей крутизны, допустимой по условиям устойчивости грунтов.

Во избежание размыва и заиления водоотводные канавы сопрягают с естественными водотоками по плавной кривой с радиусом, не меньшим десятикратной ширины канавы поверху.

Нагорные канавы служат для перехвата воды, стекающей по косогору к дороге и для отвода ее к ближайшим водопропускным сооружениям, в резервы и пониженные места рельефа.

Нагорным канавам придают трапецеидальное сечение, размеры которого обосновывают гидравлическим расчетом. При расчете учитывают увеличение бассейна канавы по мере удаления от водораздела. Поэтому сечение нагорных канав подбирают по отдельным участкам по мере возрастания площади водосборных бассейнов. С учетом экономической целесообразности вместо одной большой могут быть устроены две параллельные нагорные канавы меньшего сечения на некотором расстоянии одна от другой.

Нагорные канавы трассируют на местности с такими продольными уклонами, при которых вода не размывала бы грунт.

Во избежание оплывов или оползания откосов выемок в местах переувлажнения грунтов, которое может возникнуть в результате случайного засорения нагорных канав, расстояние этих канав от края выемки должно быть не менее 5 м. На косогорах с крутизной менее 1:5 грунт из нагорных канав используют для устройства невысокого валика (банкета) между выемкой и нагорной канавой. Банкет предохраняет дорогу от затопления при переполнении нагорной канавы.

По боковым, водоотводным и нагорным канавам вода стекает со скоростью, зависящей от их продольного уклона, поперечного профиля, величины шероховатости стенок и от глубины потока. При скорости течения, меньшей 0,4-0,5 м/с, взвешенные в воде грунтовые частицы выпадают из потока и образуют отложения наносов. Канава засоряется и в ней происходит застой воды.

Для предотвращения этого канавам придают продольный уклон, который должен быть не менее 5 ‰ в I-III и 3 ‰ в IV-V дорожно-климатических зонах. Если этому требованию удовлетворить нельзя, рабочую отметку насыпи увеличивают, чтобы поверхность покрытия заметно возвышалась над уровнем длительного стояния поверхностных вод.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

На участках дорог с большими продольными уклонами боковые канавы укрепляют по гидравлическому расчету, исходя из количества воды, притекающей к отдельным участкам канавы с дороги и прилегающей местности. Расчет ведут по отдельным участкам, учитывая постепенное увеличение расхода по длине канавы.

В тех случаях, когда сечение канав назначают не по гидравлическому расчету, тип укрепления принимают в зависимости от продольного уклона на основе многолетней практики (табл. 15.1).

Таблица 15.1.

Продольные уклоны канав

Типы укрепления	Уклоны, ‰	
	в песчаных грунтах	в суглинистых грунтах
Без укрепления	До 10	До 20
Одерновка	10-30	20-30
Мощение	30-50	30-50
Перепады и лотки	>50	>50

На больших уклонах дну канав придают ступенчатый продольный профиль, устраивая перепады из сборных железобетонных элементов, бетона, укладываемого на месте, каменной кладки, а на сельских дорогах - плетней и гравийной засыпки. Прилегающие к перепаду участки дна канавы укрепляют мощением. Между перепадами дну канавы придают уклон, не требующий укрепления или соответствующий принятому типу укрепления.

В равнинной местности степных районов IV-V дорожно-климатических зон, когда нельзя отвести воду от дороги по боковым и водоотводным канавам в естественные понижения рельефа, устраивают в стороны от дороги **испарительные бассейны**. Эти бассейны представляют собой котлованы, вокруг которых делают земляные валики для того, чтобы преградить доступ воды с окружающей местности. Иногда вместо специальных испарительных бассейнов

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

можно использовать резервы глубиной до 0,4 м, которые располагают на большем расстоянии от дороги, чем обычно.

Вместимость одного испарительного бассейна не должна превышать 200-300 м^3, глубина - 1,5 м, а уровень воды должен быть на 0,6 м ниже бровки земляного полотна. Расчет испарительных бассейнов сводится к подбору такой их вместимости, при которой количество влаги, стекающей с земляного полотна во время дождя, успевало испариться за период между дождями. Испарительные бассейны устраивают лишь в местностях, где климатические условия (небольшое количество осадков, высокая средняя годовая температура воздуха и сильные ветры) способствуют высокой испаряемости. В северных и центральных районах Европейской части Российской Федерации, характеризующихся слабой испаряемостью или водонепроницаемыми грунтами, они лишь способствуют заболачиванию местности.

Для испарительных бассейнов необходим дополнительный отвод земли. Если за ними постоянно не ухаживать, они зарастают сорняками и становятся источниками засорения прилегающих полей. Поэтому на участках с затрудненным водоотводом всегда целесообразно проектировать земляное полотно в насыпях с таким возвышением бровок, при котором отпадает необходимость в устройстве канав и испарительных бассейнов.

Прикромочные, дождеприемные и поперечные водосбросные лотки с водобойными устройствами на выходе из них применяют для отвода воды с поверхности проезжей части и разделительной полосы внегородских автомобильных дорог I-III категорий. Как правило, эти сооружения устраивают из типовых сборных железобетонных блоков, а в отдельных случаях и из монолитного бетона.

Прикромочные лотки располагают вдоль кромки проезжей части или остановочной полосы дороги. Они имеют треугольное поперечное сечение шириной 75(50) см и глубиной 7-9 см.

Из прикромочных лотков воду отводят в водосбросные лотки дождеприемными (переходными, сопрягающими) лотками, также состоящими из типовых элементов. Эти лотки имеют очертания соответствующие направлению продольных уклонов. На участках спусков дороги применяют дождеприемные лотки несимметричного, а в пониженных местах симметричного очертания в плане.

Из дождеприемных лотков воду сбрасывают по откосам телескопическими водосбросными лотками (быстротоками), состоящими из железобетонных элементов заводского изготовления. Для предохранения подошвы насыпи от размыва в конце этих лотков устраивают укрепленные бетонными плитами (размером 49´49´8 см) площадки шириной по 2 м, за которыми устанавливают бетонную стенку в качестве гасителя энергии потока.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Все места сопряжения и швы между сборными железобетонными элементами заполняют монолитным бетоном.

Водопропускные сооружения устраивают в местах пересечения автомобильными дорогами суходолов, ручьев, оврагов или балок, по которым стекает вода от дождей и таяния снега. Количество водопропускных сооружений зависит от климатических условий и рельефа местности; стоимость водопропускных сооружений составляет 8-15 % общей стоимости строительства автомобильных дорог с усовершенствованными покрытиями. Поэтому правильный выбор типа и рациональное проектирование водопропускных сооружений, позволяющие индустриализировать их строительство, имеют большое значение для снижения стоимости дороги.

В различных климатических и рельефных условиях количество водопропускных сооружений на 1 км дороги в среднем составляет:

Пустыни и полупустыни.....0,3

Болотистые районы.....1,0

Равнины.....0,5-1,0

Среднехолмистый рельеф.....0,7-1,2

Сильно пересеченный рельеф.....1,0-1,5

Горные районы.....1,5-2,0

Районы искусственного орошения.....3,0

К основным видам водопропускных сооружений относят **мосты и трубы**. Меньшее распространение имеют другие типы сооружений, пропускающие воду переливом через земляное полотно - **переливные насыпи и лотковые сооружения**, применяемые на автомобильных дорогах низших категорий.

Водопропускные сооружения должны быть удобными для движения автомобилей и обеспечивать пропуск воды без вреда для дорожных сооружений. Обеспечение выполнения этих требований при обязательном соблюдении принципа экономичности сооружений является сложной задачей, решаемой методами вариантного проектирования или математической оптимизации.

С точки зрения требований автомобильного транспорта в каждом конкретном случае наилучшим считают такое водопропускное сооружение, которое не меняет условий движения автомобилей, не требует изломов в плане и в продольном профиле дороги, не стесняет проезжую часть и обочины, а также не нуждается в

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

изменении типа дорожного покрытия. В этом отношении наилучшим типом малых водопропускных сооружений считают трубы, которые свободно можно располагать при любых сочетаниях элементов плана и продольного профиля трассы, различных углах пересечения водотока и любых высотах насыпи с сохранением постоянного типа покрытия на всем протяжении дороги. Поэтому количество труб составляет почти 95 % общего количества водопропускных сооружений на автомобильных дорогах.

Устройство мостов предъявляет большие требования к продольному профилю дорог. Расположение мостов на вертикальных и горизонтальных кривых или на больших продольных уклонах вызывает усложнение их конструкций. Значительная высота насыпи, например, при пересечении глубоких оврагов вынуждает строить даже при малых расходах воды высокие мосты с большой длиной по настилу, что приводит к значительному удорожанию сооружения.

Указанные обстоятельства позволяют рассматривать трубы как основной тип малых водопропускных сооружений на постоянных и периодически действующих водотоках при отсутствии ледохода. В современном дорожном строительстве наибольшее распространение находят железобетонные мосты и круглые или прямоугольные трубы из сборных элементов стандартных размеров, заранее изготовляемых на централизованных базах или заводах железобетонных конструкций (ЖБК). В горной местности на дорогах низшей категории иногда устраивают трубы из каменной бутовой кладки.

Для повышения пропускной способности труб без увеличения высоты насыпи устраивают многоочковые, уложенные рядом небольшого диаметра трубы. Наблюдения показали, что в этих случаях расход равномерно распределяется между трубами. Действующие нормы проектирования допускают устраивать трубы, состоящие не более чем из 3 отверстий круглого и из 2 отверстий прямоугольного поперечного сечения.

Переливные насыпи, допускающие перелив паводочных вод через полотно дороги применяют на автомобильных дорогах III-V категорий. Целесообразность применения таких насыпей обосновывают технико-экономическими расчетами с учетом не только стоимостных показателей, но и убытков от перерывов движения транспорта. При допущении движения транспортных средств во время перелива предусматривают ограждения-ориентиры.

Лотковые сооружения, предназначенные для перелива воды через дорогу, представляют собой либо укрепленные бетонными элементами или монолитным бетоном пониженные участки насыпей автомобильных дорог низших категорий (IV и V), либо участки с отверстиями в виде круглых или прямоугольных труб, пропускающих лишь часть общего расхода.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Лотки без отверстий применяют при пересечении периодически действующих водотоков с глубиной не более 0,15-0,20 м, когда отсутствуют или имеют неопределенный характер водоразделы между смежными водосбросами или когда ожидают увеличение расчетных расходов в результате их перераспределения между отдельными водотоками.

Лотки с отверстиями, как правило, применяют в местах, где имеются небольшие постоянные или распластанные водотоки и периодически возможны большие внезапные ливневые расходы.

Подземный водоотвод. Для предотвращения воздействия грунтовых вод на земляное полотно и дорожную одежду предусматривают достаточное возвышение поверхности покрытия над их уровнем, устраивая в теле земляного полотна прослойки для прерывания перемещения капиллярной, пленочной и парообразной влаги, а также дренажи для понижения уровня этих вод.

К системе дорожного водоотвода относят также **подстилающий (дренирующий) слой дорожных одежд** из песка, гравия и других крупнозернистых материалов, который собирает воду, проникающую через обочины, трещины и швы в покрытиях (рис. 15.2, а). Воду из дренирующего слоя в особо благоприятных условиях отводят на откосы насыпи или в боковые канавы дренажными воронками (рис. 15.2, б, в). В весенний период дренирующий слой собирает воду, которая попадает из верхних слоев земляного полотна при таянии ледяных прослоек, образовавшихся на пучинистых участках в процессе зимнего влагонакопления. Дренирующие песчаные слои особенно важно устраивать во II и III дорожно-климатических зонах, при пылеватых грунтах земляного полотна.

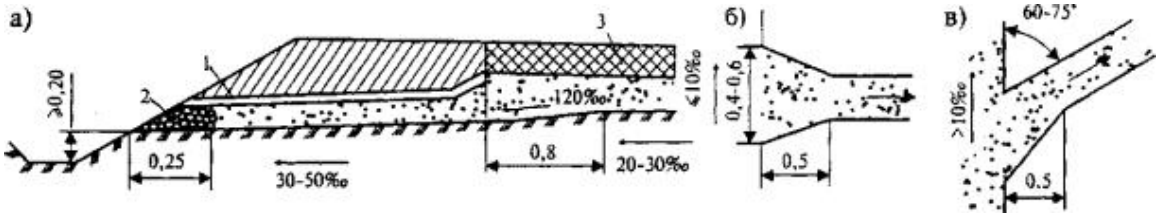


Рис. 15.2. Дренажные воронки:
а - разрез по полотну дороги; б - примыкание воронки к песчаному слою при малых уклонах; в - тоже при уклоне более 10 ‰;
1 - прослойка дерна или мха; 2 - щебень или гравий; 3 - дорожная одежда

В зависимости от ширины проезжей части и климатического района строительства песчаные материалы для дренирующего слоя должны в уплотненном состоянии иметь коэффициент фильтрации от 3 до 10 м /сут. Толщину подстилающего песчаного слоя назначают не менее указанной в табл. 15.2.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Дренажные воронки заполняют хорошо дренирующим материалом (одноразмерным щебнем, галькой размером 40-60 мм и т.д.), по которому вода просачивается из земляного полотна. Дренажные воронки имеют сечение 0,4´0,2 м и их располагают через 4-6 м в шахматном порядке (см. рис. 15.2, б).

Таблица 15.2.

Толщина песчаного подстилающего слоя

Покрытия	Грунты земляного полотна	Толщина подстилающего слоя при увлажнении, см		
		избыточном	нормальном	недостаточном
Цементобетонные	Мелкие пески	15	10	10
	Супеси	20-25	15-20	10
	Суглинки тяжелые и глины	25-35	20-25	15
	Пылеватые грунты	35-50	25-40	15-20
Нежесткие	Мелкие пески	10	-	-
на дорогах	Супеси	20	15	10
I-III категорий	Суглинки тяжелые и глины	30	20	15
	Пылеватые грунты	35	25	20
Нежесткие	Мелкие пески	10	10	-

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

на дорогах	Супеси	15	15	10
IV и V категорий	Суглинки тяжелые и глины	25	20	15
	Пылеватые грунты	30	20	15

Пропускная способность дренажных воронок невелика, поэтому для отвода воды, заполнившей поры песчаного основания, необходимо значительное время. Обочины, часто покрытые зимой слоем снега, начинают оттаивать примерно на неделю позже, чем грунт под проезжей частью. В наиболее ответственный для службы дороги период весеннего оттаивания воронки находятся в промерзшем состоянии и не могут отводить воду, поступающую под проезжую часть и скапливающуюся в песчаном дополнительном слое основания.

Значительное увеличение пропускной способности воронок возможно путем их уширения, поэтому часто соседние дренажные воронки объединяют в сплошной дренирующий слой (см. рис. 15.2, а). Такое устройство песчаного слоя имеет также некоторые технологические преимущества.

В местах с неблагоприятными грунтово-гидрологическими условиями воду из дренирующего слоя отводят поперечными и продольными **дренажными трубками** из асбоцементных или керамических (гончарных) труб (рис. 15.3). Вместо трубок могут быть устроены прорези, заполненные крупным дренирующим материалом.

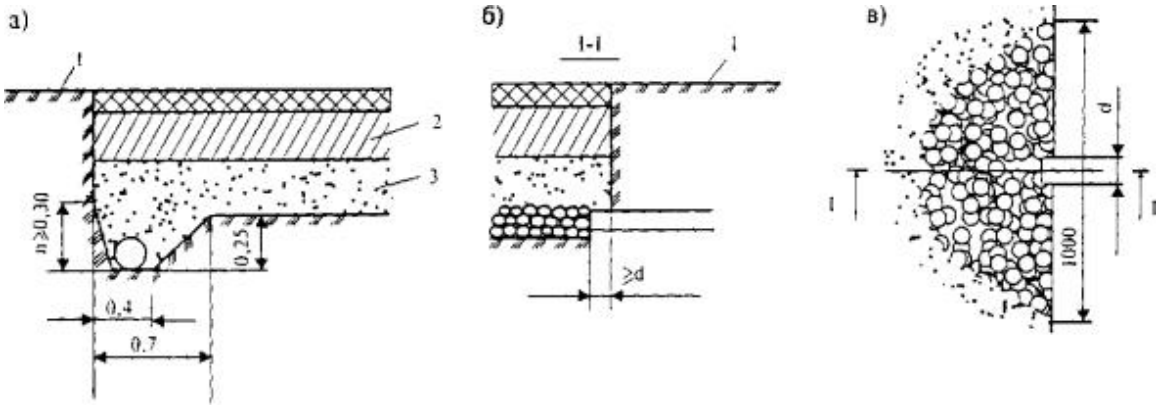


Рис. 15.3. Дренажные трубки, укладываемые в песчаный слой:
а - продольная труба; б - приемная часть поперечной трубы; в - то же в плане;
1 - обочина; 2 - слои дорожной одежды; 3 - песчаный слой

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

При использовании дренажных труб необходимо принимать меры, предотвращающие проникание потока холодного воздуха в земляное полотно.

Закрытый дренаж (рис. 15.4) состоит из уложенной в грунте дрены - трубы (гончарной, керамической, бетонной или деревянной), в стенах которой устраивают отверстия для приема воды. Нередко вода поступает в эти трубы в стыках между звеньями, которые укладываются концами на специальные подкладки, исключающие смешение одного звена относительно другого. Чтобы труба не засорялась грунтом, ее окружают пористой засыпкой, крупность которой уменьшается по направлению к стенкам траншеи. Пористая засыпка собирает притекающую из грунта воду, которая стекает по трубе. В некоторых случаях вместо трубы устраивают каменную наброску.

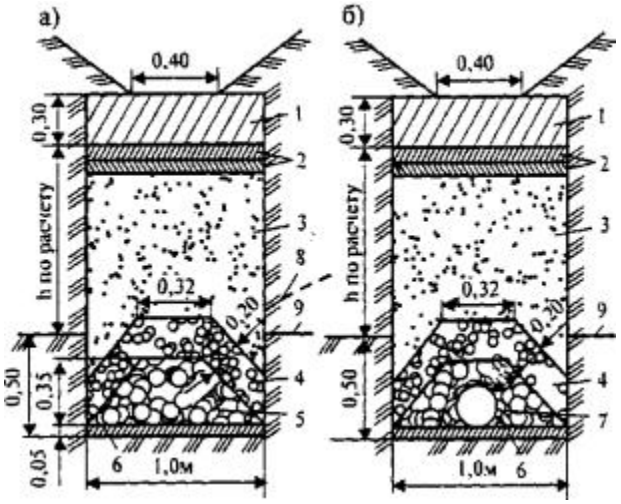


Рис. 15.4. Поперечные сечения закрытого дренажа:
а - с каменной (фильтрующей) засыпкой; б - с дренажной трубой;
1 - утрамбованная глина; 2 - два слоя дерна корнями вверх или 3 см грунта, обработанного битумом; 3 - крупнозернистый или среднезернистый песок; 4 - щебень или гравий крупностью 5-10 мм; 5 - тоже 40-70 мм; 6 - щебень, втрамбованный в грунт; 7 - керамическая или асбоцементная труба диаметром 15-20 см; 8 - кривая депрессии; 9 - водоупор

Дренажи можно использовать как для понижения уровня грунтовых вод, так и для перехвата грунтовой воды, притекающей к дороге со стороны. Осушающее действие дренажей заключается в том, что при заглублении в грунт ниже уровня грунтовых вод труба или канава отводит воду, которая просачивается из прилегающей части грунта, в результате чего вблизи от дренажа образуется осушенная зона.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

15.2. Нормы допускаемых скоростей течения воды

Допускаемые скорости течения воды для грунтов используют при расчетах размыва в канавах, за малыми водопропускными сооружениями, при проверке возможностей геологического ограничения размыва под большими и средними мостами. Нормы допускаемых скоростей течения для укреплений необходимы, чтобы назначить виды укреплений канав, подмостовых русел и укреплений других различных сооружений, подверженных опасному воздействию воды.

В табл. 15.3 приведены допускаемые донные и средние скорости течения для **несвязанных грунтов** при плоском равномерном движении воды. Для грунтов с размером частиц крупнее d ³ 0,001 м донные неразмывающие скорости составляют:

$v_{0д} = 1{,}6\sqrt{gd}$,где

(15.1)

g - ускорение свободного падения, м/с^2;

d - диаметр частиц, м.

Таблица 15.3.

Донные и средние допускаемые (неразмывающие) скорости для несвязанных грунтов

Грунт	Размер частиц, мм	Донная неразмывающая скорость, м/с	u_0 м/с, при значениях d для естеств. русел		Средние неразмывающие скорости v_0, м/с, воды при м										
			0,7	0,9	0,2	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Песок:															

мелкий	0,05	0,20	0,30	0,20	0,40	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,70	0,75	0,75	0,80	0,8
средний	0,25	0,20	0,30	0,20	0,45	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,80	0,85	0,85	0,8
крупный	1,00	0,20	0,35	0,20	0,50	0,60	0,65	0,75	0,80	0,80	0,85	0,90	0,90	0,95	0,9
Гравий:															
мелкий	2,50	0,25	0,35	0,30	0,50	0,60	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90	0,95	0,95	1,0
средний	5	0,35	0,50	0,40	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05	1,10	1,10	1,15	1,20	1,20	1,2
крупный	10	0,50	0,70	0,55	0,85	0,95	1,05	1,20	1,35	1,35	1,40	1,45	1,50	1,50	1,5
Галька:															
мелкая	15	0,60	0,90	0,70	0,95	1,10	1,25	1,40	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,8
средняя	25	0,80	1,15	0,90	1,10	1,30	1,45	1,65	1,80	1,85	1,90	2,00	2,05	2,10	2,1
крупная	40	1,00	1,45	1,10	1,30	1,50	1,70	1,90	2,10	2,15	2,25	2,40	2,35	2,40	2,4
Булыжник:															
мелкий	75	1,40	1,95	1,50	1,60	1,90	2,10	2,40	2,60	2,55	2,75	2,85	2,90	3,00	3,0
средний	100	1,60	2,25	1,75	1,75	2,05	2,30	2,60	2,85	2,90	3,05	3,10	3,20	3,30	3,3
крупный	150	1,95	2,80	2,15	2,05	2,40	2,65	3,00	3,30	3,35	3,50	3,60	3,65	3,75	3,8

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Валуны:															
мелкие	200	2,25	3,20	2,50	2,20	2,60	2,95	3,30	3,60	3,70	3,85	3,95	4,05	4,15	4,2
средние	300	2,75	3,95	3,05	2,55	3,00	3,35	3,80	4,15	4,25	4,40	4,55	4,65	4,75	4,8
крупные	400	3,15	4,50	3,50	2,80	3,30	3,70	4,10	4,55	4,65	4,80	4,95	5,10	5,20	5,3
		и более													

Для более мелких грунтов эта скорость пропорциональна крупности частиц в степени 1/4, а для совсем мелких грунтов она не зависит от крупности. Наименьшая неразмывающая донная скорость не может быть меньше 0,2 м/с.

Переход от донной неразмывающей скорости $v_{o\partial}$ к средней v_o осуществляют делением на переходный коэффициент d. Для русел d = 0,7 и 8 = 0,9 (соответственно в меженной и побочневой его частях). Для искусственных русел, канав и т.д. (см. табл. 15.3) переходный коэффициент вычисляют по формуле:

$d = (h/d)^{1/6}$, где

h - глубина потока, м.

При расчетах удобно пользоваться значениями допускаемых элементарных расходов, а не скоростей, т.е.

$q_o = v_o\, h$, где

v_o - неразмывающая средняя скорость, м/с.

Данные о значениях q_o для разных глубин при плоском равномерном движении воды приведены в табл. 15.4.

Таблица 15.4.

Допускаемые (неразмывающие) элементарные расходы для несвязанных грунтов

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Грунт	Средний диаметр частиц, мм	Неразмывающие элементарные расходы, $м^3/с$, при глубине ру												
		0,2	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14
Песок:															
мелкий	0,05	0,10	0,25	0,55	1,25	1,95	2,80	3,60	4,45	5,30	6,20	7,10	8,10	10,00	12,0
средний	0,25	0,10	0,25	0,60	1,35	2,15	3,00	3,90	4,83	5,85	6,75	7,70	8,80	10,80	13,0
крупный	1,00	0,10	0,30	0,65	1,45	2,30	3,30	4,25	5,25	6,25	7,35	8,35	9,35	11,70	14,1
Гравий:															
мелкий	2,50	0,10	0,30	0,70	1,55	2,50	3,45	4,50	5,55	6,60	7,70	8,85	10,00	12,60	14,8
средний	5	0,15	0,40	0,85	1,90	3,15	4,30	5,60	6,95	8,25	9,65	11,10	12,60	14,70	18,6
крупный	10	0,15	0,50	1,05	2,40	4,00	5,45	7,05	8,75	10,40	12,15	13,95	15,85	18,35	20,4
Галька:															
мелкая	15	0,20	0,55	1,25	2,75	4,55	6,20	8,10	10,00	11,95	13,90	16,00	18,15	21,00	26,8
средняя	25	0,20	0,65	1,45	3,30	5,40	7,35	9,60	11,95	14,15	16,50	19,00	21,55	25,00	31,8
крупная	40	0,25	0,75	1,70	3,85	6,30	8,60	11,20	13,80	16,50	19,25	22,15	25,20	29,10	37,1
Булыжник:															

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

мелкий	75	0,30	0,95	2,10	4,75	7,80	10,65	13,90	17,15	20,50	23,85	27,50	31,20	36,10	46,0
средний	100	0,35	1,05	2,30	5,20	8,55	11,65	15,20	18,65	22,40	26,10	30,05	34,10	39,50	50,4
крупный	150	0,40	1,20	2,65	5,95	9,80	13,40	17,45	21,60	25,80	30,00	34,50	39,15	45,30	57,8
Валуны:															
мелкие	200	0,45	1,30	2,95	6,55	10,80	14,75	19,20	24,70	28,30	33,00	38,00	43,05	49,85	63,5
средние	300	0,50	1,50	3,35	7,55	12,40	16,95	22,05	27,30	32,50	37,80	43,60	49,50	57,40	73,0
крупные	400	0,55	1,65	3,70	8,25	13,55	18,50	24,10	29,80	35,60	41,45	47,60	54,05	62,55	80,0
		и более													

Для связанных грунтов неразмывающая скорость течения зависит не от крупности частиц грунта, а от его плотности и внутреннего сцепления, меньшего в супесях и большего в глинах. Значение величины допускаемых донных и средних скоростей при различных коэффициентах перехода 8 и плоском равномерном движении воды приведены в табл. 15.5.

Таблица 15.5.

Допускаемые (неразмывающие) скорости для связанных грунтов

Грунт	Донная неразмывающая скорость, м/с	Средние неразмывающие скорости, м/с, при значениях *d* для естественных русел		Средние неразмывающие скорости, м/с, при глубине русел, м			
		0,7	0,9	0,2-0,5	1	2	3 и более

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Супесь:							
малоплотная	0,20	0,30	0,20	0,20	0,25	0,30	0,35
среднеплотная	0,30	0,45	0,35	0,30	0,40	0,45	0,50
плотная	0,40	0,55	0,45	0,40	0,50	0,55	0,60
очень плотная	0,50	0,70	0,5*5	0,50	0,60	0,70	0,80
Глина и суглинок:							
малоплотные	0,35	0,50	0,40	0,35	0,40	0,45	0,50
среднеплотные	0,70	1,00	0,80	0,70	0,85	0,95	1,10
плотные	1,00	1,40	1,10	1,00	1,20	1,40	1,50
очень плотные	1,40	2,00	1,55	1,55	1,40	1,90	2,10
Лесс:							
малоплотный	0,30	0,45	0.35	0,30	0,40	0,45	0,50
среднеплотный	0,60	0,85	0,65	0,60	0,70	0,80	0,85
плотный	0,80	1,15	0,90	0,80	1,00	1,20	1,30
очень плотный	1,10	1,55	1,20	1,10	1,30	1,50	1,70

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Допускаемые скорости течения воды для некоторых типов укреплений приведены в табл. 15.6.

Таблица 15.6.

Допускаемые скорости воды для укреплений

Тип укрепления	Размер камня, см	Допускаемые скорости течения, м/с, при средней глубине потока, м			
		0,4	1,0	2,0	3,0
Одерновка плашмя	-	0,9	1,1	1,3	1,4
То же в стенку	-	1,5	1,8	2,0	2,2
Одиночное мощение на щебне	15	2,5	3,0	3,5	4,0
Тоже	20	3,0	3,5	4,0	4,5
То же	25	3,5	4,0	4,5	5,0
Одиночное мощение с подбором лица и грубым приколом:					
на щебне	20	3,5	4,5	5,0	5,5
то же	25	4,0	4,5	5,5	5,5
то же	30	4,0	5,0	6,0	6,0

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Двойное мощение из рваного камня на щебне	15-20	3,5	4,5	5,0	5,5
Бутовая кладка из известняка	-	3,0	3,5	4,0	4,5
Бетон класса В30	-	6,0	7,0	8,0	9,0
Бутовая кладка из камня крепких пород	-	6,5	8.0	10,0	12,0

Примеры использования таблиц 15.3-15.5.

1. Элементарный расход воды в отверстии малого моста без укрепления q = 2,8 м^3/с. Грунт - мелкий песок. Глубина до размыва 2 м.

Необходимо определить глубину после размыва.

По табл. 15.4 устанавливаем интерполяцией, что q = 2,8 м^3/с соответствует глубине после размыва h = 4 м.

2. Средняя скорость течения в русле под большим мостом после размыва 1,45 м/с. Ожидаемая глубина после размыва h = 14 м. На глубине 10 м размывом вскрыт пласт мелкой гальки. Необходимо установить, будет ли галька ограничивать размыв.

По таблице 15.3 устанавливаем, что средняя неразмывающая скорость для мелкой гальки в русле (при d = 0,7) равна всего v_o = 0,90 м/с.

Следовательно, мелкая галька размыва не ограничит.

3. Определить по условиям примера 1, при какой скорости течения прекращается размыв.

По таблице 15.3 находим, что мелким пескам при h = 4 м соответствует средняя неразмывающая скорость v_o = 0,7 м/с.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

15.3. Определение объемов и расходов ливневых и талых вод с малых водосборов

Количество воды, притекающей к сооружению с малого водосбора, поддается теоретическому расчету. Однако при этом неизбежны некоторые допущения. Наиболее трудно учесть ход дождя, снеготаяния и впитывания воды в почву во времени. Расчеты по нормам стока ведут с одинаковой схематизацией для всех водосборов и со стандартной оценкой метеорологических факторов стока по достаточно большим районам. Считают, что вероятности превышения объемов и расходов стока совпадают с вероятностями превышения стокообразующих факторов, т.е. ливней и снеготаяния, вызывающих сток. На основании этого предположения по результатам длительных наблюдений за осадками и снеготаянием вычисляют расходы и объемы стока расчетной вероятности превышения, переходя к ним от метеорологических факторов по теоретико-эмпирическим зависимостям. Корректировка таких теоретических норм стока возможна только путем сопоставления размеров стока, зафиксированных инструментально одновременно с измерением метеорологических факторов. Однако наблюдений за стоком с малых водосборов проводилось немного, в связи с чем чаще всего ограничиваются расчетом расходов и объемов ливневого стока по нормам, без их корректировки по данным натурных измерений.

Упрощенно предполагают, что ливневые воды притекают к сооружению по почти треугольному гидрографу. Максимальный расход, т.е. наибольшая ордината гидрографа наблюдается весьма короткое время, однако он является расчетной величиной, подлежащей обязательному определению.

Действующие нормы по определению расчетных гидрологических характеристик рекомендуют для малых водосборов осуществлять расчет ливневого стока, пользуясь принципом «предельных интенсивностей».

Одним из способов расчета, основанном на принципе «предельных интенсивностей» и дающим все необходимые характеристики ливневого стока, используемые в дорожном проектировании, является методика, разработанная в МАДИ проф. О.В. Андреевым и А.Ф. Шахидовым. При этом целесообразно использовать характеристики метеорологических факторов стока, установленные Союздорпроектом. Так называемый «коэффициент неполноты (редукции) стока» также следует принимать по нормам Союздорпроекта.

В основе расчета лежит общая формула максимального расхода ливневого стока:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$Q^{P}_{max} = 16,7 \cdot a_{час} \cdot K_t \cdot F \cdot \alpha \cdot \varphi,$$ где

(15.2)

$a_{час}$ - интенсивность ливня часовой продолжительности, мм/мин (табл. 15.7);

Таблица 15.7.

Допускаемые скорости воды для укреплений

Районы	Интенсивность ливня часовой продолжительности, мм/мин, при ВП, %							
	10	5	4	3	2	1	0,3	0,1
1	0,22	0,27	0,29	0,32	0,34	0,40	0,49	0,57
2	0,29	0,36	0,39	0,42	0,45	0,50	0,61	0,75
3	0,29	0,41	0,47	0,52	0,58	0,70	0,95	1,15
4	0,45	0,59	0,64	0,69	0,74	0,90	1,14	1,32
5	0,46	0,62	0,69	0,75	0,82	0,97	1,26	1,48
6	0,49	0,65	0,73	0,81	0,89	1,01	1,46	1,73
7	0,54	0,74	0,82	0,89	0,97	1,15	1,50	1,77
8	0,79	0,98	1,07	1,15	1,24	1,41	1,78	2,07
9	0,81	1,02	1,11	1,20	1,28	1,48	1,83	2,14
10	0,82	1,11	1,23	1,35	1,46	1,74	2,25	2,65

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

K_t - коэффициент перехода от интенсивности ливня часовой продолжительности к интенсивности ливня расчетной продолжительности;

F - площадь водосбора, км^2;

а - коэффициент потерь стока (табл. 15.8);

Таблица 15.8.

Коэффициент потерь стока а

Виды и характер поверхности	Коэффициент а при F		
	<0,10 км^2	0,10-10 км^2	10-100 км^2
Асфальт, скала без трещин, бетон	1	1	1
Жирноглинистые почвы, такыры и такыровые почвы	0,80-0,95	0,65-0,90	0,65-0,90
Суглинки, подзолы, подзолистые и серые лесные суглинки, сероземы тяжелосуглинистые, тундровые и болотные почвы	0,70-0,90	0,55-0,90	0,50-0,75
Чернозем обычный и южный, светлокаштановые почвы, лесс, карбонатные почвы, темно-каштановые почвы	0,55-0,80	0,45-0,75	0,35-0,65
Супеси, бурые и серо-бурые пустынно-степные почвы, сероземы песчаные и супесчаные	0,35-0,60	0,20-0,55	0,20-0,45
Песчаные, глинистые, рыхлые каменистые почвы	0,25	0,15-0,20	0,10

Примечание: Меньшие значения коэффициентов а соответствуют суточным слоям осадков H < 80 мм, а большие значения H > 200 мм. В пределах 80 мм < H < 200 мм значения а определяются интерполяцией.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

j - коэффициент редукции, принимаемый по табл. 15.9 или вычисляемый по формуле:

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt[4]{10F}}.$$

Таблица 15.9.

Коэффициент редукции *j*

F (км^2)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,5	2	2,5	3	4
j	1	0,84	0,76	0,71	0,67	0,64	0,61	0,59	0,58	0,56	0,51	0,47	0,45	0,43	0,40
F (км^2)	5	6	8	10	12	14	16	20	25	30	40	50	60	80	100
j	0,38	0,36	0,33	0,32	0,30	0,29	0,28	0,27	0,25	0,24	0,22	0,21	0,20	0,19	0,18

Переход от интенсивности ливня часовой продолжительности к расчетной $a_{расч}$ осуществляют введением множителя K_t, который либо вычисляют по формуле (15.3) либо выбирают из табл. 15.10, составленной на основе использования принципа «предельных интенсивностей», заключающегося в теоретическом установлении наиболее опасной продолжительности ливня, равной времени добегания воды, выпавшей в начале ливня в наиболее удаленной точке водосбора до рассматриваемого малого моста или трубы.

$$K_t = \left(\frac{60v_{дов}}{L}\right)^{2/3} = \frac{5{,}5I^{1/6}}{L^{2/3}} \le 5{,}24,$$

где

(15.3)

L - длина водосбора, км;

$v_{доб}$ - скорость добегания, км/мин;

I - уклон водосбора, ‰.

Скорость добегания вычисляют по следующим формулам:

для обычных задернованных поверхностей

$v_{доб} = 3{,}5I^{1/4}$ м/сек $= 0{,}2I^{1/4}$ км/мин.

для водосборов с твердыми гладкими поверхностями

$v_{доб} = 10I^{1/4}$ м/сек $= 0{,}6I^{1/4}$ км/мин,

Связь интенсивности ливня с его продолжительностью обычно принимают в виде

$a = K/t^{2/3}$, мм/мин, где

K - климатический коэффициент, равный $a_{час}60^{2/3}$;

$a_{час}$ - интенсивность ливня часовой продолжительности, выбираемая из таблицы Союздорпроекта (см. табл. 15.7) для ливневого района, номер которого устанавливают по карте (рис. 15.5).

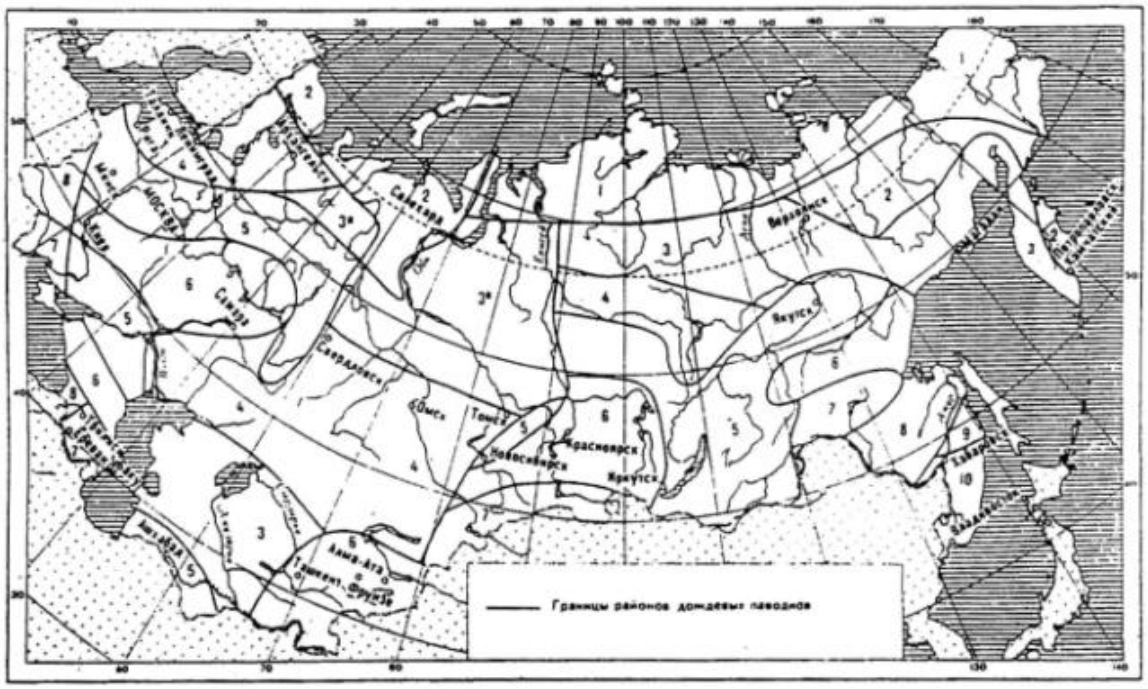


Рис. 15.5. Карта ливневого районирования

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

На основе непосредственных наблюдений установлено, что впитыванием воды в грунт при расчетах стока следует пренебрегать, так как капли сильного ливня «выштукатуривают» поверхность грунта и при расчетном дожде большой силы впитывание практически отсутствует.

Для очень малых площадей бассейнов устанавливается «полный сток», когда в течение достаточно длительного времени к сооружению (в частности, к кюветам) притекает один и тот же максимальный расход, равный

$Q^{n}_{пс} = 87{,}5 \times a_{час} \times F \times a \times j$, где

(15.4)

$a_{час}$ - интенсивность расчетного ливня часовой продолжительности, мм/мин;

F - площадь водосбора, км^2.

Объем ливневого стока определяется по теоретической формуле, выводимой на основе того же самого исходного принципа расчета:

$$W = \frac{60000 a_{час} F \alpha \varphi}{K_t^{1/2}}.$$

(15.5)

Таблица коэффициентов K_t для перехода от ливня часовой продолжительности к расчетной составлена для случая стекания воды по естественным склонам местности. Для случая стекания по твердым дорожным одеждам значение K_t следует удваивать, но удвоенные коэффициенты также не могут превосходить значения 5,24, соответствующего установлению полного стока (табл. 15.10). Коэффициент K_t зависит от длины бассейна L и его уклона I.

Таблица 15.10.

Коэффициент K_t

L, км	Значения K_t при уклоне бассейна I							
	0,0001	0,001	0,01	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

0,15	4,25							
0,30	2,57	3,86		Пол	ный	сток	5,24	
0,50	1,84	2,76	3,93					
0,75	1,41	2,08	2,97	4,50	5,05			
1,00	1,16	1,71	2,53	3,74	4,18	4,50	4,90	5,18
1,25	1,00	1,49	2,20	3,24	3,60	3,90	4,23	4,46
1,50	0,88	1,30	1,93	2,82	3,15	3,40	3,70	3,90
1,75	0,80	1,18	1,75	2,58	2,84	3,06	3,33	3,52
2,00	0,73	1,07	1,59	2,35	2,64	2,85	3,09	3,27
2,50	0,63	0,92	1,37	2,02	2,26	2,44	2,65	2,80
3,00	0,56	0,82	1,21	1,79	2,00	2,16	2,34	2,49
3,50	0,50	0,74	1,10	1,62	1,81	1,95	2,12	2,31
4,00	0,46	0,68	1,00	1,48	1,65	1,78	1,94	2,11
4,50	0,42	0,62	0,93	1,37	1,53	1,65	1,78	1,95
5,00	0,40	0,58	0,86	1,27	1,42	1,54	1,67	1,82

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

6,00	0,35	0,52	0,76	1,13	1,26	1,36	1,48	1,68
6,50	0,33	0,49	0,73	1,07	1,20	1,29	1,40	1,53
7,00	0,32	0,47	0,69	1,02	1,14	1,23	1,33	1,45
8,00	0,29	0,43	0,63	0,93	1,04	1,12	1,22	1,33
9,00	0,27	0,39	0,58	0,86	0,96	1,04	1,13	1,23
10,00	0,25	0,37	0,54	0,80	0,90	0,97	1,05	1,14
11,00	0,23	0,34	0,51	0,75	0,84	0,91	0,98	1,07
12,00	0,22	0,32	0,48	0,71	0,79	0,86	0,93	0,99
13,00	0,21	0,31	0,46	0,67	0,75	0,81	0,88	0,96
14,00	0,20	0,29	0,43	0,64	0,72	0,79	0,84	0,91
15,00	0,19	0,28	0,41	0,61	0,68	0,74	0,80	0,87
20,00	0,16	0,23	0,34	0,50	0,56	0,61	0,66	0,72

Расчет стока талых вод с малых водосборов ведется на основании действующих норм по Определению расчетных гидрологических характеристик. Расчетный максимальный расход талых вод определяют по формуле:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$Q_r = \frac{k_0 h_p F}{(F+1)^{n_1}} \delta_1 \delta_2,$$

где

(15.6)

k_0 - коэффициент дружности половодья;

h_p - расчетный слой стока весенних вод той же вероятности превышения, что и расчетный расход;

n_1 - показатель, учитывающий климатическую зону;

d_1 - коэффициент, учитывающий снижение максимальных расходов в залесенных бассейнах, $d_1 = 1/(A_л + 1)$;

$A_л$ - залесенность водосбора, %; (если в перспективе лес бассейна может быть сведен, принимают $d_1 = 1$);

d_2 - коэффициент, учитывающий снижение максимальных расходов в заболоченных бассейнах:

$d_2 = 1 - 0{,}7\lg(0{,}1\ A_б + 1)$.

Слой стока h_p устанавливается по аналогам, т.е. на основе натурных наблюдений. В связи с тем, что натурные наблюдения над стоком талых вод с малых водосборов практически не производились, можно воспользоваться картой (рис. 15.6), где приведены значения лишь средних слоев стока. Переход к слоям стока расчетной вероятности превышения осуществляют путем введения множителя K_p (рис. 15.7), выбранного для соответствующего коэффициента вариации C_v, определяемого по карте (рис. 15.8), так как аналогов для определения коэффициентов вариации при малых бассейнах найти нельзя.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

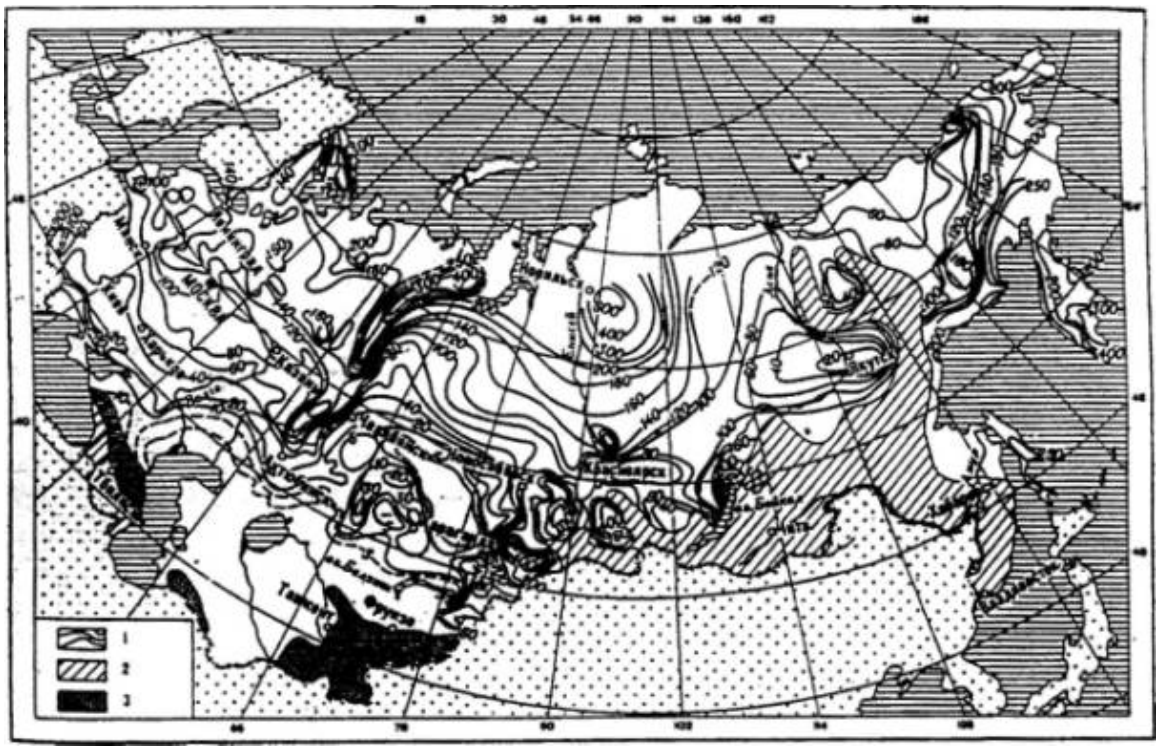


Рис. 15.6. Карта среднего многолетнего слоя стока талых вод:
1 - районы, в которых расчетными являются максимальные расходы половодья, за исключением малых водосборов, и изолинии среднего слоя стока половодья, мм; 2 - районы, в которых расчетными являются максимальные расходы дождевых паводков; 3 - горные районы, в которых весеннее половодье не выделяется

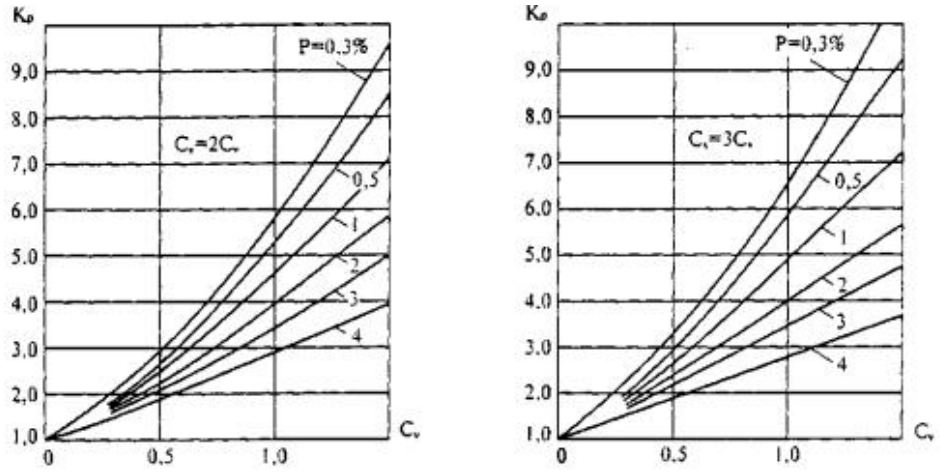


Рис. 15.7. Модульные коэффициенты при гамма-параметрическом законе распределения

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

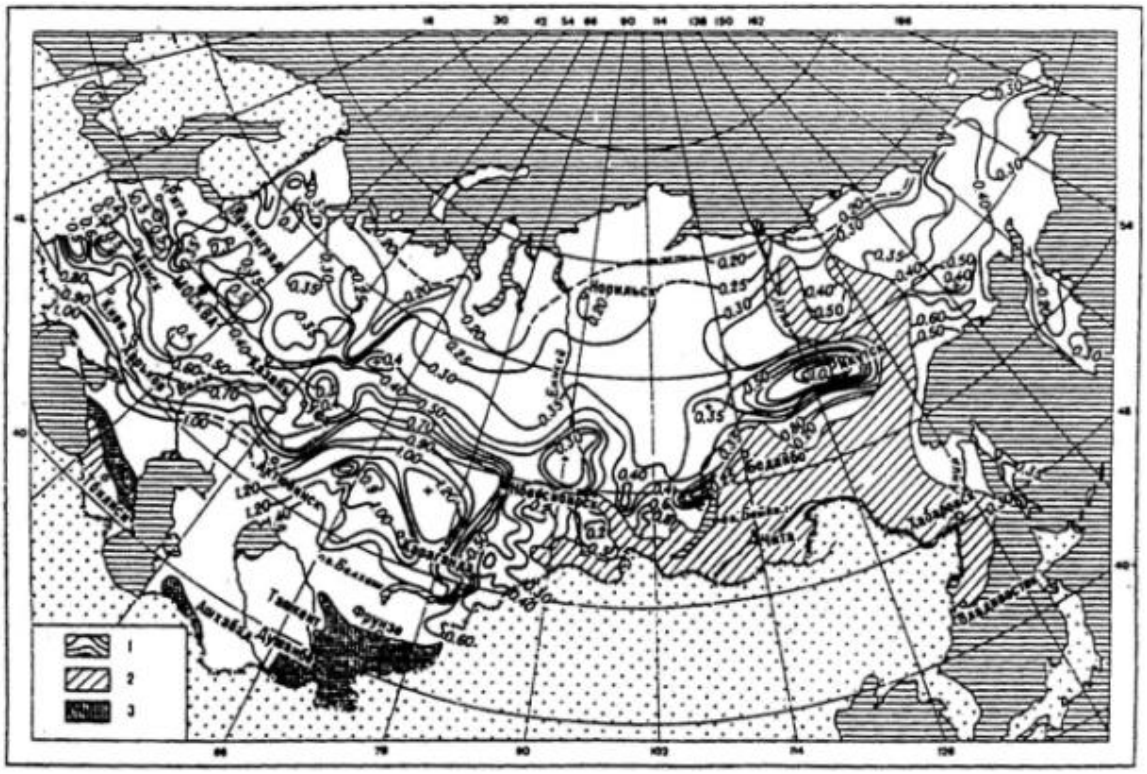


Рис. 15.8. Карта коэффициентов вариации слоя стока половодий:
1 - районы, в которых расчетными являются максимальные расходы половодий, и изолинии C_{vh} слоя стока половодья; 2 - районы, в которых расчетными являются максимальные расходы дождевых паводков; 3 - горные районы, в которых весеннее половодье не выделяется

Коэффициенты дружности половодья (паводка талых вод) k_0 принимают: в зонах тундры и леса 0,01, для Западной Сибири 0,013, в зонах лесостепи и степи 0,02-0,03, в зоне полупустынь 0,06.

Показатель степени n_1 в формуле максимального расхода в большинстве случаев принимают равным 0,25. Для тундры и лесной зоны Европейской территории России и Восточной Сибири его снижают до 0,17, а для пограничных с Западным и Центральным Казахстаном территорий повышают до 0,35.

15.4. Гидравлический расчет дорожных канав

Дорожные канавы рассчитывают по уравнению равномерного течения жидкости. Если длина канавы (обычного кювета) невелика, то расчет ведут по одному значению расхода, фактически собирающемуся только к замыкающему сечению расчетного участка. При большой длине канав (например, нагорных) или при большой площади, с которой вода стекает к канаве, целесообразно делить ее на

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

ряд конструктивных участков по длине и рассчитывать каждый участок на свое значение расхода.

Площадь, с которой стекает вода в низовой кювет длиной L, определяют как половину ширины дороги. К верховому кювету вода стекает не только с половины ширины дороги, но и может притекать с пространства до нагорной канавы, а при ее отсутствии - с некоторой площади, водораздельные линии которой могут быть найдены по плану в горизонталях. Для расчета более опасного ливневого стока к канавам используют формулу (15.4) полного стока (в связи с малостью площадей бассейнов).

Типы укреплений канав выбирают на основании результатов гидравлических расчетов. Обычно при уклоне дна 5-10 ‰ канаву устраивают без укрепления. При больших уклонах принимают следующие типы укреплений: при уклонах дна от 10 до 30 ‰ - засев трав, одерновка или щебневание; от 30 до 50 ‰ - бетонные плиты или мощение; при уклонах более 50 ‰ - энергию потока гасят устройством специальных сооружений - перепадов и быстротоков (см. разд. 15.6). Кроме указанных типов укреплений используют также глинобетон, обработанный вяжущими материалами грунт, а также в последнее время стали использовать асфальтобетон.

Одерновку плашмя и в стенку применяют для укрепления откосов. Дно укрепляют одерновкой только при ширине канавы более 1 м (рис. 15.9, а). При ширине менее 1 м дно укрепляют щебнем, крупным гравием, доменным шлаком с утрамбованием. Толщину слоя щебня принимают 8-10 см. Дерн (для укрепления одерновкой плашмя) должен быть свежий луговой плотный. Торфяной и болотный дерн непригоден. Запрещается применять дернины поломанные, с нарушенной корневой системой. Размер штучных дернин должен быть не менее 20´25 см, толщина дерна 6-8 см. Дернины укладывают с перевязкой швов. При укреплении одерновкой в стенку (с обязательным перекрытием всех швов) дернина должна перекрывать соседнюю дернину с каждой стороны не менее чем на 6-8 см. В засушливых районах и в особо сухих местах одерновка плашмя и в стенку не допускаются. Следует иметь в виду, что укрепление одерновкой требует больших затрат ручного труда.

Мощение (рис. 15.9. б) выполняют камнем высотой 12-14, 14-16 и 16-18 см.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

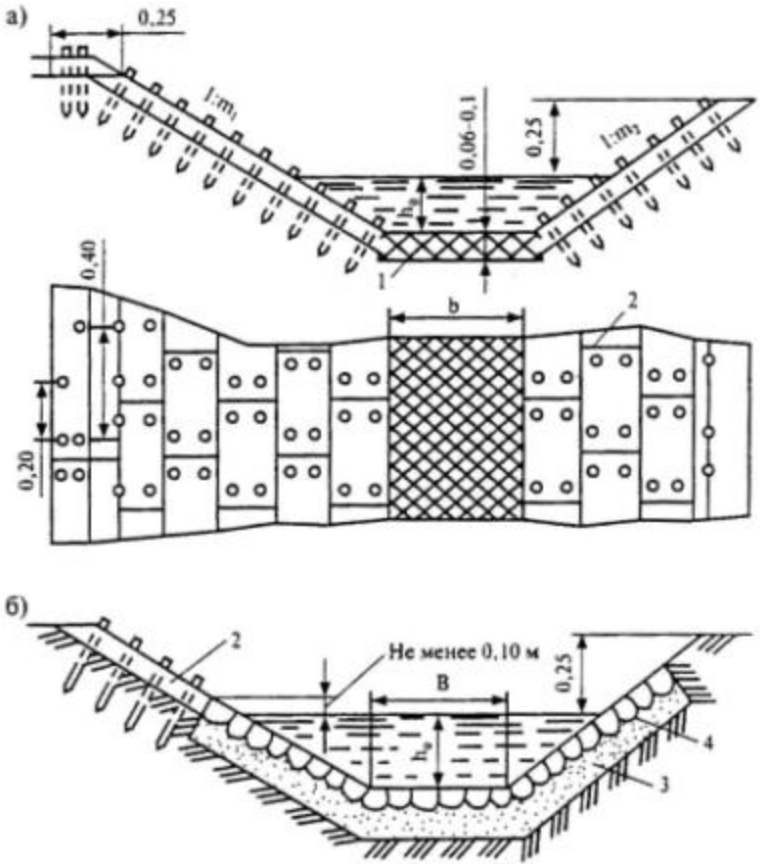


Рис. 15.9. Укрепление канав:
а - дерном (дно - щебнем); б - мощением;
1 - щебень; 2 - дерн; 3 - подготовка под мощение; 4 - камень

При песчаных и супесчаных грунтах обязательна укладка между грунтом и каменным мощением слоя глины толщиной 10-15 см. Мощение выполняют на слое сена, мха, соломы или щебня. Камни при устройстве укрепления должны быть уложены плотно, тычком, с тщательным заполнением промежутков щебнем и утрамбовкой. Укладка отдельных камней плашмя не допускается. Укрепление каменным мощением также плохо поддается индустриализации и механизации строительных работ.

Для устройства глинобетонных укреплений применяют глинобетон из мягкой жирной глины со щебнем из природного камня или кирпича. Толщина глинобетонного укрепления должна составлять 25 см в районах с умеренным климатом и 15 см в южных районах. Допускаемые скорости течения воды для глинобетонных укреплений принимают как для плотной твердой глины. Слой глинобетона можно успешно применять в качестве основания для одиночной мостовой при супесчаных грунтах укрепляемого русла.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Укрепление грунтов путем обработки их вяжущими (парафинистой нефтью, мазутом, нефтяными остатками, жидким битумом, дёгтем и т.д.) целесообразно применять при строительстве дорог на песчаных и супесчаных грунтах. Толщину обработанного слоя грунта следует принимать в пределах от 5 до 10 см. Обработку ведут методом смешения. При толщине грунта 5 см, обработанного органическими вяжущими, допускаются скорости течения до 1 м/с, а при толщине 10 см - до 5 м/с.

Укрепление одерновкой и мощением очень трудоемко. В связи с этим все более широкое распространение получают индустриальные типы укреплений или приемы, поддающиеся механизации, например, засев трав по подготовленному грунту вместо одерновки. При больших скоростях течения можно применять заливку тощим бетоном (на низких марках цемента) по подготовленному щебеночному слою. Особенно широко применяют облицовку в виде бетонных плит размером 50´50´8 см. В последние годы все более широкое применение при производстве укрепительных работ стал находить асфальтобетон.

Выбор того или иного типа укрепления канавы зависит от скорости протекания воды, назначения канавы и наличия местных материалов. Тип укрепления выбирается по табл. 15.3, 15.5 и 15.6. Скорость течения воды определяют по формуле Шези-Маннинга:

$$v = \frac{R^{2/3} I^{1/2}}{n} = C\sqrt{RI},$$ где

(15.7)

R - гидравлический радиус, м;

I - уклон дна канавы, ‰;

C- коэффициент Шези;

n - коэффициент шероховатости (табл. 15.11).

Таблица 15.11.

Коэффициенты шероховатости *n*

Укрепление	Значение *n*	Укрепление	Значение *n*

Засев травой или одерновка	0,025	Бетонные плиты	0,017
Мощение	0,020	Неукрепленные канавы	0,030

Для вычисления $C = R^{1/6}n^{-1}$ можно использовать график (рис. 15.10).

Гидравлические элементы трапецеидальных канав могут быть найдены по следующим зависимостям:

а) площадь сечения потока

$$\omega = bh + \frac{m_1 + m_2}{2}h^2,$$ где

(15.8)

b - ширина канавы по дну, м;

h - глубина воды, несколько меньшая, чем полная глубина канавы (приблизительно на 0,2 м);

m_1 и m_2 - в общем случае не равные показатели крутизны откосов канав;

б) смоченный периметр

$$\chi = b + h\left(\sqrt{1 + m_1^2} + \sqrt{1 + m_2^2}\right)$$

(15.9)

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

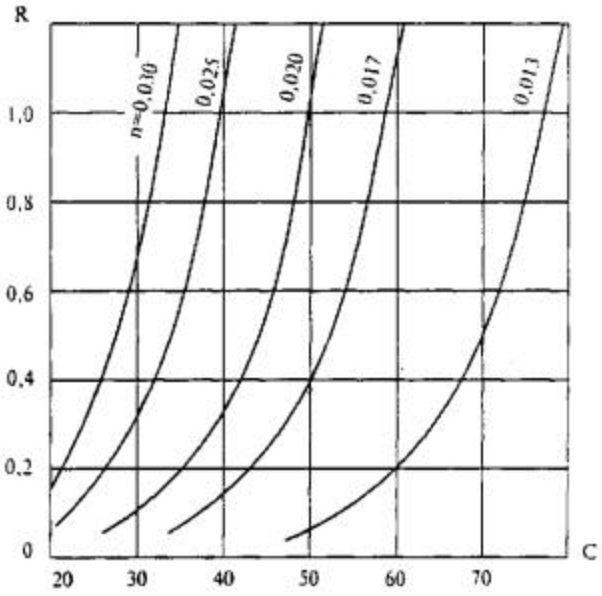


Рис. 15.10. График для определения коэффициента Шези

При $b = 0$ приведенные выше формулы будут справедливы для треугольного поперечного сечения канав;

в) гидравлический радиус

$$R = w/c$$

(15.10)

Наиболее часто встречаются две задачи расчета:

1-я задача. Определить пропускную способность канавы при заданной ее глубине $h_{кан}$, известных материале укрепления стенок и уклоне. В этом случае расчет сводится к определению допустимой глубины воды в канаве ($h_{кан} - z$), где z - запас по какому-либо заданному условию или 0,2 м; затем по формулам (15.8), (15.9), (15.10) определяют гидравлические элементы потока, по формуле (15.7) находят скорость и вычисляют пропускную способность канавы $Q = wv$.

2-я задача. Определить глубину наполнения канавы, зная ее уклон, расход; подобрать тип укрепления. Задача решается последовательными приближениями, так как скорость течения зависит от шероховатости, а шероховатость соответствует типу укрепления, назначаемому по скорости течения.

Рекомендуется графоаналитическое решение, которое сводится к построению графика

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$\omega R^{2/3} = \frac{nQ}{\sqrt{I}} f\left(h_{max} - z\right)$$

Задавая несколько значений глубины, вычисляют R по формулам (15.8), (15.9), (15.10), а затем функции $R^{2/3}$ и $wR^{2/3}$ и строят график (рис. 15.11).

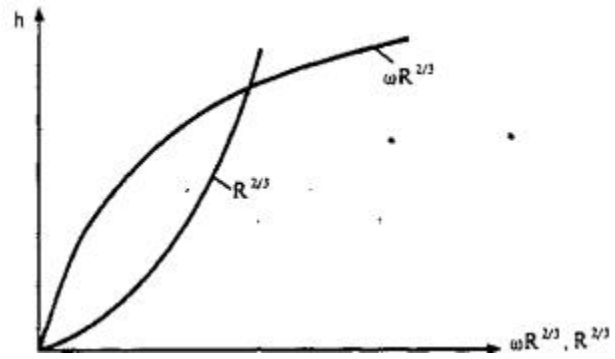


Рис. 15.11. Графики к расчету канав

Откладывая на оси абсцисс значения A_n при различных n (соответствующих разным типам укреплений), где

$A = Q / \sqrt{I}$, получают глубину и соответствующие им функции $R^{2/3}$. Затем вычисляют скорости по полученным глубинам наполнения по формуле (15.7) и проверяют соответствие их принятым типам укреплений.

15.5. Гидравлический расчет отверстий малых мостов и труб

В современном дорожном строительстве наибольшее распространение находят железобетонные круглые либо прямоугольные трубы из сборных элементов стандартных размеров заводского изготовления (соответственно действующему типовому проекту).

Чаще всего круглые трубы на автомобильных дорогах применяют с диаметрами d = 0,75; 1,0; 1.25; 1.50; и 2.0 м. Круглые трубы бывают одно-, двух-, и трехочковые (рис. 15.12).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

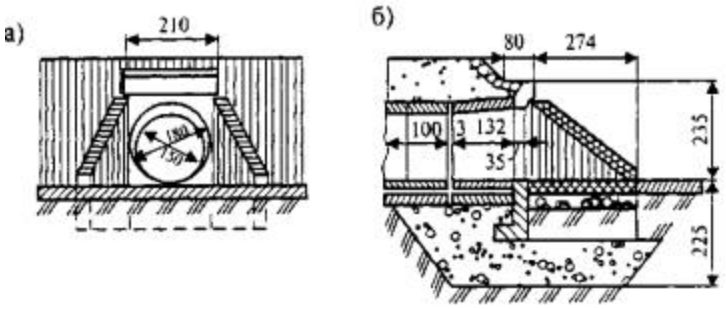


Рис. 15.12. Круглая одноочковая железобетонная труба:
а - входной оголовок; б - продольный разрез

Прямоугольные трубы обычно применяют со следующими размерами отверстий: 2.0´2.0 м; 2.5´2.0 м; 3.5´2.5 м и 4.0´2.5 м. Прямоугольные трубы бывают одно- и двухочковые (рис. 15.13).

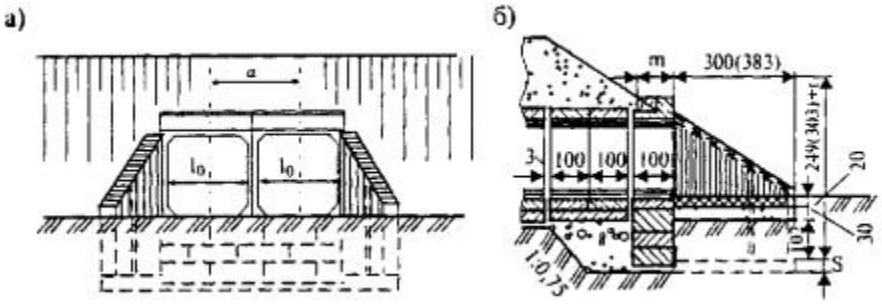


Рис. 15.13. Прямоугольная двухочковая железобетонная труба:
а - входной оголовок; б - продольный разрез

При пропуске расчетных паводков трубы должны работать, как правило, в безнапорном режиме. Как исключение, на автомобильных и особенно на городских дорогах допускают полунапорный и напорный режимы при условии принятия конструктивных мер, обеспечивающих устойчивость труб и земляного полотна против фильтрации воды.

При безнапорном режиме протекания воды возвышение высшей точки внутренней поверхности трубы над уровнем воды должно быть в круглых и сводчатых трубах высотой до 3 м - не менее 1/4 высоты трубы в свету, а высотой более 3 м - не менее 0,75 м; в прямоугольных трубах высотой до 3 м - не менее 1/6 высоты трубы в свету, а высотой более 3 м - не менее 0,5 м.

На автомобильных и городских дорогах применяют трубы отверстием не менее 0,75 м (на съездах - не менее 0,5 м). Для удобства эксплуатации целесообразно применять при длине менее 20 м трубы с отверстием не менее 1 м, а при большей длине - отверстием не менее 1,25 м. Трубы нельзя устраивать там, где возможны наледи и ледоход. Нельзя применять трубы и при наличии карчехода.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В зависимости от глубины подтопления и типа входного оголовка в трубах устанавливаются следующие режимы протекания:

Безнапорный, если напор H меньше высоты трубы h_{mp}, на входе, либо превышает ее не более чем на 20 %. На всем протяжении трубы поток имеет свободную поверхность (рис. 15.14, а). Труба работает по гидравлической схеме «водослива с широким порогом»;

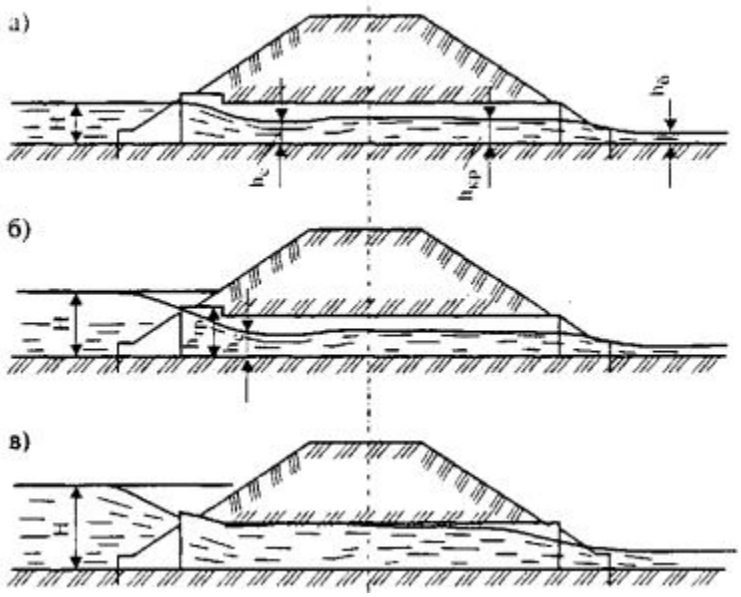


Рис. 15.14. Режимы работы труб:
а - безнапорный; б - полунапорный; в - напорный

Полунапорный, возникающий при оголовках обычных типов в тех случаях, когда подпор превышает высоту трубы на входе более чем на 20 %. На входе труба работает полным сечением, а на всем остальном протяжении поток имеет свободную поверхность (рис. 15.14, б). Труба работает по гидравлической схеме «истечения из-под щита».

Напорный режим, который устанавливается при специальных входных оголовках обтекаемой формы, при подтоплении верха трубы на входе более чем на 20 % и при уклоне трубы не больше уклона трения $I_{mp} < I_w$. На большей части длины труба работает полным сечением, и лишь у выхода поток может иметь свободную поверхность (рис. 15.14, в).

При значительном подтоплении входа в трубу напорный режим может возникать периодически и при оголовках обычных типов. Однако из-за прорыва воздуха через образующуюся у входного отверстия воронку на свободной поверхности воды протекание потока в этом случае переходит часто на полунапорный режим.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Расчетные формулы **пропускной способности труб**, соответствующие трем режимам протекания воды в трубах, следующие:

а) безнапорный режим

$$Q_c = \omega_c v_c = \varphi_б \omega_c \sqrt{2g(H - h_c)},$$ где

$h_c = 0{,}9h_{кр}$ (см. рис. 15.14) - глубина в сжатом сечении, м;

$h_{кр}$ - критическая глубина, м.

Зная, что критическая скорость $v_{кр} = 0{,}9v_c$ (где v_c - скорость в сжатом сечении), можно записать:

$h_c = 0{,}73v_c^2 / g$, и далее, зная связь между глубиной H и h_c, выражаемую формулой

$$H = h_c + \frac{v_c^2}{2g\varphi_б^2} = \left(0{,}73 + \frac{0{,}5}{\varphi_б^2}\right)\frac{v_c^2}{g},$$

получаем при обычном $j_б$ = 0,85 (для всех оголовков, кроме обтекаемого, обеспечивающего протекание по напорному режиму)

$$H = 1{,}42\frac{v_c^2}{g} \approx 2h_c.$$

(15.11)

Тогда

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$Q_c = 0{,}85\omega_c\sqrt{gH}.$$

Здесь w_c - площадь сжатого сечения потока, вычисляемая при глубине $h_c = 0{,}5H$.

Для прямоугольных сечений ($w_c = 0{,}5bH$)

$$Q_c = 0{,}425b\sqrt{g}H^{3/2},$$

или

$Q_c = 1{,}33bH^{3/2}$,

(15.12)

что соответствует коэффициенту расхода водослива $m = 0{,}30$.

Для круглых поперечных сечений площадь w_c может быть вычислена с помощью графика (рис. 15.15), на котором даны величины

$w_c / d^2 = f(h_c / d)$, где

d - диаметр трубы, м;

б) полунапорный режим

$$Q_c = v_c\omega_c = \varphi_n\omega_c\sqrt{2g(H - h_c)},$$ где

$h_c = 0{,}6h_{вх}$ ($h_{вх}$ - высота входа в трубу).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

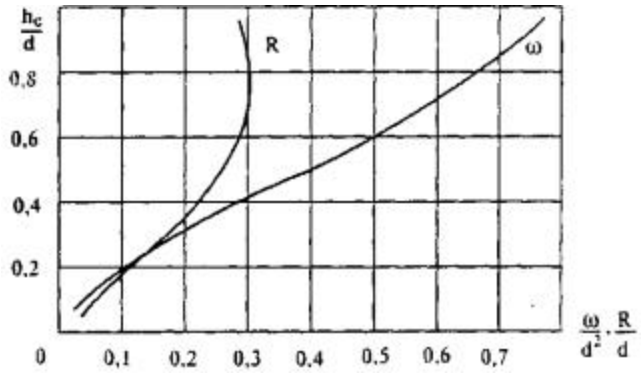


Рис. 15.15. Графики для расчета круглых сечений

При обычных значениях $j_n = 0,85$ и $w_c = 0,6w_{вх}$

$$Q_c = 0,5\omega_{вх}\sqrt{2g(H - 0,6h_{вх})}.$$

Площадь полного сечения входа легко вычисляется как для прямоугольного, так и для круглого сечения;

в) напорный режим

$$Q_c = \varphi_н \omega_T \sqrt{2g(H - h_T)},$$ где

w_T и h_T - площадь сечения и высота основного протяжения трубы;

$j_н = 0,95$ (для обтекаемого оголовка, обеспечивающего установление напорного режима).

Для разных режимов протекания воды обычно составляют расчетные таблицы или графики пропускной способности типовых труб (табл. 15.12-15.15, рис. 15.16).

Таблица 15.12.

Гидравлические характеристики типовых круглых труб

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Диаметр отверстия, м	Расход, $м^3/с$	Глубина воды перед трубой, м	Скорость на выходе из трубы, м/с	Диаметр отверстия, м	Расход, $м^3/с$	Глубина воды перед трубой, м	Скорость на выходе из трубы, м/с
Портальный оголовок				1,50	3,50	1,61	3,50
0,75	0,20	0,41	1,40		3,90	1,74	3,80
	0,40	0,62	1,70		4,50	2,19	3,90
	0,60	0,79	2,00		4,80	2,27	4,00
Раструбный оголовок с нормальным входным звеном							
1,00	0,60	0,68	2,10	1,75	4,50	1,47	3,20
	0,80	0,81	2,30		4,70	1,75	3,70
	1,00	0,93	2.40		5,00	1,81	3,70
	1,20	1,05	2,60		6,00	2,08	4,10
	1,40	1,16	2,80				

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Раструбный оголовок с коническим входным звеном				2,00	4,50		
1,00	0,80	0,57	1,40			1,47	3,20
	1,00	0,84	2,40		5,00	1,55	3,30
	1,40	1,03	2,70		5,50	1,65	3,40
	1,65	1,14	2,90		6,00	1,73	3,50
	2,00	1,31	3,30		6,50	1,81	3,60
	2,20	1,39	3,40		7,00	1,90	3,70
					7,50	1,98	3,80
1,25	1,00	0,77	2,20		8,00	2,06	3,90
	1,50	0,95	2.50		8,50	2,14	4,00
	2,00	1,13	2,70		9,00	2,22	4,10
	2,50	1,29	3,00		9,50	2,31	4,20
					10,00	2,38	4,30
					10,50	2,46	4,40

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

1,50	2,70	1,37	3,20		11,00	2,54	4,50
	3,00	1,46	3,30		12,50	2,78	4,80
							4,80

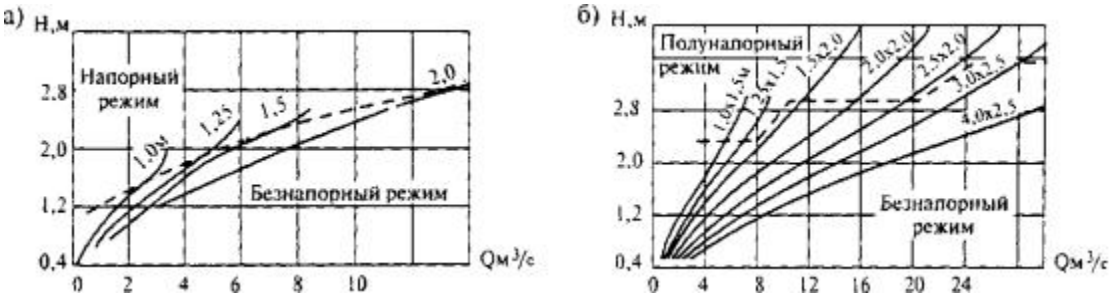


Рис. 15.16. График для определения пропускной способности типовых труб:
а - круглых; б - прямоугольных (цифры на кривых - отверстия труб, м)

Таблица 15.13.

Гидравлические характеристики типовых круглых труб

Тип оголовка	Диаметр отверстия трубы, м	Расход, $м^3/с$	Глубина воды перед трубой, м	Скорость на выходе из трубы, м/с
Полунапорный режим				

Раструбный с нормальным входным звеном	1,00	1,60	1,30	3,30
		2,00	1,80	4,10
		2,40	2,34	4,90
		2,80	2,95	5,70
		3,00	3,16	6,00
Напорный режим				
Раструбный с нормальным входным звеном	1,00	3,00	1,66	4,20
		3,50	2,02	5,00
	1,25	5,00	1,96	4,50
		6,00	2,45	5,40
Раструбный с коническим входным звеном	1,50	7,00	2,24	4,40
		8,00	2,40	5,00
		8,50	2,58	5,30
	2,00	13,30	2,86	4,90
		14,50	3,01	5,10

		16,00	3,11	5,70
		16,50	3,22	6,10

Таблица 15.14.

Гидравлические характеристики типовых прямоугольных труб

Расход, $м^3/с$, при отверстии трубы, м				Глубина воды перед трубой, м	Скорость на выходе из трубы, м/с
2,0´2,0	2,5´2,0	3,0´2,5	4,0´2,5		
1,00	1,25	1,50	2,00	0,45	1,80
2,00	2,50	3,00	4,00	0,71	2,30
3,00	3,75	4,50	6,00	0,94	2,70
4,00	5,00	6,00	8,00	1,13	2,90
5,00	6,25	7,50	10,00	1,32	3,20
6,00	7,50	9,00	12,00	1,48	3,40
7,00	8,75	10,50	14,00	1,66	3,50
8,00	10,00	12,00	16,00	1,82	3,90
9,00	11,25	13,50	18,00	1,97	4,10

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

10,00	12,50	15,00	20,00	2,11	4,20
11,00	13,75	16,50	22,00	2,27	4,40
12,00	15,75	18,90	25,20	2,49	4,60
14,00	17,50	21,00	28,00	2,65	4,70
15,00	18,75	22,50	30,00	2,77	4,80

Таблица 15.15.

Гидравлические характеристики типовых прямоугольных труб

Расход, $м^3/с$	Глубина воды перед трубой, м	Скорость на выходе из трубы, м/с	Расход, $м^3/с$	Глубина воды перед трубой, м	Скорость на выходе из трубы, м/с
Отверстие трубы 2,0´2,0 м			Отверстие трубы 3,0´2,5 м		
15,40	2,88	6,10	23,00	2,86	4,80
16,00	2,99	6,30	23,50	2,92	4,90
16,50	3,07	6,50	24,00	2,98	5,00
17,00	3,16	6,70	24,50	3,04	5,10
17,50	3,25	6,90	25,00	3,10	5,20
18,00	3,35	7,10	25,50	3,16	5,50

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

19,00	3,56	7,50	26,00	3,22	5,50
20,00	3,75	7,90	27,00	3,34	5,70
21,00	3,97	8,30	28,00	3,47	5,90
			29,00	3,61	6,10
			30,00	3,75	6,30
			31,00	3,89	6,40
			31,50	3,97	6,60
Отверстие трубы 2,5´2,0 м			Отверстие трубы 4,0´2,5 м		
19,30	2,88	6,10	31,00	2,89	4,90
20,00	2,97	6,30	32,00	2,98	5,00
20,50	3,04	6,50	33,00	3,07	5,20
21,00	3,11	6,60	34,00	3,16	5,40
21,50	3,19	6,80	35,00	3,25	5,50
22,00	3,25	6,90	36,00	3,35	5,70
23,00	3,40	7,20	37,00	3,44	5,80

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

24,00	3,57	7,50	38,00	3,54	6,00
25,00	3,74	7,90	39,00	3,64	6,10
26,00	3,91	8,20	40,00	3,75	6,30
26,50	4,00	8,30	41,00	3,86	6,40
			42,00	3,97	6,60

При назначении отверстий труб необходимо учитывать аккумуляцию ливневых вод в пруду перед сооружением. При этом заранее нельзя назвать степень снижения расчетного расхода, так как глубина воды перед сооружением (глубина пруда) еще не известна. Это осложняет расчет и заставляет выполнять его либо путем последовательных приближений, либо графоаналитическим приемом.

Малые водопропускные сооружения почти всегда сильно стесняют поток и изменяют его бытовой режим. В результате временного накопления перед сооружением части паводка гидрограф притока трансформируется в более растянутый во времени гидрограф сброса, что приводит к снижению расчетного сбросного расхода воды в сооружении Q_c по сравнению с наибольшим секундным притоком с бассейна Q (рис. 15.17). Объем накопившейся воды $W_{пр}$ при общем объеме стока W зависит от гидрографа притока, отверстия сооружения и рельефа участка местности, в пределах которого образуется временный водоем (пруд перед сооружением).

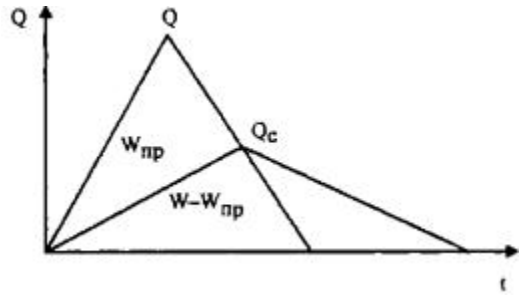


Рис. 15.17. Трансформация графика притока воды к сооружению из-за аккумуляции

Расход воды в отверстии сооружения определяется высотой подпора воды над входным лотком. При крутых, ярко выраженных логах этот подпор в течение ливневого паводка обычно достигает размеров, обеспечивающих практическое

равенство расхода воды в отверстии наибольшему секундному притоку. Объем воды, накопившейся перед сооружением, по сравнению с объемом всего паводка оказывается незначительным и практически не влияет на работу сооружения. При определении отверстия сооружения в таких случаях в качестве расчетного расхода может приниматься наибольший расход водотока заданной обеспеченности.

При относительно пологих, развалистых или слабо выраженных логах образование подпора перед сооружением сопряжено с затоплением значительных площадей и накоплением перед полотном дороги больших объемов воды. Последние составляют уже существенную часть общего объема паводка. Подпор воды перед сооружением возрастает медленно и обычно не успевает достичь размера, обеспечивающего равенство сброса наибольшему притоку ливневого паводка. Расход воды в отверстии сооружения оказывается часто во много раз меньшим расчетного расхода притока. В таких случаях аккумуляция воды должна учитываться при определении отверстия сооружения для пропуска стока.

Часть площади гидрографа притока, расположенная выше кривой сбросных расходов (см. рис. 15.17), представляет собой объем накопленной воды перед сооружением (объем пруда). Отношение между объемом пруда и суммарным притоком с бассейна W определяет степень трансформации паводка и может служить показателем регулирующей способности вместимости лога перед сооружением.

Установим, в какой мере рельеф местности и размеры отверстия сооружения влияют на объем пруда. Зависимость $W_{пр} = f(H)$ может быть выражена кривой, построенной по плану в горизонталях участка местности перед сооружением. В частном случае, когда склоны бассейна имеют однообразные уклоны и могут быть представлены в виде двух плоскостей, пересекающихся по линии лога, эту зависимость можно записать так (рис. 15.18):

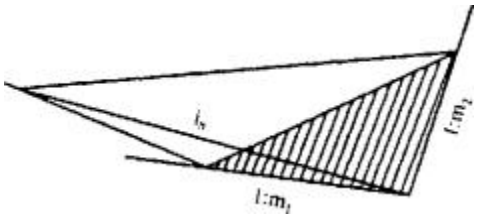


Рис. 15.18. Схема к определению объема пруда

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$W_{пр} = \frac{m_1 + m_2}{6 I_{лс}} H^3 = k_0 H^3,$$

где

(15.13)

m_1, m_2, и $I_{лс}$ - средние уклоны склонов и лога.

Принимая (по Д.И. Кочерину) треугольную форму гидрографов притока и сбросных расходов, получим (см. рис. 15.17):

$$Q_c = Q\left(1 - \frac{W_{пр}}{W}\right) = Q\left(1 - \frac{k_0 H^3}{W}\right) = \lambda Q.$$

(15.14)

Величина l, учитывающая рельеф местности и размеры отверстия сооружения, может быть названа коэффициентом аккумуляции и легко вычислена при известных k_0, H и W.

При использовании расчетных таблиц пропускной способности труб учет аккумуляции может быть выполнен только подбором. При использовании графиков (см. рис. 15.16) можно выполнить расчет графоаналитическим приемом О.А. Рассказова, заключающимся в том, что график перестраивают в новую систему координат (Q_c и H^3), на котором уравнение (15.14) выражается уже прямой линией (рис. 15.19). Для построения прямой аккумуляции достаточно соединить по линейке точки с координатами Q (на оси Q_c) и W/k_0 (на оси H^3). Точка пересечения прямой аккумуляции с кривой пропускной способности трубы определяет Q_c и H.

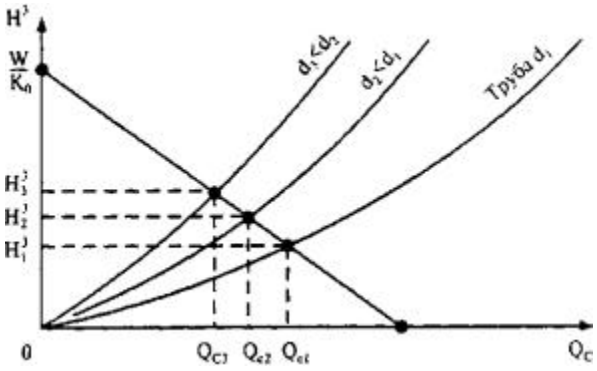


Рис. 15.19. Графо-аналитический прием учета аккумуляции

Выполняя компьютерное построение гидрографов по балансу объемов стока и интервалам времени и численное интегрирование дифференциального уравнения

аккумуляции, А.А. Курганович (КАДИ) получил более точное решение, чем по уравнению (15.13) или (15.14). Результаты его расчетов приведены в табл. 15.16. Расчет выполняют непосредственно по уравнению

$Q_c = lQ$, где

(15.15)

l - коэффициент трансформации, но выражаемый более сложной функцией

$l = f(W_{np}/W)$,

чем по формуле (15.14).

Использование табл. 15.16 и формулы (15.15) в расчетах отверстий мостов возможно следующим образом: задают предельный подпор перед сооружением H; вычисляют объем пруда W_{np}; зная объем стока W, находят по таблице значение l; вычисляют Q_c.

При расчете отверстий труб эта последовательность расчета, очевидно, используется с трудом, так как задать глубину воды, не зная сбросного расхода Q_c, невозможно.

Таблица 15.16.

Коэффициенты аккумуляции

W_{np}/W	Значения l				W_{np}/W	Значения l			
	по расчету		рекомендуемые для расчета			по расчету		рекомендуемые для расчета	
	при F < 10 км^2	при F > 10 км^2	при F < 10 км^2	при F > 10 км^2		при F < 10 км^2	при F > 10 км^2	при F < 10 км^2	при F > 10 км^2
0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,55	-	-	0,26	0,31
0,05	-	-	0,97	0,97	0,60	0,23	0,27	0,23	0,27

0,10	0,88	0,84	0,90	0,90	0,65	-	-	0,20	0,24
0,15	-	-	0,82	0,82	0,70	0,16	0,22	0,17	0,21
0,20	0,72	0,74	0,73	0,73	0,75	-	-	0,14	0,18
0,25	-	-	0,62	0,62	0,80	0,12	0,15	0,12	0,15
0,30	0,53	0,55	0,53	0,55	0,85	-	-	0,10	0,12
0,35	-	-	0,45	0,50	0,90	0,07	0,09	0,08	0,09
0,40	0,40	0,45	0,45	0,45	0,95	-	-	0,04	0,05
0,45	-	-	0,35	0,40	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	0,28	0.35	0,30	0,35					

Основываясь на результатах массовых расчетов А.А. Кургановича (см. табл. 15.16), можно уточнить учет аккумуляции и при назначении отверстий труб. Эти расчеты показали, что фактическое очертание кривой сбросных расходов по сравнению с прямой Д.И. Кочерина приводит к большему снижению расчетного расхода. При этом прямая I Д.И. Кочерина заменена проф. О.В. Андреевым двумя отрезками II и III прямых (рис. 15.20), один из которых охватывает всю зону снижения сбросных расходов, разрешаемую действующими нормами, по которым уменьшение расхода в сооружении не допускается более чем в 3 раза для ливневого стока и не более чем в 2 раза для стока талых вод.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

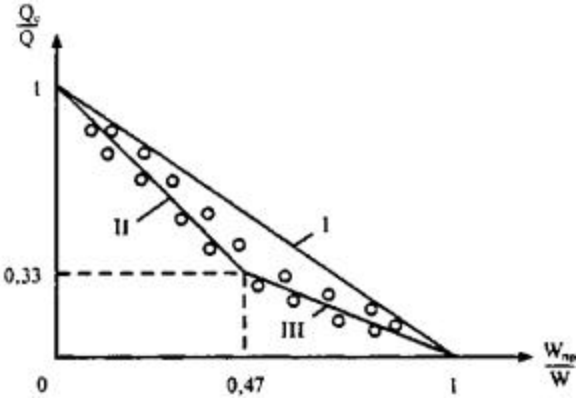


Рис. 15.20. График функции $l = f(W_{пр}/W)$

Уравнения двух отрезков прямых оказываются такими:

для зоны Q_c/Q от 1 до 0,33 для ливневых вод и от 1 до 0,5 (для талых вод)

$$Q_c = Q\left(1 - \frac{W_{пр}}{0{,}7W}\right);$$

(15.16)

для неиспользуемой зоны $Q_c/Q < 0{,}33$ ($Q_c/Q < 0{,}50$)

$$Q_c = 0{,}62Q\left[1 - \frac{W_{пр}}{W}\right].$$

(15.17)

При использовании этих уравнений построения на графике 15.19 заменяются построениями, приведенными на рис. 15.21. При этом аккумуляция учитывается более полно, чем в случае использования формулы (15.14).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

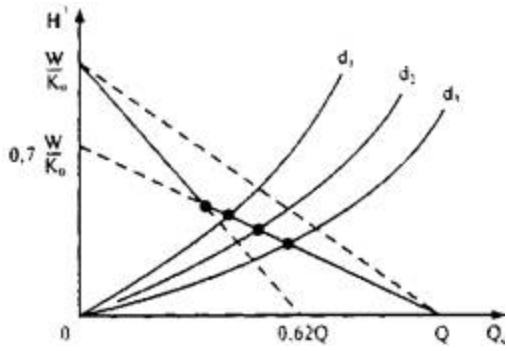


Рис. 15.21. Уточненный графоаналитический прием учета аккумуляции

Расчет отверстий малых мостов следует выполнять по схеме свободного истечения (рис. 15.22, а), пользуясь формулой (15.12), которую легко преобразовать к виду:

$$b = \frac{Q_c}{1{,}33H^{3/2}}.$$

(15.18)

Зная, что $H \approx 2h_c$, следует принять такую последовательность расчета: задать скорость v_c по желательному типу укрепления русла под мостом, пользуясь табл. 15.6; вычислить напор H; вычислить объем пруда $W_{пр}$ и найти коэффициент аккумуляции, пользуясь формулой (15.16). Тогда $Q_c = lQ$, и каких-либо последовательных приближений для учета аккумуляции производить не надо.

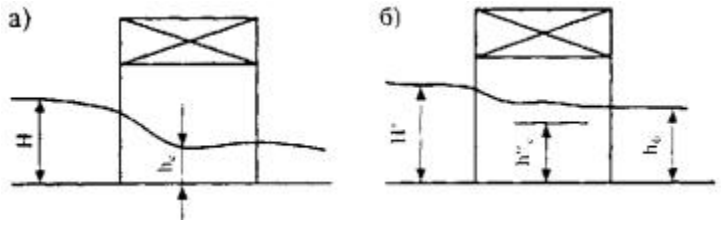


Рис. 15.22. Схемы протекания воды под малыми мостами:
а - при свободном истечении; б - при несвободном истечении

Задавая скорость V_c, надо учитывать, что она будет наблюдаться в потоке лишь на коротком протяжении, в связи с чем табличные допускаемые скорости для укреплений можно повышать приблизительно на 10 %.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Принимая какое-либо типовое отверстие моста b, необходимо пересчитывать напор:

$$H = 0{,}83\left(\frac{Q_c}{b}\right)^{2/3}.$$

При очень глубоком потоке воды в отводящем русле отверстие моста рассчитывают по схеме несвободного истечения (рис. 15.22, б), которая наступает после того, как прыжок, возникновение которого возможно в сжатом сечении, где $h_c < h_{кр}$, будет надежно затоплен бытовым уровнем, то есть при условии, что бытовая глубина

$h_б > 1{,}1h_c'' = 1{,}1\times 0{,}61H = 0{,}7H$,

так как $h' = h_c = 0{,}5H = 0{,}9h_{кр}$, чему соответствует $h'' = 0{,}61H$. Здесь H рассчитывают по формуле (15.18).

При несвободном истечении необходимое отверстие моста

$$b = \frac{Q_c}{h_в v_c}.$$

(15.19)

Сбросный расход рассчитывают по формуле (15.16) с вычислением объема пруда по ожидаемой глубине воды перед сооружением:

$$H' = h_в + \frac{v_c^2}{2g\varphi_c^2}.$$

Высоту насыпи у труб назначают не менее чем на 1 м выше подпертого уровня воды при полунапорном и напорном режимах протекания, а также не меньше чем на толщину дорожной одежды, что определяет необходимую засыпку над трубой.

Высота моста

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$H_м = 0{,}88H + z + h_{кон}$, где

0,88 - коэффициент, учитывающий некоторое понижение уровня воды при входе потока под мост;

z - возвышение низа пролетного строения над уровнем воды ($z \geq 0{,}25$ м);

$h_{кон}$ - конструктивная высота пролетных строений моста, м. Бровка насыпи у моста должна быть поднята над подпертым уровнем воды не менее чем на толщину дорожной одежды.

Длину моста поверху устанавливают, исходя из крутизны откосов конусов и высоты верха моста над дном лотка. При этом следует учитывать, что необходимое отверстие моста, рассчитанное по формуле (15.18), отсчитывают по свободной поверхности потока, а при несвободном протекании - по средней линии (т.е. на глубине $0{,}5h_б$).

15.6. Косогорные сооружения поверхностного водоотвода

Для предупреждения размыва мостов и труб на косогорах, а также и склонов косогоров текущей водой устраивают подводящие и отводящие русла (рис. 15.23) в виде быстротоков, перепадов с водобойными колодцами, консольных водосбросов и т.д.

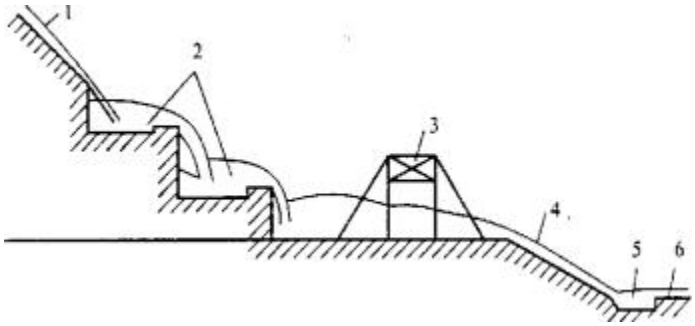


Рис. 15.23. Косогорные сооружения у малого моста:
1 - естественное русло; 2 - перепады с водобойными колодцами; 3 - мост; 4 - быстроток; 5 - водобойный колодец; 6 - уступ

Искусственные русла проектируют в соответствии с местными условиями, имея в виду следующие характеристики отдельных типов косогорных сооружений:

быстротоки (рис. 15.24, а) применяют на любых уклонах, больше критических. В связи с большой скоростью протекания воды в местах сопряжения быстротока с другими сооружениями необходимо предусматривать устройства гасителей энергии, а сам быстроток укреплять в соответствии со скоростью потока;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

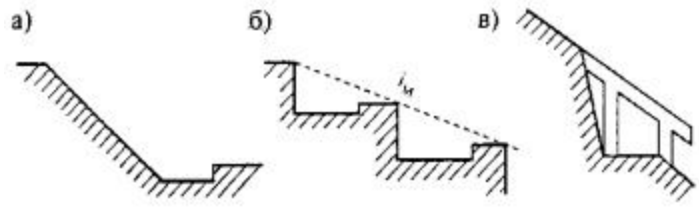


Рис. 15.24. Основные типы косогорных сооружений:
а - быстроток; б - перепады с водобойными колодцами; в - консольный водосброс

перепады с водобойными колодцами (рис. 15.24, б) применяют главным образом на значительных уклонах (перепады без водобойных колодцев практически не устраивают, так как они могут быть размещены только на небольших уклонах);

консольные водосбросы (рис. 15.24, в), лотки большого уклона, приподнятые на опорах над поверхностью, применяют для пропуска воды над дорогой в том случае, когда устройство водопропускного сооружения под дорожной насыпью оказывается менее целесообразным.

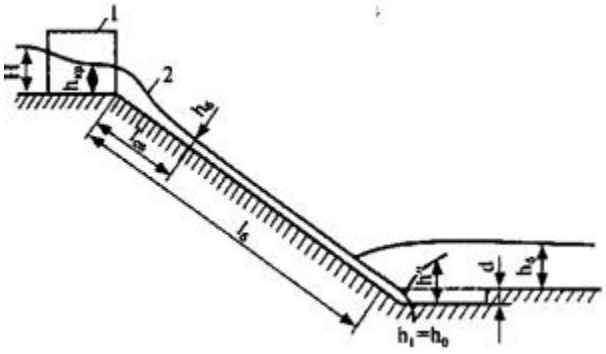


Рис. 15.25. Расчетная схема быстротока:
1 - входной оголовок; 2 - кривая спада

Расчет быстротока (рис. 15.25). Быстротоком называют искусственное открытое русло с уклоном дна больше критического, направляющее быстротекущий поток воды из верхнего участка водовода в нижний. Ширина дна лотка быстротока может быть равной или меньше ширины дна подводящего русла. В последнем случае перед переломом рельефа местности необходимо устраивать переходной участок с учетом особенностей расчета сужающихся бурных потоков. Последовательность гидравлического расчета быстротока следующая:

1. Определяют ширину быстротока по заданным значениям скорости течения воды v_0, уклона I и коэффициента шероховатости n:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$b = \frac{nQ}{h_0^{5/2} I^{1/2}} = \frac{QI^{3/4}}{n^{2/3} v_0^{5/2}},$$ где

n - коэффициент шероховатости быстротока, назначаемый с учетом аэрации, зависящей от уклона и материала стенок быстротока;

h_0 - глубина воды в быстротоке, м;

v_0 - допускаемая скорость течения на быстротоке, м/с.

Данная формула выведена при предположении, что гидравлический радиус мало отличается от глубины потока.

2. Определяют глубину воды в конце быстротока:

$$h_0 = \frac{Q}{bv_0}.$$

3. Определяют глубину воды на входе в быстроток из канала с уклоном $I < I_{кр}$, которая равна критической:

$$h_{кр} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gb^2}}.$$

(15.20)

4. Выясняют условия затопления струи на выходе из быстротока в русло с уклоном меньше критического. Для этого вычисляют вторую сопряженную глубину прыжка:

$$h'' \approx 0{,}45 v_0 \sqrt{h_0}.$$

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Если глубина $h_б$ в русле за быстротоком больше, чем глубина за прыжком h'', то прыжок затоплен, и скорость за быстротоком определяется глубиной потока $h_б$. Если же эта глубина меньше, чем глубина h'' (то есть $h_б < h''$), то в целях сокращения участка высоких скоростей в русле за быстротоком следует устроить водобойный уступ (колодец), глубина которого

$$d = 1{,}1h'' - h_б.$$

Необходимую длину водобойного колодца (от конца быстротока до конца водобойного уступа) рассчитывают по формуле подпертого прыжка:

$$l_{кол} = 3(h'' - h_0).$$

Расчет перепада с водобойным колодцем. Перепадом называют сооружение, сопрягающее два участка водовода, расположенных на разных уровнях. Он может быть одноступенчатым или многоступенчатым. В практике дорожного строительства, как правило, применяют перепады только колодезного типа.

Перепад с водобойным колодцем состоит из следующих элементов (рис. 15.26): входа 1, стенки падения 2, водобоя 3 и выхода-уступа 4, если перепад одиночный, или водобойной стенки, если перепад один из цепи перепадов с колодцами.

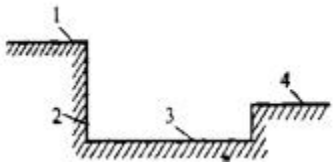


Рис. 15.26. Одиночный колодец (уступ):
1 - вход; 2 - стенка падения; 3 - водобой; 4 - выход-уступ

Схема гидравлического расчета перепада с водобойным колодцем следующая (рис. 15.27).

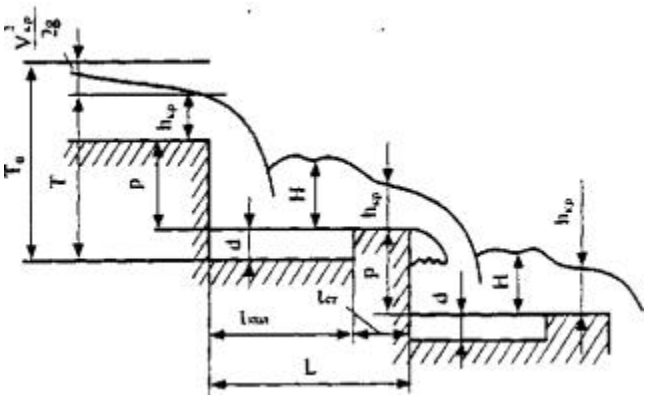


Рис. 15.27. Расчетная схема многоступенчатого перепада

1. Назначают ширину водобойного колодца *b*, исходя из нормы расхода 0,5-1,0 м^3/с на 1 м ширины колодца. Чаще всего ширину колодца делают одинаковой с отверстием водопропускного сооружения. Высоту перепада p назначают путем деления общего падения уровня на участке расположения перепадов на число перепадов, назначаемое сначала ориентировочно.

2. Определяют глубину воды на входе, равную критической, по формуле (15.20).

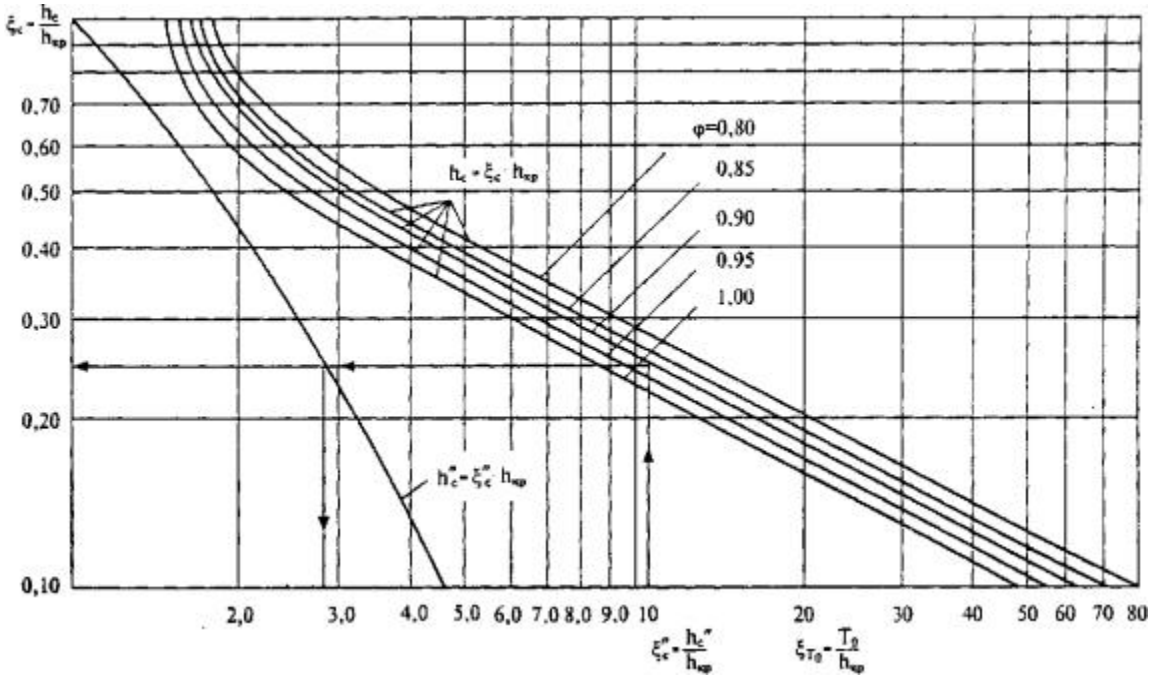
3. Определяют глубину в сжатом сечении падающей струи. Для этого подсчитывают энергию сечения на входе, задаваясь ориентировочно глубиной колодца *d*:

$T_0 = 1{,}5h_{кр} + p + d$.

4. Определяют относительную энергию:

$$\xi^{c}_{T_0} = \frac{T_0}{h_{кр}} = 1{,}5 + \frac{p + d}{h_{кр}}.$$

5. По графику (рис. 15.28) определяют относительную глубину после прыжка в сжатом сечении, задавая коэффициент скорости *j*:



Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Рис. 15.28. График для расчета перепадов

$$\zeta_c'' = \frac{h_c''}{h_{кр}}.$$

вычисляют глубину после прыжка

$$h_c'' = \zeta_c'' h_{кр}.$$

Порядок пользования графиком показан стрелками на рис. 15.28.

6. Определяют глубину воды перед водобойной стенкой

$H = H + d = 1{,}7h_{кр} + d.$

7. Проверяют достаточность заданной глубины колодца. Необходимо, чтобы

$$h \geq 1{,}1h_c''.$$

(15.21)

Если это равенство не удовлетворяется, то глубину колодца, заданную ориентировочно, изменяют и расчет повторяют снова, пока условие (15.21) не будет выполнено.

8. После расчета глубины колодца определяют минимально допустимую длину колодца

$l_{кол} = l_{пол} + l_{пр}$, где

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$l_{вол} = v_{кр}\sqrt{(2y/g)}; l_{кр} = 3(h_c'' - h_c').$$

Здесь $v_{кр}$ - скорость в сечении на входе, м/с;

$$v_{кр} = \frac{Q}{bh_{кр}};$$

y - высота падения струи;

$y = p + d + 0{,}5h_{кр}$;

h_c'' - глубина после прыжка в сжатом сечении;

h_c' - глубина в сжатом сечении в колодце, определяемая по графику на рис. 15.28, по которому аналогично величине ζ_c'' определяется величина ζ_c' и глубина воды в сжатом сечении

$$h_c' = \xi_c' h_{кр}.$$

9. Длина водобойной стенки (толщина водосливного порога)

$l_{ст} = 3h_{кр}$.

10. Проверяют вписывание перепада в профиль местности, для чего определяют уклон перепада:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$l_{н} = \frac{p}{l_{ст} + l_{пол}}.$$

Этот уклон должен быть не меньше того, которым характеризуется косогор. Если же уклон косогора $I_м$ меньше уклона перепада, то длину каждого колодца увеличивают, что только улучшает условия затопления струи. Длина колодца, соответствующая заданному уклону местности,

$$l_{пол.м} = \frac{p}{J_м} l_{ст} > l_{пол}.$$

Расчет консольного перепада. Консольный перепад это лоток с большим уклоном, применяемый на опорах над поверхностью земли (рис. 15.29), в конце которого устраивают **струенаправляющий носок** с обратным или нулевым уклоном. Такого типа сооружения применяют для сброса воды через полотно дороги и в овраги на весьма крутых косогорах.

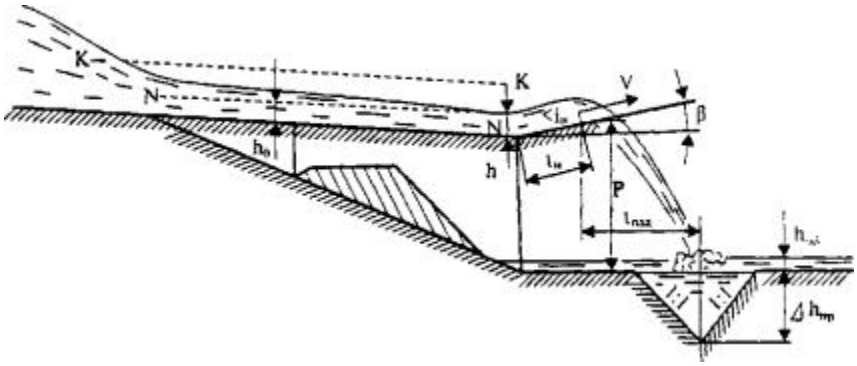


Рис. 15.29. Схема к расчету консольного водосброса

Обратный уклон струенаправляющего носка принимают

$i_н$ £ 0,25 (подъем b £ 15°), а длину носка $l_н$ = 1-2 м.

Гидравлический расчет консольного перепада заключается в определении глубины в конце быстротока h, дальности полета струи $l_{пад}$ и размеров воронки размыва в месте падения струи.

1. Глубину в конце носка применяют равной глубине быстротока (методика определения глубины h такая же, как у быстротока). Как правило, эту глубину определяют по известной формуле гидравлики для неравномерного движения

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

воды, рассматривая два смежных сечения с глубиной h_1 и h_2 и длиной l между ними:

$i_0 l/h_0 = h_2/h_0 - h_1/h_0 - (1 - j_{cp})[j(h_2/h_0 - jh_1/h_0)]$, где

i_0 - уклон дна рассматриваемого участка русла, ‰;

$$j_{cp} = \alpha i_0 C_{cp}^2 B_{cp} / g \chi_{cp};$$

C_{cp} - средний коэффициент Шези;

B_{cp} - средняя ширина потока по верху, м;

c_{cp} - средний смоченный периметр.

2. Дальность падения струи без учета аэрации и сопротивлений воздуха определяют по приближенной формуле:

$$l_{над} = 2H\left(i_н + \sqrt{\frac{2P + h}{2H}}\right),$$ где

$$H^2 = v^2 / 2g\varphi^2;$$

v - скорость потока в конечном сечении струенаправляющего носка, м/с;

j - коэффициент скорости;

P - высота перепада, м.

При горизонтальном носке, т.е. при $b = 0°$

$$l_{нав} = \varphi\sqrt{2H(2P+h)}.$$

Фактическая дальность полета струи оказывается на 10-20 % меньше, чем определенная по формулам свободного падения.

3. Снос струи боковым ветром для параболического поперечного сечения определяют по формуле:

$$l_c = \frac{0{,}265v_в^2}{1000Q}P^{3/2},$$ где

$v_в$ - скорость ветра, м/с;

P - высота перепада, м;

Q - расход перепада, $м^3/с$.

Учет сноса струи особенно необходим, если за перепадом устраивают водобойные сооружения.

4. Глубину воронки размыва $h_{вр}$ рекомендуют определять по формуле:

$$h_{вр} = \sigma h_c'' - h_{нб},$$ где

$h_{нб}$ - бытовая глубина нижнего бьефа, м;

s = 1,05-1,1 - коэффициент затопления прыжка;

h_c'' - сопряженная глубина с глубиной сжатого сечения, определяемая при расчете водобойных колодцев, м.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Глубину в сжатом сечении на дне воронки размыва определяют, исходя из удельной энергии:

$E_o = P + h + h_{вр} + an^2/2g$.

Задаваясь глубиной $h_{вр}$ находят сопряженные глубины и при вычисленном значении h_c проверяют правильность заданного значения $h_{вр}$.

Размеры воронки размыва в плане определяют приближенно, полагая ее форму конусоидальной с уклонами откосов 1:1.

Для учета свойств грунта, от которых зависят размеры воронки размыва, глубину воронки корректируют по формуле:

$h_{риспр} = eh_{вр}$, где

e - коэффициент, учитывающий свойства грунта (для плотного лёсса e = 2, для гравелисто-песчаных грунтов e = 1,5-2,5).

По исследованиям Патрашева глубину воронки размыва рекомендуют определять

$h_{вр} = 3{,}9q^{1/2}(z_0/d_з)^{1/4} - h_{нб}$, где

q - расход на единицу ширины конечного сечения носка консоли;

$z_0 = P + h - h_{нб} + an^2/2g$;

$d_з$ - диаметр частицы грунта, мельче которой в данном грунте содержится 90 % по массе.

Для консольных перепадов рекомендуют также следующую формулу:

$$h_{вр} = \frac{15{,}88}{(d_{рас}+1)^{0,3}}\left(\frac{z_0}{h_k}\right)^{0,15} h_k - h_{нб},$$ где

$d_{рас} = d_з$ /a; a = 0,2 мм.

15.7. Укрепление русел за сооружениями

Режимы протекания. Опыт эксплуатации малых искусственных сооружений показывает, что в подавляющем большинстве случаев их повреждения связаны с

воздействием потока воды и обычно начинаются на выходных участках. Скорости на выходе из сооружения достигают 5-6 м/с, в то время как допускаемые скорости для грунтов отводящих русел составляют всего 0,7-1,0 м/с. Вытекающий поток воды находится обычно в бурном состоянии и обладает большой кинетической энергией, которая и вызывает размыв выходных участков за сооружением.

В большинстве случаев русло нижнего бьефа за водопропускными сооружениями имеет большую ширину, чем ширина отверстия водопропускного сооружения. Характер пространственного движения потока в расширяющемся нижнем бьефе зависит от глубины воды в нем и параметров потока на выходе из сооружения. В зависимости от бытовой глубины потока в укрепленном отводящем русле возможны три формы сопряжения потока, выходящего из водопропускного сооружения с бытовым потоком в широком нижнем бьефе:

1) **Сопряжение по типу затопленной струи**. Этот вид сопряжения наблюдается, когда струя, вытекающая из сооружения, будет полностью затоплена (рис. 15.30). В нижнем бьефе происходит растекание струи в массе воды, при этом происходит постепенное уменьшение скоростей течения вдоль потока;

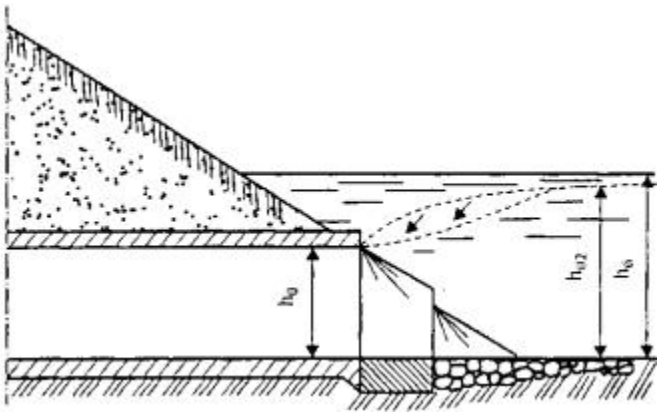


Рис. 15.30. Схема затопления струи, выходящей из сооружения

2) **Сопряжение по типу сбойного течения** (рис. 15.31). Этот вид сопряжения наблюдается при глубинах нижнего бьефа, меньших глубины, сопряженной с глубиной на выходе из сооружения. Сбойному течению присущи некоторые опасные свойства.

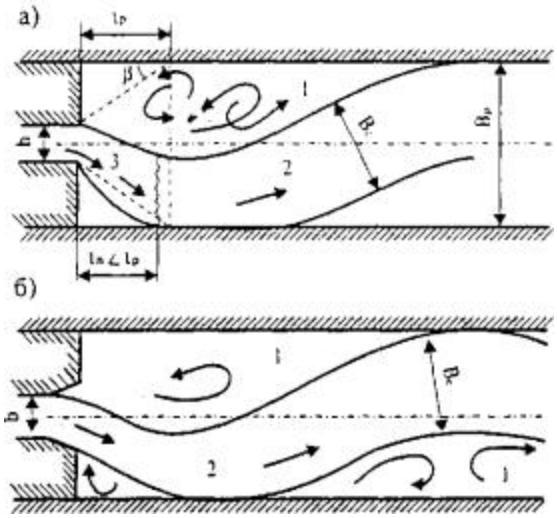


Рис. 15.31. Схема сбойного течения в нижнем бьефе малого моста или трубы:
а - с гидравлическим прыжком; б - без гидравлического прыжка;
b - угол растекания бурного потока: B_c - ширина струи; B_p - ширина русла; *b* - ширина трубы; l_n - длина гидравлического прыжка; *lp* - длина зоны полного растекания

Поток, выходящий из сооружения в нижний бьеф, двигается сначала без растекания в стороны. С боковых сторон поток граничит с водобойными зонами, которые могут сжимать транзитный поток. При глубинах нижнего бьефа, близких к глубине, сопряженной с глубиной на выходе из сооружения, происходит свал потока в одну сторону и сопряжение бьефов осуществляется в форме пространственного гидравлического прыжка. В результате прорыва воды в одну из водоворотных зон динамическая ось потока искривляется. Поэтому транзитная струя натекает на боковые стенки отходящего русла. Уменьшение скоростей в транзитной струе и выравнивание их по сечению отводящего русла происходит очень медленно. Требуется крепление не только дна, но и стенок отводящего русла на значительном протяжении;

3) **Сопряжение по типу свободного растекания бурного потока**. Растекание бурного потока в очень широких нижних бьефах характеризуется следующими особенностями: поток, выходящий из отверстия, попадает в отводящее русло, глубина в котором меньше глубины на выходе из сооружения. Под действием силы тяжести происходит растекание потока в стороны (по направлению к берегам). Это растекание происходит до тех пор, пока глубина бурного растекающегося потока не будет равна глубине, взаимной с бытовой глубиной. Взаимными называются глубины, связанные уравнением косого гидравлического прыжка. В результате этого область растекания бурного потока, сопрягающаяся с бытовым потоком и водными массами нижнего бьефа посредством косых гидравлических прыжков, принимает в плане характерную форму «лепестка» (рис. 15.32).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

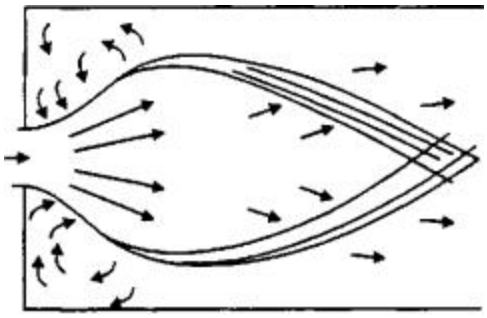


Рис. 15.32. Схема свободного растекания в широком русле

При увеличении бытовой глубины в нижнем бьефе размеры «лепестка» уменьшаются, пока не произойдет переход к сбойному течению, когда бытовая глубина сравняется с глубиной, сопряженной с глубиной на выходе из сооружения пространственным прыжком.

Растекание бурного потока в нижних бьефах (при относительной ширине нижнего бьефа $B_p/b < 8$) характеризуется рядом особенностей.

Поток, выходящий из сооружения, растекается в стороны. Так же как и в предыдущем случае зона растекания сопрягается с водоворотными зонами посредством косых гидравлических прыжков. В местах набегания крайних струек потока на боковые стенки отводящего русла, т.е. в сечении полного растекания, происходит внезапное увеличение глубин и образование косых гидравлических прыжков. Эти косые гидравлические прыжки распространяются вниз по течению, если бытовой поток находится в бурном состоянии. Если бытовой поток находится в спокойном состоянии, в отводящем русле наблюдается обычный прямой гидравлический прыжок. С увеличением бытовой глубины прямой гидравлический прыжок придвигается ближе к своему предельному положению в сечении полного растекания. Если глубина нижнего бьефа больше глубины, при которой прямой гидравлический прыжок располагается в сечении полного растекания, происходит прорыв водных масс в водоотводные зоны и переход к сбойному течению (рис. 15.33).

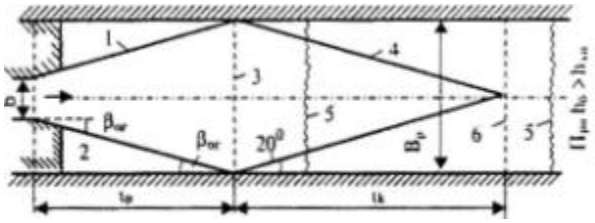


Рис. 15.33. Схема свободного растекания в узком русле:
1 - линия растекания; 2 - водоворот; 3 - сечение полного растекания; 4 - косой гидравлический прыжок; 5 - прямой гидравлический прыжок; 6 - конец зоны растекания

Для предотвращения размывов выходных участков следует защищать лог на определенной длине. Защита от размыва заключается в правильном выборе типа и размеров укрепления, которые назначают или из условия отсутствия местного размыва, или из допущения размыва, безопасного для устойчивости, как укрепленного участка русла, так и самого сооружения.

Назначение типа укрепления по скорости на выходе из трубы справедливо только для спокойных потоков. При растекании бурных потоков скорости получаются значительно большими, чем выходные. По данным проф. О.В. Андреева скорость может увеличиться примерно в 1,5 раза.

Выходные участки не укрепляют только в тех редких случаях, когда скорости на выходе из сооружения весьма малы и не могут нарушить устойчивость как самого русла, так и сооружения. В большинстве же случаев наблюдаются размывы неукрепленных русел, и правильное назначение укреплений выходных участков имеет не меньшее значение, чем определение размеров отверстий искусственных сооружений.

Гидравлические расчеты нижнего бьефа малых водопропускных сооружений. Растекающийся в укрепленном отводящем русле бурный поток ограничен с боков косыми гидравлическими прыжками и водоворотными зонами (см. рис. 15.31 и 15.33). Косые гидравлические прыжки возникают в сечении полного растекания, где происходит набегание крайних струек растекающегося потока на боковые стенки отводящего русла. Продольный разрез потока показан на рис. 15.34.

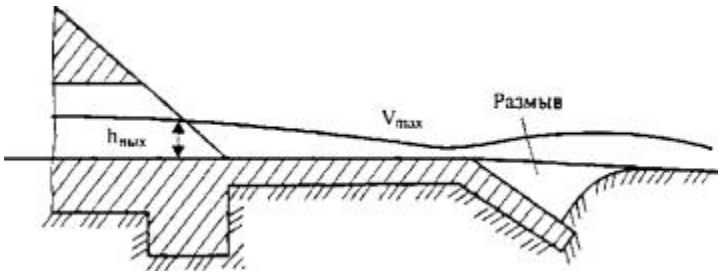


Рис. 15.34. Схема протекания потока по укреплению

При затоплении сечения полного растекания бытовым потоком происходит прорыв водных масс в водоворотные зоны и в отводящем русле возникает опасное сбойное течение. Для предотвращения этого переходный участок отводящего русла в плане следует устраивать в виде раструба, исключающего появление сбойного течения (рис. 15.35). При устройстве раструба сопряжение бурного потока, вытекающего из сооружения, со спокойным потоком в русле будет осуществляться обычным прямым прыжком.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

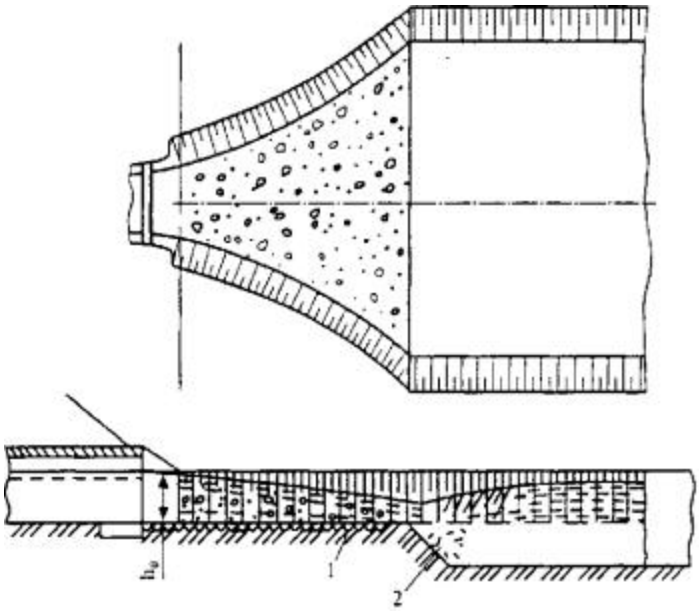


Рис. 15.35. Схема укрепления в виде раструба:
1 - плоское укрепление русла; 2 - предохранительный откос

Для определения скоростей и глубин потока в области растекания, а также для определения боковых границ растекающегося потока можно воспользоваться универсальным графиком И.А. Шеренкова (рис. 15.36).

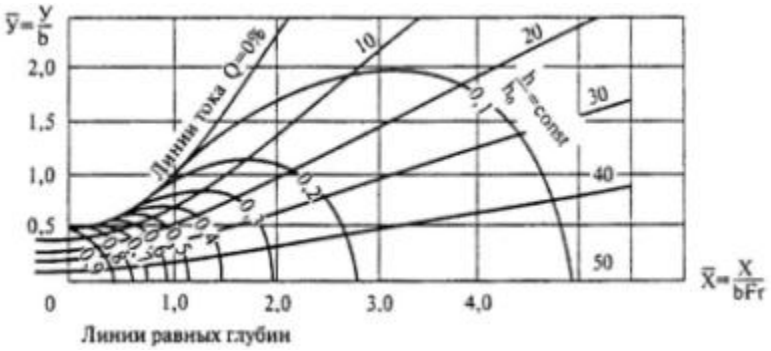


Рис. 15.36. Универсальный график И.А. Шеренкова

На универсальном графике нанесены линии тока и линии равных глубин и скоростей в области растекания потока (до продольной оси потока, являющейся осью симметрии). На графике линии тока даны через 10 %, т.е. каждая линия тока отсекает струю, несущую 10 % общего расхода Q. Линии равных глубин даны через $0{,}1h_0$, где h_0 - глубина на выходе из сооружения, являющаяся начальной глубиной растекания. График построен в безразмерных координатах:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$\bar{y} = \frac{y}{b};\ \bar{x} = \frac{x}{bFr},$$ где

(15.22)

b - размер отверстия трубы или моста (ширина потока на выходе), м;

$Fr = v_0/(gh_0)^{1/2}$ - число Фруда в выходном сечении со скоростью v_0 и глубиной h_0.

Очертания крайней линии тока (Q = 0 %) следует принимать в качестве границы переходного участка отводящего русла (см. рис. 15.36). Глубины и скорости потока в отводящем русле определяют в следующем порядке.

1. Находят глубину h_0 и скорость потока v_0 на выходе из сооружения.

2. Определяют число Фруда на выходе

$Fr = v_0/(gh_0)^{1/2}$.

3. Пользуясь универсальным графиком (см. рис. 15.36), строят линии тока и линии разных глубин в зоне растекания. Для этого определяют безразмерные координаты по графику и умножая их на b и bFr (по формуле 15.22) получают действительные координаты x и y линий тока и линий равных глубин:

$x = b \times Fr \times x;\ y = b \times y;$

4. Определяют скорость и глубину потока вдоль этих линий. Так, вдоль линий, равных глубине h/h_0 = 0,8, глубина h = 0,8h_0. Скорость потока определяют из уравнения Бернулли, причем уклоном дна и потерями энергии при небольшом протяжении укрепления можно пренебречь:

$$H = h_0 + \frac{v_0^2}{2g} = h + \frac{v^2}{2g}.$$

Обозначив отношение $h/h_0 = k$, получим зависимость:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$v = \sqrt{2g(1-k)h_0 + v_0^2}.$$

Если необходимо учесть потери напора и уклон дна I_0, задачу решают методом последовательных приближений, используя уравнение Бернулли в виде:

$$h_{нач} + \frac{v_{нач}^2}{2g} = h_{кон} + \frac{v^2}{2g} + h_w - i_0 \Delta l,$$

где

Dl - расстояние вдоль линии тока между выбранными начальным и конечным сечениями.

В первом приближении определяют $h_{кон}$, $v_{кон}$, принимая $h_w = 0$. По найденным значениям $h_{кон}$, $v_{кон}$ определяют:

$h_{ср} = 0{,}5\ (h_{нач} + h_{кон})$;

$v_{ср} = 0{,}5\ (v_{нач} + v_{кон})$.

Затем находят уклон трения:

$$I_w = \frac{v_{ср}^2}{\left(C\sqrt{h}\right)_{ср}^2}.$$

Определив $h_w = I_w$Dl, уточняют значение $h_{кон}$, $v_{кон}$, пользуясь уравнением Бернулли, и т.д.

Более просто и также без учета потерь можно найти скорость по расстоянию между соседними линиями тока на графике (см. рис. 15.36):

$$v = \frac{\Delta Q}{h \Delta b}.$$

Построение крайней линии тока также позволит определить и средний угол растекания потока b.

Для более простого определения угла растекания бурного потока также можно пользоваться графиками И. А. Шеренкова (рис. 15.37), на которых приведены значения b в зависимости от $П_{ко}$ - параметра кинетичности потока на выходе из сооружения:

$П_{ко} = v^2/(gh_0)$.

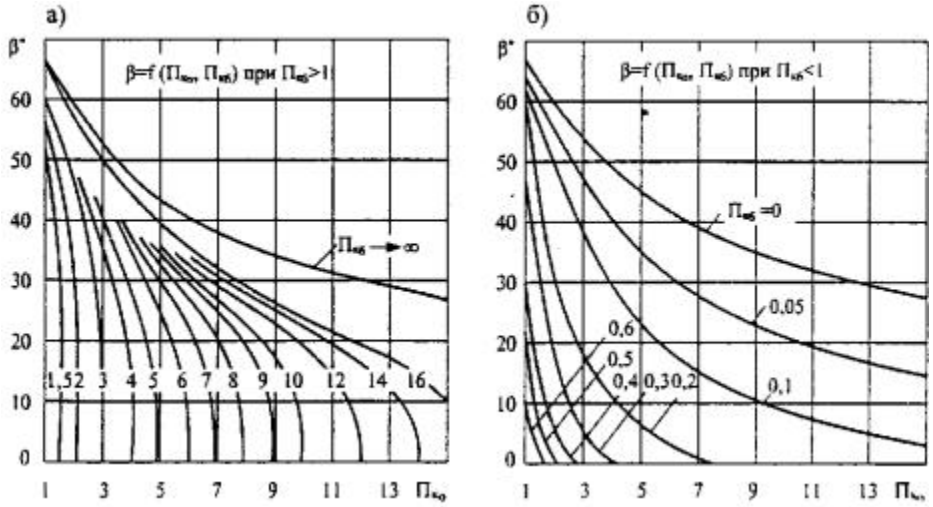


Рис. 15.37. Графики для определения угла растекания:
а - для случая, когда бытовой поток находится в бурном состоянии ($П_{кб} > 1$);
б - для случая, когда бытовой поток находится в спокойном состоянии ($П_{кб} < 1$)

и параметра кинетичности бытового потока

$$П_{кб} = v_б^2/(gh_б) = Fr^2,$$ где

$v_б$ и $h_б$ - скорость и глубина бытового потока, соответственно в м/с и м.

Более грубо можно принять наибольший угол b = 45° (т.е. полный угол растекания 90°) и прямолинейное очертание границ растекания. Тогда полное растекание будет соответствовать наименьшей длине

$l_{пр} = (B_р - b)/2$, где

$B_р$ - ширина русла, м;

b - отверстие сооружения, м.

Скорость растекающегося потока при гладком плоском укреплении практически сохраняется в пределах длины $l = 3b$ и может быть принята равной $1{,}5v_o$. В связи с этим глубина на кромке укрепления при $b = 45°$:

$$h_1 = \frac{Q}{1{,}5v_0\left(2l_{укр} + b\right)}.$$

Расчет размывов за укреплениями. Экономически нецелесообразно устраивать весьма длинные плоские укрепления отводящих русел за малыми мостами и трубами. Поэтому ограничиваются устройством коротких укреплений, заканчивающихся погребенным предохранительным откосом (рис. 15.38), у которого размыв развивается. При этом, как правило, прыжок сгоняется с укрепления в размыв. Однако, благодаря значительной глубине заложения предохранительного откоса, размыв оказывается безопасным для укрепления и отодвинутым на заданное расстояние от откоса насыпи и водопропускного сооружения.

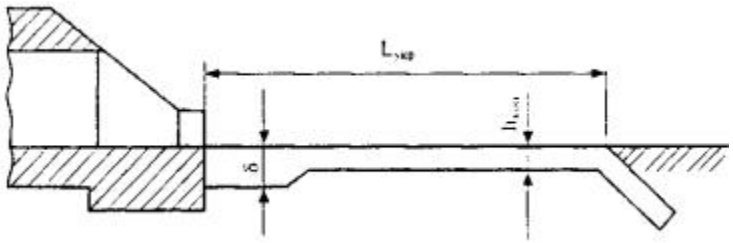


Рис. 15.38. Продольный разрез укрепления

Расчет глубины размыва, необходимый для назначения заглубления предохранительного откоса, может быть выполнен различными приемами. В ирригационном строительстве широкое применение нашли формулы чл.-корр. АН Узбекистана М.С. Вызго, обоснованные для свободного растекания бурного потока на уравнении прыжка и для сбойного течения на обычном уравнении прекращения размыва при снижении скорости до неразмывающей.

Учитывая особенности растекания потока за малыми водопропускными сооружениями (по сравнению с ирригационными) и пользуясь формулами М.С. Вызго, можно получить глубины размыва при свободном растекании бурного потока в зависимости от длины укрепления. Данные об относительных глубинах размыва (D/H) сведены в табл. 15.17, составленную проф. О.В. Андреевым.

Таблица 15.17.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Относительные глубины размыва

$l_{укр}tgb/b$	0	1	2	3	4	5	8	10
D/H	1,55	0,98	0,78	0,65	0,59	0,54	0,45	0,40

Глубина размыва дана в долях глубины воды перед насыпью, определяющей энергию потока на выходе из сооружения. Приведенные глубины размыва могут считаться только приблизительными, так как вывод расчетной формулы не совсем строг. Однако эти глубины, как это следует из табл. 15.18, практически совпадают с глубинами размыва и высотами предохранительных откосов за унифицированными трубами, которые были определены непосредственно из лабораторного эксперимента. Следовательно, пользоваться этими простыми данными для назначения глубин заложения предохранительных откосов в случаях индивидуального проектирования защиты сооружений можно.

Таблица 15.18.

Глубина размыва

Диаметр круглых труб, м	Ширина ´ высота прямоугольных труб, м	H, м	$l_{укр}/b$	$h_{отк}$	D по табл. 15.15
0,75	-	1,00	5,50	0,85	0,55
1,00	-	1,40	5,50	1,30	0,75
1,25	-	1,75	5,00	1,30	0,95
1,50	-	2,10	4,90	1,30	1,10
2,00	-	2,80	4,70	1,30	1,55
-	1,00´1,20	1,80	3,00	1,30	1,15

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

-	1,25´1,50	1,80	3,00	1,30	1,55
-	1,50´2,00	2,40	3,00	1,30	1,55
-	2,00´2,00	2,40	3,00	1,30	1,55

Расчет размывов при свободном растекании бурного потока получил дальнейшее развитие в работах МАДИ в 1966 г. (М.В. Немчинов). Получена общая формула связи глубин потока на сходе с укрепления h_1 и глубины потока h_2 после его резкого расширения в вертикальной плоскости (рис. 15.39, б):

$$h_2 = \frac{h_{kp}^3 (h_2 - h_1)}{h_1 h_2 h_{np}} + \frac{h_{np}}{2}, \quad \text{где} \tag{15.23}$$

h_{kp} - критическая глубина, м;

h_{np} - высота прыжка ($h_б$ - h_1), м;

$h_б$ - бытовая глубина в отводящем русле, м.

Схемы образования воронок размыва за укреплениями показаны на рис. 15.39.

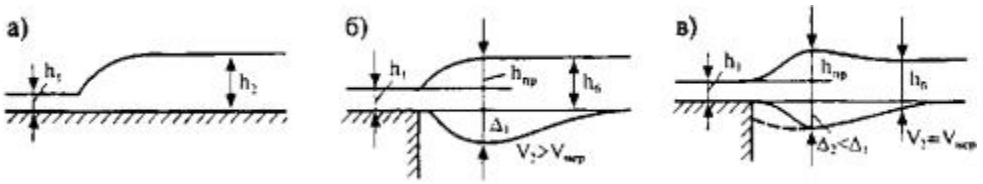


Рис. 15.39. Расчетные схемы к определению глубины размыва при свободном растекании

Формула (15.23) переходит в обычную формулу прыжка (рис. 15.39, а) при отсутствии размыва (D = 0), когда глубина прыжка $h_{np} = h_2 - h_1$. При невозможности такого прыжка, т.е. при $h_2 > h_б$ в размываемом русле за укреплением, будет развиваться воронка размыва, глубина которой (рис. 15.39, б)

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$\Delta_1 = \frac{h_{кр}^3}{h_1 h_{кр}} - h_1 - h_{кр}.$$

Такой предельной глубины воронка размыва достигает при весьма слабых грунтах, плохо сопротивляющихся размыву. При более прочных грунтах воронка с глубиной D_1 не разовьется, а ее глубина окажется равной (рис. 15.39, в)

$$\Delta_2 = \frac{q}{kv_н} - \frac{q}{v_1} - \frac{kv_н(v_1 - kv_н)}{g} < \Delta_1,$$ где

q - элементарный расход воды, м^3/с;

$v_н$ - неразмывающая скорость для грунта, м/с;

v_1 - скорость схода потока с укрепления, м/с;

k - коэффициент, учитывающий повышенную турбулентность потока в яме размыва; k » 0,6.

Для приблизительного определения расхода центральной струи и скорости течения на кромке укрепления через $q_{вых}$ и $v_{вых}$ (т.е. на выходе из сооружения) можно воспользоваться табл. 15.19, составленной по данным опытов М.В. Немчинова.

Таблица 15.19.

Расход центральной струи q и скорость v_1 на кромке укрепления

$l_{укр}/b$	$q/q_{вых}$	$v_1/v_{вых}$	$h_1/h_{вых}$	$l_{укр}/b$	$q/q_{вых}$	$v_1/v_{вых}$	$h_1/h_{вых}$
0,00	1,00	1,00	1,00	5,50	0,16	0,58	0,28
1,50	0,43	0,83	0,52	7,50	0,11	0,46	0,24

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

3,50	0,22	0,71	0,31	11,00	0,10	0,43	0,23

В случае сбойного течения, возникающего при значительных бытовых глубинах нижнего бьефа (в отводящем русле), размыв (рис. 15.40) определяют так:

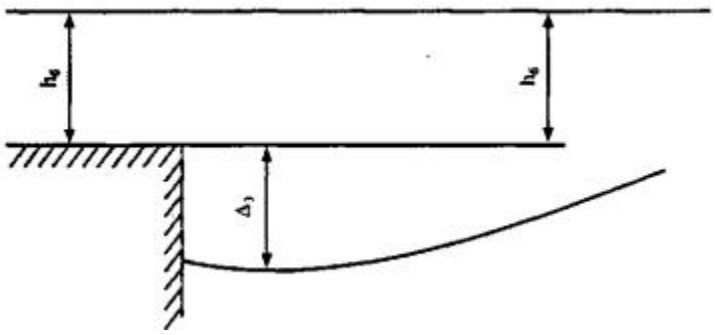


Рис. 15.40. Расчетная схема к определению глубины размыва при сбойном течении

$$\Delta_3 = \frac{k_1 q_{сб}}{k_0 v_н} - h_б,$$ где

$k_1 = 2,65$ - коэффициент сбойности;

$k_0 = 0,75$ - коэффициент повышения турбулентности потока в яме размыва.

Для приблизительного определения элементарного расхода воды при сходе с укрепления также можно воспользоваться экспериментальными данными М.В. Немчинова, сведенными в табл. 15.20.

Таблица 15.20.

Элементарный расход воды при сбойном течении

$l_{укр}/b$	0	1	2	3	4	5	7	9
$q_{сб}/q_{вых}$	1,00	0,99	0,98	0,90	0,83	0,73	0,59	0,52

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

15.8. Расчет дренажа

Дренаж устраивают для перехвата или понижения уровня грунтовых вод. Целесообразно располагать дрены под кюветами, где они доступны для ремонта в случае заиливания.

Перехватывающий, экранирующий дренаж устраивают обычно в откосах выемок, если выемка перерезает водоносный слой и заходит в водоупор (рис. 15.41). В этом случае приток воды на 1 м дрены вычисляют поданным обследования водоносного слоя:

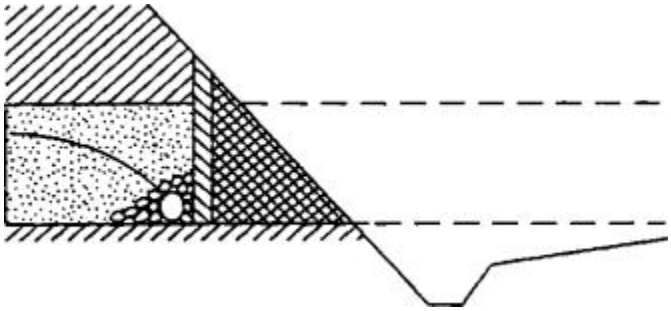


Рис. 15.41. Перехватывающий дренаж

$q_ф = K_ф ih$, где

$K_ф$ - коэффициент фильтрации;

i - уклон водоносного слоя, ‰;

h - глубина воды в слое, м.

На длине $l_д$ собирается расход воды, подлежащий отводу

$Q_ф = q_ф\, l_д$

Для пропуска такого количества воды необходима труба, размер которой может быть найден из равенства

$Q = K\sqrt{I_д}$, где

$I_д$ - уклон дренажной трубы, ‰;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

K - расходная характеристика дренажной трубы, $м^3/с$, вычисляемая (для асбоцементных и гончарных труб)

по формуле

$K = 24d^{8/3}$, где

d - диаметр трубы, м.

Скорость течения воды в трубе должна быть не очень большой, но и не слишком малой (во избежание заиливания). Скорость течения в круглой дренажной трубе равна:

$$v_д = W\sqrt{I_д},$$

W - скоростная характеристика трубы, равная $30,4d^{2/3}$, м/с.

При проложении дорог в местности с высокими грунтовыми водами можно так высоко поднять бровку насыпи и проезжую часть, что понижения грунтовых вод не потребуется. Однако в ряде случаев более целесообразно (или необходимо по каким-либо специальным условиям) понизить грунтовые воды под земляным полотном. Если дрены располагаются на водоупоре, то можно ограничиться устройством одной верховой дрены, расчет которой полностью совпадает с изложенным выше. За дреной пространство будет постепенно осушено. Такие дрены называются **совершенными** (рис. 15.42). При глубоком залегании водоупора устраивают две дрены симметрично по обе стороны дороги и оставляют их висячими **несовершенными** (рис. 15.43).

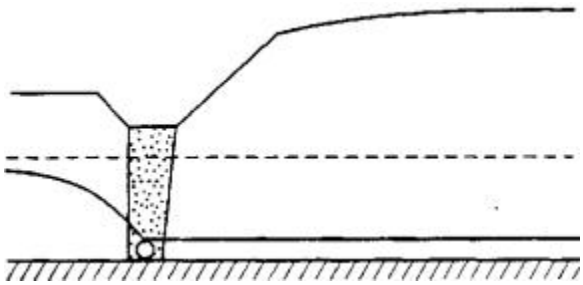


Рис. 15.42. Совершенный дренаж

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

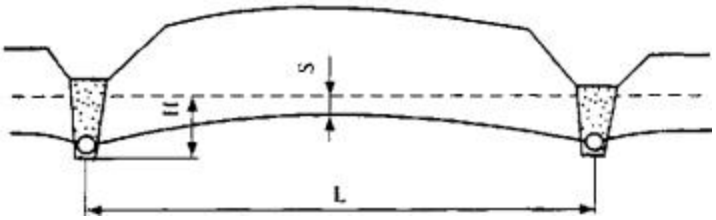


Рис. 15.43. Висячие дрены и схемы к их расчету

Для определения необходимой глубины заложения дрен строят кривую депрессии (понижения) грунтовых вод, рассчитывают приток воды к дренам и их сечение (последнее - аналогично приведенному выше).

Каждая из дрен осушает некоторое пространство, предельная ширина которого, отсчитываемая в одну сторону от дрены, называется радиусом действия дренажа:

$R = H/\mathrm{tg}a$, где

(15.24)

а - угол депрессии, зависящий от свойств грунта водоносного пласта.

Форма кривой депрессии (рис. 15.44) представляет собой параболу 2-й степени с уравнением:

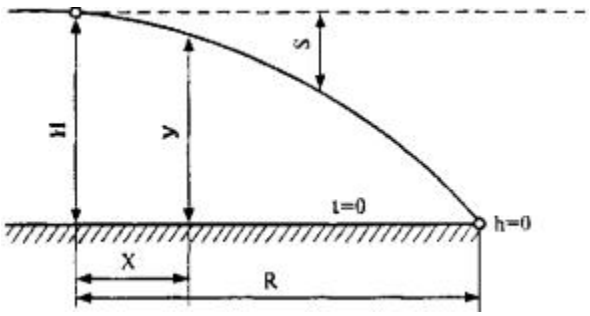


Рис. 15.44. Кривая депрессии

$$y = H\sqrt{1 - x/R}.$$

При $x = 0$, т.е. в наибольшем удалении от дрены, $y = H$ и понижения нет. При $x = R$, $y = 0$ кривая депрессии снижается на величину H. Зная расстояние между двумя

дренами L, получаем расчетное уравнение понижения уровня воды в середине дороги

$$S = H\left(1 - \sqrt{L/2R}\right)$$

(15.25)

Рекомендуется следующий порядок расчета висячих дрен:

1) по условию неподтопляемости дренажного слоя дорожной одежды капиллярными водами назначают норму понижения уровня воды на середине дороги S;

2) по известному значению tga и расстоянию между двумя соседними висячими дренами L назначают глубину заложения дрены ниже уровня воды, решая для этого квадратное уравнение, следующее из уравнений (15.24) и (15.25):

$$\left(\frac{S}{H}\right)^2 - \left(2 + \frac{tg\alpha L}{2S}\right)\frac{S}{H} + 1 = 0.$$

Приток отводимой воды на единицу длины дрены (двусторонний приток к каждой дрене) вычисляют по формуле:

$2q_ф = K_ф H$tga,

а на всю длину дрены $l_д$

$Q_ф = 2q_ф l_д$.

Необходимый размер дрены (трубы) и скорость течения воды в ней рассчитывают, как обычно. Возможное конструктивное оформление дрен - см. рис. 15.4.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

15.9. Некоторые рекомендации к разработке региональных норм стока

Многообразие климатических, почвенно-грунтовых и гидрологических условий различных регионов не позволяет применять трафаретных решений для определения расчетных расходов при проектировании водопропускных сооружений на автомобильных дорогах. Поэтому наиболее целесообразным подходом решения задач в этой области является создание региональных норм стока, которые учитывали бы особенности природно-климатических и гидрогеологических условий конкретного района. Как показывает практика, разработка и применение региональных норм стока может обеспечивать получение наиболее достоверных характеристик стока даже в самых малоизученных районах, позволяет решать задачи, выполнение которых по существующим традиционным методам затруднено или не предусмотрено.

Создание региональных норм стока следует начинать всегда с правильного выбора основной расчетной схемы, которая должна быть получена теоретически обоснованно. Только после выбора основной расчетной схемы можно учитывать входящие в формулы параметры, зависящие от региональных условий. Затем следует выполнять тщательное изучение физико-геологических, природно-климатических, гидрологических и метеорологических условий, а также проводить необходимые полевые обследования водостоков.

Факторы, определяющие величину расхода ливневого стока, можно разделить на две самостоятельные группы: региональные, зависящие от географических координат водосбора; геометрические, влияние которых одинаково для всех бассейнов, независимо от их местоположения.

Для правильного составления региональных норм стока необходимо, прежде всего, выделить по обоснованной схеме постоянно действующие для всех бассейнов факторы стока - геометрические характеристики бассейнов и по натурным показателям искать только региональные факторы, действительно зависящие от местоположения бассейна и учитывающие особенности местного климата и впитывающую способность почв.

Для практических целей профессором О.В. Андреевым предложена схема выделения влияния геометрических элементов водосбора на величины ливневых расходов. Исключая влияние геометрических характеристик, можно с уверенностью устанавливать региональные нормы стока для любого района.

Связь между средней интенсивностью ливня a и продолжительностью выпадения осадков t описывают обычно следующей зависимостью:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$a = \frac{K}{t^{2/3}},$$ где

(15.26)

K - региональный климатический коэффициент.

Слой осадков за время хода ливня определяют по формуле:

$$h_д = at = Kt^{1/3}.$$

(15.27)

Расчетное время дождя, наиболее опасное для проектируемых водопропускных сооружений принимается как «время добегания» воды от наиболее удаленной точки бассейна до замыкающего створа:

$$t = \frac{L}{v},$$ где

(15.28)

L - длина бассейна, км;

v - скорость стекания, м/с.

Величину расхода ливневого стока принято определять по зависимости:

$$Q = 16{,}7aF = 16{,}7\frac{KF}{t^{2/3}} = 16{,}7\frac{KFv^{2/3}}{L^{2/3}},$$ где

(15.29)

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

F - площадь водосбора, км^2.

Используя уравнение Шези и глубину слоя стекающей воды h, величину скорости добегания вычисляют по формуле:

$v = mh^{2/3}I^{1/2}$, где

(15.30)

m - показатель ровности склонов бассейна (см. табл. 31.1);

I - уклон бассейна, ‰.

На основе формул (15.27), (15.28) и (15.30) с учетом пропорциональности величин h и h_0, после некоторых преобразований получим:

$v^{2/3} ¥ m^{6/11}K^{4/11}I^{3/11}L^{4/33}$

(15.31)

Объединяя формулы (15.29) и (15.31)

$$Q \infty K^{15/11}\left(m^{6/11}\frac{FI^{3/11}}{L^{6/11}}\right).$$

(15.32)

В выражении (15.32) величины в скобках объективно отображают влияние на расход Q геометрических характеристик бассейна, независимо от его географических координат. Множитель K, представляющий собой климатическую характеристику региона, объединен с постоянными коэффициентами пропорциональности, размерности и потерь, предполагаемыми в выражении (15.32), и заменен общим обозначением регионального коэффициента R.

Тогда, очевидно, региональный коэффициент учитывает и потери стока на впитывание, зависящие от характеристик почв региона.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$Q = R\left(m^{6/11}\frac{FI^{3/11}}{L^{6/11}}\right).$$

Исходя из формулы (15.27), климатический коэффициент K выражается через слой осадков заданной продолжительности. Например, принимая t = 60 мин, получаем:

$$K = a_{час}t^{2/3} = (a_{час}t)\frac{1}{t^{1/3}} = \frac{h_{60}}{(60)^{1/3}} = \frac{h_{60}}{3{,}91},$$ где

$a_{час}$ - интенсивность ливня часовой продолжительности, мм/мин.

Потери стока на впитывание в почву можно учитывать как уменьшающим коэффициентом, так и вычитанием слоя потерь из слоя стока. Тогда с учетом потерь и с сохранением гиперболической связи в формуле (15.26) между интенсивностью водоотдачи и ее продолжительностью:

$$K = \frac{(h_{60})_в}{3{,}91}.$$

Обращают внимание на возможность уточнять региональные нормы стока, выделяя в рассматриваемом регионе бассейны с резко различающимися условиями впитывания в почву. Рекомендуют вводить в расчет «относительный коэффициент стока» - j_0, показывающий сравнительную впитывающую способность почв бассейна. С помощью этого коэффициента можно объединять данные о натурных расходах воды, сформировавшихся на бассейнах с различными почвами, приводя их к одному виду почв. Величины этих относительных коэффициентов целесообразно определять по известным таблицам обычных коэффициентов стока (например, Д.Л. Соколовского), взяв один из видов почв за исходный и приняв для него j_0 = 1. Несмотря на условность такого расчета, этот прием дает возможность уточнять региональные нормы стока для любого района, а в ряде случаев позволяет объяснить отклонения расчетных величин от натурных данных.

В итоге предлагаются следующие, наиболее полные и ясно выводимые региональные зависимости:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$Q = R\varphi_0\left(m^{6/11}\frac{FI^{3/11}}{L^{6/11}}\right),$$

(15.33)

$$Q = R\varphi_0\left(m^{1/2}\frac{FI^{1/4}}{L^{1/2}}\right)$$

(15.34)

или после некоторого упрощения:

$Q = Rj_0(m^{1/2}F^{3/4}I^{1/4})$,
(15.35)

приняв $L = F^{1/2}$ и вводя среднюю ширину бассейна $B = F/L$

$$Q = R\varphi_0\left(\sqrt{mFB}\,I^{1/4}\right),$$ где

(15.36)

R - региональный коэффициент той же вероятности превышения, что и расход Q;

j_0 - относительный коэффициент стока;

m - показатель ровности склонов бассейна;

F, L, B, I - площадь, длина, средняя ширина и уклон бассейна, соответственно км^2, км, км, ‰.

Таким образом, для отыскания региональных коэффициентов (постоянных для конкретного района или плавно меняющихся по его территории) необходимо натурные данные о расходах делить на функции геометрических характеристик соответствующих бассейнов, т.е.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$R = \frac{Q}{\varphi_0 f(m, F, L, I)}.$$

(15.37)

Несмотря на теоретически обоснованную схему и соответствующий вывод для составления региональных норм стока, в связи с приближенностью входящих в формулы (15.33-15.37) компонентов и упрощенностью закономерностей формирования и стекания нестационарных ливневых вод по склонам водосбора, необходима соответствующая корректировка по натурным данным о расходах, чтобы региональный параметр приобретал более устойчивый характер.

Для поиска и сбора необходимых натурных сведений рекомендуют поступать следующим образом.

Предварительно на планах вдоль трассы проводят генеральный водораздел, от которого идет сток к принятым во внимание искусственным сооружениям. Это снижает ошибки определения верхних границ отдельных площадей водосбора.

Зная положение главного водосбора, по картам следует уточнить границы всех водосборов, их площади и разветвленность. Для этой цели от каждого сооружения нужно проходить по дну лога с необходимыми геодезическими приборами до водораздела и составлять продольный профиль лога. Обычно за линию водораздела геодезический ход продолжают на 10 % его длины при неровном рельефе и не менее 20 % - при плоском. Необходимо твердо убедиться в том, что принятый главный лог есть истинный. При разветвленных бассейнах необходимо пройти по главным разветвлениям, чтобы установить их боковые границы и убедиться, что второй лог не длиннее первого. За главный принимают наиболее длинный лог. По полученным точкам водоразделов всех логов уточняют на карте главный водораздел вдоль трассы и одновременно устанавливают границы между отдельными логами. Таким образом, получают план бассейнов и логов, привязанный к трассе, наглядно характеризующий общую топографическую ситуацию района. В горных и труднопроходимых районах для этой цели применяют теодолитную, аэрофотосъемку и съемку с использованием систем спутниковой навигации «GPS».

Уклоны склонов и логов определяют по планам в горизонталях или непосредственными измерениями с помощью геодезических приборов. Поскольку уклоны на одном и том же склоне не одинаковы, для оценки скорости стекания слоя стока к ближайшему логу необходимо вычислить их средневзвешенные значения.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Одним из решающих факторов, влияющих на сток, является впитывание выпавших осадков в почву. Для выяснения состава и структуры почвы и отнесения ее к определенной категории рекомендуют на бассейне делать шурфы глубиной до 0,5 м, так как для оценки впитывания ливневых дождей решающее значение имеют только верхние 20 - 30 см почвы. Количество шурфов назначают по табл. 15.25.

Таблица 15.25.

Количество шурфов, необходимое для определения категории почвы

Обследования	Число шурфов на 1 км^2 водосбора	Всего не менее	Всего не более
	средняя норма		
Предварительные на каждом варианте	0,5	1	3
Окончательные на принятом к строительству варианте	1	2	10

По результатам разработки шурфов квалифицированно определяют категорию почв по впитыванию на водосборе. Водосборы площадью более 10 км^2 целесообразно делить на несколько частей, если разница в категории почв оказывается значительной.

Необходимо отметить, что на малых водосборах, расположенных в регионах с многократными муссонными ливнями значительной продолжительности, почва может находиться в полностью влагонасыщенном состоянии перед очередным, возможно самым сильным ливнем и никакого впитывания может не происходить за весь период ливня. В таких случаях в формировании стока участвуют все выпавшие осадки. Необходимо также иметь в виду, что в засушливых районах с абсолютно высохшей пылеватой и песчаной поверхностью интенсивные капли сильного ливня словно «выштукатуривают» поверхность грунта и впитывание практически и здесь отсутствует.

Наличие болот и озер на бассейне снижает скорость добегания потока. Если скорость протекания по болоту снижается в 2-3 раза по сравнению с логами при равнинном рельефе, то по озеру, в зависимости от величины аккумуляции - в 3-10 раз. Поэтому при изысканиях необходимо оценить не только площадь болот и озер в процентах, но также определять длину протекания потока по болоту и озеру. Если болота и озера расположены в верхней части бассейна, то, возможно, что при

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

отсечении этой части водосбора расчетный расход получится больше, чем при учете площади всего водосбора.

При изысканиях необходимо наиболее квалифицированным образом собрать все требующиеся гидрометеорологические и паводковые данные у близлежащих гидрометеостанций, ознакомиться с архивами старых проектов, материалами различных организаций. Следует собрать сведения о выдающихся паводках, разливах на дорогах и ливнях как по официальным, так и по иным доступным источникам.

Обычно удается собрать полевые данные путем опроса работников эксплуатационной службы дороги, а также местного населения. Оценка достоверности полученных данных осуществляется компетентно с соответствующей ответственностью. При сборе и визуальном осмотре необходимо установить:

следы и отметки наблюдаемых уровней в логах, на опорах моста, у входов существующих водопропускных сооружений и т.д.;

какие паводки более опасны для данного сооружения: от ливней или от снеготаяния;

факты перелива воды через насыпь, величины слоя перелившейся воды и размыва земляного полотна, характерные повреждения сооружений от прохода воды;

повторяемость паводков разной величины в данном месте.

Если во время изысканий пойдет сильный дождь, то следует измерить количество выпавших осадков, обратив особое внимание на количество осадков во время прохода наиболее интенсивного ливня.

Зная количество осадков и время, можно определить вероятность превышения паводка.

Обследование следов прошедших паводков может косвенно помочь определению расчетных расходов и объемов стока с определенной вероятностью превышения. Однако следует отметить, что обычно повторяемость в натуре расходов, зафиксированных наблюдениями и прошедших через сооружение, установить довольно сложно. Величины расходов и объемов, определенные приближенно, а не гидрометрически, могут иметь значительные отклонения от действительных. Применяемые гидравлические формулы определяют расход, проходящий лишь через сооружение, т.е. искаженный аккумуляцией. Если перед сооружением аккумулировалась вода, то фактический расход, притекавший с водосбора, может оказаться в зависимости от пологости бассейна значительно

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

больше. Необходимо также учесть, что при любой вероятности превышения может быть любое количество равновозможных сочетаний интенсивности и продолжительности водоотдачи. В расчетах находят их самое невыгодное сочетание для рассматриваемого водосбора. Тогда вероятности превышения слоев осадков будут идентичны ВП расходов.

Очевидно, что при учете аккумуляции ливневых вод перед сооружениями необходимо определить не только расход, но и объем стока. Для малых водосборов одна из наиболее удобных является методика, разработанная в МАДИ в 1977 году (см. разд. 15.3). В этой связи целесообразной является разработка карты ливневого районирования (см. рис. 15.5) и составление таблиц интенсивности ливня часовой продолжительности при различных вероятностях превышения (табл. 15.7). На основе обработки натурных данных принято разрабатывать карты изолиний интенсивностей часовой продолжительности, суточных и годовых максимальных слоев осадков и т.д. для различных вероятностей превышения*.

* Глава 15 подготовлена на основе материалов проф. О.В. Андреева из Справочника инженера-дорожника (Проектирование автомобильных дорог: Справочник инж.-дор. / Под ред. д-ра техн. наук П.А. Федотова. - М.: Транспорт, 1989. - 438 с).

ГЛАВА 16. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

16.1. Основные сведения о проектировании переходов через большие водотоки

В комплекс сооружений мостового перехода обычно входят: мост, пересекающий собственно водоток; подходы к нему - пойменные земляные насыпи, периодически подтапливаемые в паводки; регуляционные и укрепительные сооружения, предохраняющие мост и подходы от вредного воздействия водного потока.

Все основные сооружения мостовых переходов (мосты, подходы к мостам, регуляционные и защитные сооружения) подвержены вредному воздействию водного потока. Им угрожают:

1. Подтопление водами реки при проходе паводков, особенно высоких.

2. Природные деформации русел.

3. Общие размывы, связанные со стеснением паводкового потока не переливаемыми подходами к мостам.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

4. Местные размывы, развивающиеся у передних граней опор мостов и голов регуляционных сооружений.

5. Подпоры воды, разные в различных сечениях подлине мостового перехода, с разных сторон насыпей подходов и струенаправляющих дамб.

6. Продольные течения, наблюдающиеся с верховых сторон насыпей подходов и вдоль речных откосов струенаправляющих дамб.

7. Волновые воздействия на укрепленные откосы насыпей подходов и откосы струенаправляющих дамб.

8. Ледоход, непосредственно воздействующий на опоры мостов и укрепленные откосы струенаправляющих дамб и насыпей подходов.

9. Карчеход на реках, где имеет место это опасное природное явление.

При проектировании мостовых переходов возникает необходимость выполнения комплекса сложных и трудоемких гидрологических, морфометрических, гидравлических и русловых расчетов.

Гидрологические расчеты - это, прежде всего, определение расходов и соответствующих им уровней воды расчетной вероятности превышения (ВП). Величины ВП обычно нормируют в зависимости от типа искусственного сооружения, категории дороги и плотности дорожной сети в районе проектируемого объекта. Ежегодные колебания наибольших расходов и уровней воды, несмотря на их опосредованную связь с ходом Солнечной активности (5-6 - летними, 11 - летними, 22 - летними, 44 - летними, 88-89 - летними (вековыми) и т.д. гармониками хода Солнечной активности) все же подчиняются законам больших чисел, поэтому для вычисления расчетных расходов и соответствующих им уровней воды используют уравнения теории вероятностей, а саму вероятностную обработку непрерывных рядов наблюдений за максимальными годовыми расходами и уровнями воды осуществляют на компьютерах.

Для комплексного проектирования мостовых переходов, особенно в рамках систем автоматизированного проектирования автомобильных дорог и сооружений на них (САПР-АД), требуется знание не только наивысших годовых расходов и уровней заданной ВП, но и ход их во времени - расчетных гидрографов и водомерных графиков паводков. При детальных комплексных компьютерных расчетах мостовых переходов нередко используют всю совокупность паводков в наблюденной на водомерных постах последовательности с пропуском паводка расчетной ВП в наиболее напряженный период работы мостового перехода.

Морфометрическими расчетами определяют расходы, уровни и скорости течения с использованием уравнения равномерного течения жидкости по

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

известным морфологическим и геометрическим характеристикам расчетного сечения долины реки (морфоствора).

Морфометрические расчеты необходимы для установления расчетного уровня воды по известному расчетному расходу (как правило в тех случаях, когда на водотоке отсутствуют систематические гидрометрические наблюдения за расходами и соответствующими им уровнями на водомерных постах), иногда для определения расхода воды по зафиксированному на местности уровню воды и, наконец, самое главное, для оценки распределения расчетного расхода между характерными элементами живого сечения долины реки (руслом и поймами). Величина распределения расчетного расхода - одна из самых важных гидравлических характеристик створа перехода, которая в конечном итоге во многом определяет генеральные размеры всех сооружений мостовых переходов. Учитывая возможность появления ощутимой погрешности и, следовательно, необходимость введения гарантийных запасов устойчивости сооружений, к морфометрическим расчетам прибегают лишь при невозможности проведения натурных гидрометрических наблюдений или их недостаточном объеме.

Всегда нужно стремиться производить гидрометрические наблюдения в створе мостового перехода, особенно при высоких уровнях воды, с последующим построением натурной кривой расходов $H = f(Q)$. Затраты на производство гидрометрических работ, как правило, с лихвой окупают себя на снижении строительной стоимости и последующих эксплуатационных расходах в связи с исключением бросовых затрат и повышением надежности проектируемых объектов.

Расчет отверстия моста - это назначение глубины фундирования опор по известной величине отверстия или (в редких случаях) определения величины отверстия при заданном размыве. Назначая величину отверстия или (что более правильно) определяя ее расчетом, нужно учитывать неизбежные природные деформации русел, которые наблюдаются на водотоках в бытовых условиях и часто еще усиливаются после строительства мостовых переходов.

Необходимо также прогнозировать закономерные боковые деформации русел (их уширения), связанные со стеснением паводкового потока подходами к мостам, т.е. с искусственным изменением величин руслоформирующих расходов на участках влияния мостовых переходов. При этом отверстие моста назначают обычно не меньше величины максимально возможного (без заиления в течение десятилетий) уширенного подмостового русла.

При назначении глубин фундирования опор мостов прогнозируют те наибольшие глубины общего размыва, которые могут развиться в один из наиболее напряженных периодов работы мостового перехода в течение расчетного срока его службы. Прогноз глубинных деформаций русел и фундирование опор осуществляют обязательно с учетом природных русловых деформаций, которые

приводят к дополнительному углублению русла, а также боковых деформаций - естественных или искусственных (срезок пойменных берегов подмостовых русел), существенно ограничивающих развитие глубинных размывов.

Местные размывы, развивающиеся у передних граней опор мостов и голов регуляционных сооружений, являются следствием нарушения локальной гидравлической структуры потока этими элементами мостовых переходов и приводят к дополнительному увеличению глубин в русле и на поймах. Глубины местного размыва, вычисляемые обычно по эмпирическим или теоретико-эмпирическим зависимостям, обязательно учитывают при обосновании размеров сооружений мостовых переходов.

Таким образом, минимальные размеры отверстий мостов часто определяются возможными боковыми деформациями русел под мостами (естественными или искусственными уширениями русел), а глубины фундирования опор природными, общими (глубинными) и местными деформациями.

Расчет судоходного уровня (РСУ) - одна из наиболее ответственных задач, которую всегда приходится решать при проектировании мостовых переходов через судоходные реки. Этими расчетами, с одной стороны, определяется тот наивысший уровень, при котором еще возможны под мостом проходы судов с заданными высотными габаритами, и, с другой, устанавливаются абсолютные высоты низа конструкций пролетных строений, высоты опор и уровни проезда на мосту и подходах. Элементы расчета судоходных уровней, минимальные длины и количество судоходных пролетов, а также высоты подмостовых габаритов нормируются ГОСТ 26775-97, в зависимости от класса судоходной реки.

Проектирование продольного профиля подходов к мостам осуществляют с учетом тех минимальных высот бровок земляного полотна, при которых не будет переливов через насыпь даже в самые высокие паводки. Требование о недопущении переливов обычно предъявляют также и к струенаправляющим дамбам и траверсам. Минимальные высоты бровок земляного полотна подходов, струенаправляющих дамб и траверсов определяются прежде всего уровнем высокой воды в реке расчетной ВП, величиной подпора в данном месте насыпи, возможной высотой набега волны на откос и нормируемым конструктивным запасом, принимаемым большим для сооружений транспортного назначения (насыпей подходов) и меньшим для вспомогательных сооружений (струенаправляющих дамб и траверсов).

Высоту расчетного уровня воды заданной вероятности превышения $РУВВ_{p}\%$ определяют гидрологическими расчетами. Для определения величин подпоров в любом месте насыпи требуется построение кривых свободной поверхности потока с верховой и низовой сторон насыпей, а также со стороны речного откоса струенаправляющих дамб с использованием уравнения неравномерного течения жидкости.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Определение возможной высоты набега волны на откосы также поддается аналитическим расчетам.

Проектирование регуляционных и защитных сооружений - струенаправляющих дамб, траверсов, полузапруд спрямлений и уширений русел, укреплений сопровождается специальными расчетами. Ориентировочные размеры струенаправляющих дамб и траверсов рассчитывают аналитически. Эти размеры в дальнейшем корректируют в зависимости от конкретных особенностей места перехода, учитывают также опасные местные размывы, развивающиеся у голов струенаправляющих дамб, траверсов и полузапруд. Укрепления откосов и подошв насыпей рассчитывают на ледовые воздействия, волнобой, продольные течения и местные размывы.

Размеры спрямлений русел определяют из условия их наименьшей деформируемости во времени.

Размеры и плановые контуры искусственных уширений подмостовых русел - срезок устанавливают из условия их незаносимости в течение длительного периода времени, а также из условия плавного подвода воды и руслоформирующих наносов под мост и их отвода.

Решение специальных инженерных задач при проектировании мостовых переходов часто производят в связи с необходимостью учета их взаимодействия с другими гидротехническими сооружениями, расположенными в пределах зоны влияния (другими мостовыми переходами, плотинами, переходами коммуникаций, русловыми карьерами грунта и т.д.), а также с необходимостью оценки вредного воздействия мостовых переходов на другие стороны народнохозяйственной деятельности и объекты.

Наиболее часто оказываются необходимыми: расчеты взаимодействия мостовых переходов с другими гидротехническими сооружениями; прогноз изменения условий судоходства на участках русел рек у мостовых переходов; прогноз размывов переходов коммуникаций; оценка подтопления вышележащей местности и т.д.

При решении перечисленных выше задач рассматривают протекающие на мостовых переходах процессы на участках русел рек значительной протяженности и за многолетний период времени, охватывающий ряд десятилетий. Эти расчеты выполняют на компьютерах с использованием комплексных методологий и программ, представляющих собой математические модели мостовых переходов.

16.2. Гидрологические расчеты

Паводки на реках год от года не остаются одинаковыми. При этом периоды прохода сравнительно невысоких паводков (маловодные периоды) сменяются

периодами прохода высоких (многоводные периоды). Закономерное чередование маловодных и многоводных периодов связано с опосредованным влиянием Солнечной активности на циркуляцию околоземной атмосферы и обязательно должно учитываться при обосновании генеральных размеров сооружений мостовых переходов.

Степень опасности повреждения тех или иных сооружений мостовых переходов оказывается тем большей, чем большие по высоте паводки проходят на реках. Мостовые переходы должны безопасно функционировать в течение всего срока его службы, т.е. в течение столетия. Естественно, что в течение этого длительного срока на реке могут пройти очень высокие паводки, в том числе даже такие, которые еще не были зафиксированы на водомерных постах данного водотока.

Каждый *i*-й паводок может быть охарактеризован наибольшим его расходом Q_i, наивысшим уровнем высокой воды УВВ$_i$, продолжительностью паводка $t_{пвi}$, его формой (полнотой $П_i$) и т.д. Основными характеристиками водности реки на данном ее участке являются наибольшие годовые расходы воды Q_i и соответствующие им максимальные уровни высокой воды УВВ$_i$.

Прогноз величин максимального стока (гидрологические расчеты) выполняют, как правило, на основе статистических данных о режиме водного стока за период гидрометрических наблюдений, предшествовавший проектированию мостового перехода. Прогноз водного стока базируется на следующих основных положениях:

1. Годовой цикл водного стока закономерен и отражает смену времен года и тип питания реки.

2. Ежегодные колебания генетически однородных характеристик паводков подчиняются закону больших чисел, т.е. средние величины этих характеристик устойчивы во времени и практически мало зависят от длительности наблюдений.

3. Закономерности колебаний характеристик стока свободных (не зарегулированных) рек устойчивы в течение периодов соизмеримых со столетиями.

4. Величины характеристик стока для каждого года можно считать случайными и не зависимыми друг от друга. Поэтому не представляется возможным прогнозировать срок их появления, но можно оценить лишь вероятность их превышения более высокими величинами.

Для установления средних величин характеристик паводков за длительный период времени и установления закономерностей их колебаний относительно этой средней величины используют статистические многолетние данные наблюдений за возможно более длительный период, предшествовавший проектированию мостового перехода. При этом нельзя объединять в единый ряд наблюдений генетически разнородные характеристики стока. Например, если на реке

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

наблюдаются паводки как от снеготаяния, так и от выпадения ливней, то многолетние ряды наблюдений за максимальным стоком нужно строить отдельно для каждой фазово-однородной характеристики (скажем, расходы и уровни только от снеготаяния, либо только от ливней и т.д.).

Максимальные расходы или уровни паводков могут быть охарактеризованы вероятностью превышения их еще более высокими. При этом, если какой-либо расход или уровень является расчетным для данного мостового перехода, то при проходе паводка такой (расчетной) высоты запасы устойчивости сооружений мостового перехода будут полностью исчерпаны.

Вероятность превышения той или иной характеристики паводка (прежде всего максимальных годовых расходов Q_i, и уровней воды H_i) исчисляется в долях единицы и справедлива для каждого года, так как превышение расчетного паводка может произойти в любой год службы мостового перехода. Чем больше максимальный расход или уровень воды в данном створе водотока, тем меньше вероятность их превышения еще более высокими.

Если вероятность превышения паводка отнести не к одному году, а к длительному периоду наблюдений, то уже можно говорить о частоте (или повторяемости паводков той или иной высоты). Так, если вероятность превышения паводка равна 0,01, то это одновременно означает, что этот паводок будет превышаться более высокими в среднем 1 раз в 100 лет, при этом будут иметь место опасные условия работы сооружений мостовых переходов с возможными их повреждениями или даже разрушениями.

Расчетную вероятность превышения паводков нормируют в соответствии с народнохозяйственным значением проектируемого объекта, что означает, что каждый объект на реке проектируют с определенной степенью инженерного риска (таблица 16.1). При этом, чем выше народнохозяйственное значение объекта, тем меньшую вероятность превышения расчетного паводка принимают при проектировании.

Таблица 16.1.

Нормируемые вероятности превышения паводков

Сооружения	Категория дорог	Вероятность превышения максимальных расходов, %
Большие и средние мосты	I, I-б, II, III, городские улицы и дороги	1*

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

То же	IV, V	2*
Малые мосты и трубы	I	1**
Тоже	I-б, II, III, городские улицы и дороги	2**
То же	IV, V, внутрихозяйственные дороги	3**

Примечания: * В районах с неразвитой сетью автомобильных дорог для сооружений, имеющих особо важное народнохозяйственное значение, при технико-экономическом обосновании вероятность превышения допускается принимать 0,33 вместо 1 % и 1 вместо 2 %.

** В районах с развитой сетью автомобильных дорог для автодорожных малых мостов и труб при технико-экономическом обосновании вероятность превышения допускается принимать 2 вместо 1 %, 3 вместо 2 % и 5 вместо 3 %.

Например, чем выше категория автомобильной дороги, на которой проектируют мостовой переход, тем меньшей вероятности паводок принимают в качестве расчетного. Железнодорожные мостовые переходы, где практически невозможно организовать объезд в случае их разрушения и народнохозяйственные потери, связанные с вынужденными перерывами движения, оказываются огромными, проектируют, используя более жесткие нормы и требования, чем для автомобильных дорог, где такой объезд организовать можно.

Некоторые крупнейшие гидротехнические сооружения гидроэнергетики и водоснабжения проектируют на паводки, которые вообще не могут быть превзойдены более высокими, т.е. имеющими вероятность превышения 0 % (паводки «максимум-максиморум»). Практическая повторяемость таких паводков составляет 1 раз в 10 000 лет при сроке изменения климата на земном шаре в 12 000 лет, равном периоду качания земной оси.

Однако стоимость сооружений, запроектированных на физически возможный предельный паводок, чрезвычайно велика, поэтому оказывается экономически целесообразным ограничивать величины расчетных паводков, хотя и весьма редкими, но реально превышаемыми в течение расчетного срока службы паводками, т.е. проектировать мостовые переходы с экономически оправданной степенью инженерного риска.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Ряды максимальных годовых расходов и уровней воды на реках, зафиксированных в течение ряда лет непрерывных наблюдений на водомерных постах Гидрометеослужбы, могут быть изображены в виде столбчатой диаграммы: хронологической (рис 16.1, а), либо ранжированной в убывающем порядке (рис. 16.1, б). Средняя высота ряда и характерное вогнуто-выпуклое очертание не изменяются с увеличением длительности наблюдений на водомерных постах реки. Чем больше длительность наблюдений, тем более плавное очертание приобретает ранжированная диаграмма. При гипотетически бесконечной длительности ряда непрерывных наблюдений и неизменной длине диаграммы последняя принимает плавное криволинейное очертание для максимальных годовых расходов (рис. 16.1, в) и максимальных годовых уровней воды (рис. 16.1, г).

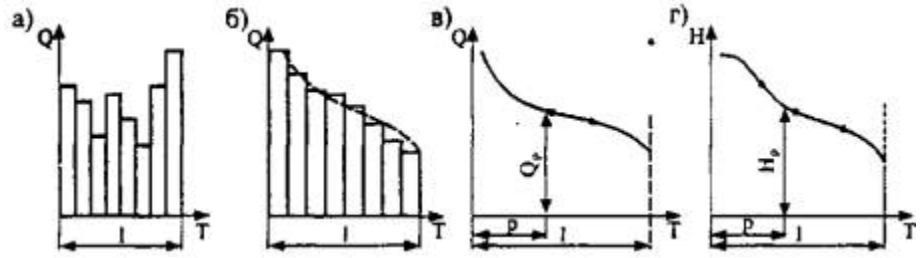


Рис. 16.1. Диаграммы наблюденных максимальных годовых расходов и уровней воды на водомерном посту реки:
а - хронологическая; б - ранжированная; в - кривая вероятностей расходов; г - кривая вероятностей уровней
• - точки перегиба

Ранжированные диаграммы гидрометеорологических величин при неограниченной длительности ряда непрерывных наблюдений называют кривыми вероятностей.

Если длительность ряда наблюдений (длину диаграммы) принять за единицу, то вероятность превышения конкретного расхода Q_p будет определена той частью единицы, которой соответствуют более высокие расходы. Для приближенного вычисления вероятности превышения расхода по ограниченному числу лет наблюдений можно взять отношение порядкового номера искомого расхода m в ранжированном ряду к общему числу лет наблюдений n. Такую вероятность превышения $p_э$ называют эмпирической:

$$p_э = \frac{m}{n}.$$

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

На практике наиболее часто вероятность превышения определяют в %. В этом случае эмпирическая вероятность превышения будет равна:

$$p_э = \frac{m}{n} 100\,\%.$$

Общей формулой, отображающей возможность включения в относительно короткий ряд непрерывных наблюдений, расходов с частотой превышения несколько меньшей, чем 1 раз за период наблюдений, является:

$$p_{э\%} = \frac{m - a}{n - 2a + 1} 100\%,$$ где

(16.1)

$a = 0{,}25 + \frac{0{,}4}{\lg n}$ - эмпирический параметр С.М. Бликштейна

Уравнение кривой вероятности подбирают для каждого створа реки самостоятельно, как обычную эмпирическую формулу.

Обычно в качестве кривой вероятности применяют так называемую биноминальную трехпараметрическую кривую гамма-распределения (Пирсон III), при использовании которой определяют:

среднее значение максимальных расходов $Q_{ср}$;

коэффициент вариации или изменчивости C_v;

коэффициент асимметрии C_s.

Среднее значение максимальных расходов $Q_{ср}$ определяют по обычной формуле арифметического среднего:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$Q_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Q_i}{n},$$ где

Q_i - значение максимального расхода паводка i-го года;

n - число лет наблюдений.

Коэффициентом вариации C_v называют отношение среднеквадратического отклонения максимальных расходов к этому среднему значению:

$$C_v = \frac{1}{Q_{cp}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (Q_i - Q_{cp})^2}{n-1}}.$$

Если принять

$$K_i = \frac{Q_i}{Q_{cp}},$$

то окончательно получим:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (K_i - 1)^2}{n-1}}.$$

Коэффициент асимметрии C_s, зависящий от коэффициента вариации и наименьшего из максимальных расходов, определяется:

$$C_s = \frac{2C_v}{1 - K_{min}}$$

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Коэффициент асимметрии характеризует распределение максимальных расходов относительно среднего значения. Например, если из общего числа лет наблюдений 100 лет, 40 расходов больше среднего, а 60 - меньше, то коэффициент асимметрии имеет положительное значение.

Окончательно расход расчетной вероятности превышения может быть определен по формуле:

$Q_{p\%} = Q_{cp}(C_v\Phi + 1)$, где

$\Phi = f(C_s, P\%)$ - коэффициент, определяемый по таблице 16.2.

Таблице 16.2.

Значения коэффициента Φ

C_s	Значение Φ при вероятности превышения P, %									
	0,1	0,33	1	2	10	25	50	75	90	99
0,00	3,09	2,75	2,33	2,04	1,28	0,67	-0,00	-0,67	-1,28	-2,33
10	3,23	2,82	2,40	2,10	1,29	0,66	-0,02	-0,68	-1,27	-2,25
20	3,38	2,93	2,47	2,15	1,30	0,65	-0,03	-0,69	-1,26	-2,18
30	3,52	3,04	2,54	2,20	1,31	0,64	-0,05	-0,70	-1,24	-2,10
40	3,66	3,15	2,61	2,25	1,32	0,63	-0,07	-0,71	-1,23	-2,03
50	3,81	3,27	2,68	2,30	1,32	0,62	-0,08	-0,71	-1,22	-1,96
60	3,96	3,36	2,75	2,34	1,33	0,61	-0,10	-0,72	-1,20	-1,88
70	4,10	3,48	2,82	2,37	1,33	0,59	-0,12	-0,72	-1,18	-1,81

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

80	4,24	3,60	2,89	2,43	1,34	0,58	-0,13	-0,73	-1,17	-1,74
90	4,38	3,70	2,96	2,48	1,34	0,57	-0,15	-0,73	-1,15	-1,66
1,00	4,55	3,81	3,02	2,53	1,34	0,55	-0,16	-0,73	-1,13	-1,59
10	4,67	3,83	3,09	2,56	1,34	0,54	-0,18	-0,74	-1,10	-1,52
20	4,81	4,04	3,15	2,61	1,34	0,52	-0,19	-0,74	-1,08	-1,45
30	4,95	4,08	3,21	2,64	1,34	0,51	-0,21	-0,74	-1,06	-1,38
40	5,09	4,12	3,27	2,67	1,34	0,49	-0,22	-0,73	-1,04	-1,32
50	5,23	4,28	3,33	2,71	1,33	0,47	-0,24	-0,73	-1,02	-1,26
60	5,37	4,33	3,39	2,73	1,33	0,46	-0,25	-0,73	-0,99	-1,20
70	5,50	4,45	3,44	2,78	1,32	0,44	-0,27	-0,72	-0,97	-1,14
80	5,64	4,53	3,50	2,82	1,32	0,42	-0,28	-0,72	-0,94	-1,09
90	5,77	4,62	3,55	2,85	1,31	0,40	-0,29	-0,72	-0,92	-1,04
2,00	5,91	4,70	3,60	2,89	1,30	0,39	-0,31	-0,71	-0,90	-0,99
10	6,06	4,80	3,65	2,93	1,29	0,38	-0,32	-0,70	-0,88	-0,94
20	6,20	4,91	3,70	2,96	1,28	0,37	-0,33	-0,69	-0,85	-0,90

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

30	6,34	4,98	3,75	2,99	1,27	0,35	-0,34	-0,68	-0,82	-0,87
40	6,47	5,08	3,79	3,02	1,25	0,33	-0,35	-0,66	-0,79	-0,83
50	6,60	5,19	3,83	3,04	1,24	0,32	-0,36	-0,65	-0,79	-0,80
60	6,73	5,31	3,87	3,06	1,23	0,31	-0,37	-0,64	-0,78	-0,77
3,00	7,22	5,55	4,02	3,16	1,18	0,25	-0,40	-0,60	-0,65	-0,67
4,00	8,17	6,08	4,34	3,30	0,96	0,01	-0,41	-0,49	-0,50	-0,50
5,00	9,12	6,52	4,54	3,37	0,78	-0,10	-0,38	-0,40	-0,40	-0,40

Вычисление параметров ряда расходов ведут в табличной форме, либо вычисляют на компьютере. Точность вычисления параметров кривой вероятностей зависит от длительности непрерывного ряда наблюдений. Обычно ряд считают репрезентативным при длительности непрерывных наблюдений на водомерном посту $n \geq 15$.

Определение величин максимальных расходов расчетной вероятности превышения более высокими может быть выполнено не только изложенным выше аналитическим способом, но графоаналитическим, т.е. с графической экстраполяцией кривой вероятностей в область малых вероятностей превышения. Однако фактическое очертание кривой вероятностей максимальных расходов является столь сложным (наличие двух точек перегиба, см. рис. 16.1, в), что надежная непосредственная графическая экстраполяция кривой вероятности практически невозможна. Еще сложнее экстраполировать в область малых вероятностей превышения кривые вероятностей уровней, имеющие уже три точки перегиба (см. рис. 16.1, г). Поэтому, подобно тому, как используют логарифмические клетчатки для выравнивания степенных зависимостей, для выравнивания кривых вероятностей максимальных расходов и уровней воды используют специальные клетчатки вероятностей (рис. 16.2).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

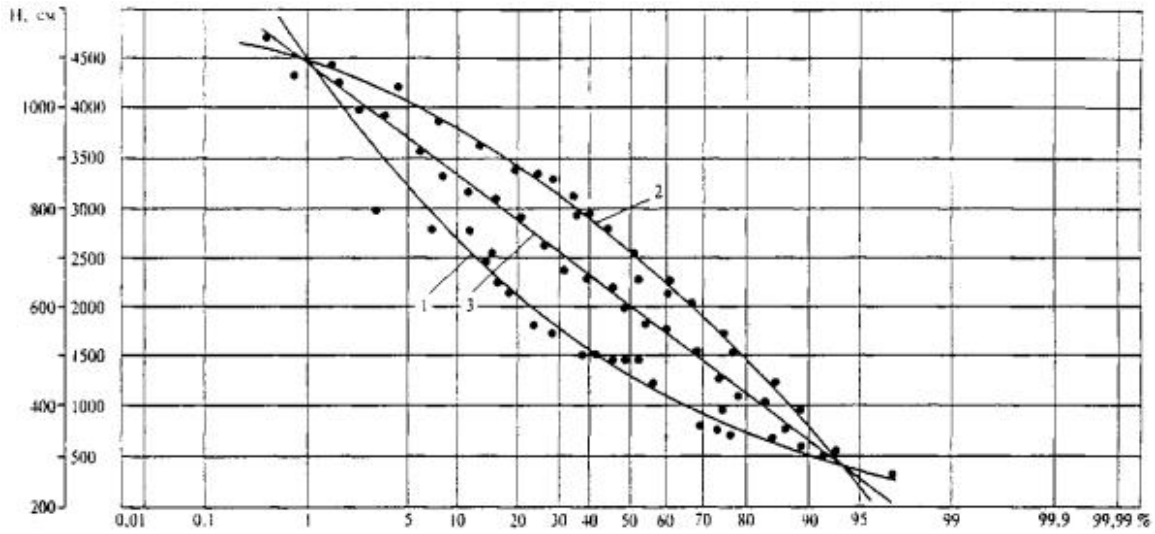


Рис. 16.2. Кривые на клетчатке вероятностей:
1 - расходов ($C_s > 0$) ; 2 - уровней ($C_s < 0$); 3 - расходов и уровней при C_s » 0;

Однако, в отличие от логарифмической клетчатки, ось ординат клетчатки вероятностей принимают равномерной, а неравномерную функциональную шкалу абсцисс строят по уравнению нормального распределения Пирсон III при коэффициенте асимметрии $C_s = 0$.

Получаемые на клетчатке вероятностей плавные кривые, имеющие выпуклость вверх для максимальных уровней воды ($C_s < 0$) или выпуклость вниз для максимальных расходов ($C_s > 0$), а также практические прямые вероятностей расходов и уровней при C_s » 0 позволяют выполнить довольно точную экстраполяцию в область малых вероятностей превышения. При графической экстраполяции не задаются типом уравнения кривой вероятности, поэтому ошибки, связанные с обязательным использованием уравнения кривой распределения определенного типа, на результаты расчета не влияют. Чем круче наклон кривых вероятностей, тем большим коэффициентом вариации C_v (изменчивостью) характеризуется ряд, тем опаснее река для жизни мостового перехода.

После определения расхода воды расчетной вероятности превышения $Q_{p\%}$ изложенным выше аналитическим или графо-аналитическим методом переходят к определению расчетного уровня высокой воды той же вероятности превышения $РУВВ_{p\%}$. Такой расчет может быть легко выполнен при наличии в створе перехода гидрометрической кривой расходов $H = f(Q)$, построенной по данным непосредственных гидрометрических измерений.

На существующей сети водомерных постов России в большинстве случаев водомерные наблюдения систематически проводятся только за уровнями воды в реках. Поэтому, определение расчетных уровней воды, совершенно необходимых

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

для разработки проектов мостовых переходов, как правило, выполняют самостоятельно.

Непосредственное использование теоретического метода с применением уравнения вероятности Пирсон III, изложенного выше для максимальных расходов, для вероятностной обработки уровней воды недопустимо. В этих случаях необходимо учитывать совпадение вероятностей превышения величин максимальных расходов и уровней и производить самостоятельную обработку рядов максимальных уровней специальным, изложенным ниже, статистическим методом.

Графо-аналитический расчет максимальных уровней воды расчетной вероятности превышения осуществляют в следующей последовательности (рис. 16.3):

1. Ряд максимальных наблюденных уровней воды в реке ранжируют в убывающем порядке.

2. Каждому члену ранжированного ряда присваивают соответствующие эмпирические вероятности превышения, определяемые по формуле (16.1).

3. По полученным парам значений H_i и $P_{э\%i}$ наносят точки на клетчатку вероятностей.

4. Осуществляют графическую аппроксимацию полученного поля точек плавной кривой, которую экстраполируют в область малых вероятностей превышения.

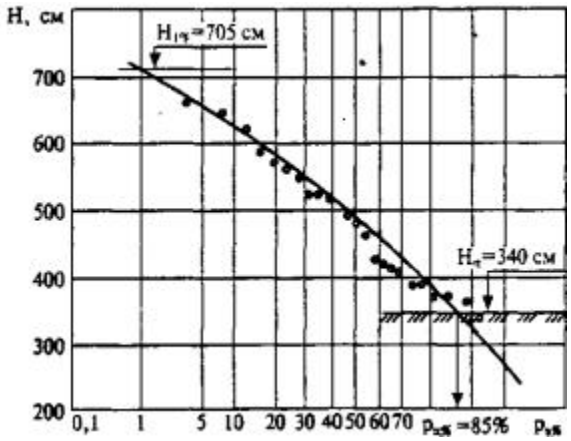


Рис. 16.3. Пример определения расчетных гидрологических величин по клетчатке вероятностей:
$H_п$ - отметка поймы; $P_{п\%}$ - вероятность затопления поймы; $P_{э\%}$ - эмпирическая вероятность превышения

5. По полученной таким образом кривой вероятностей, прежде всего, определяют расчетный уровень высокой воды (обычно в отсчетах рейки водомерного поста, см) $H_{p\%}$, расчетный строительный уровень $H_{10\%}$ и вероятность (частоту) затопления пойм $P_{n\%}$ в паводки в месте перехода.

Непосредственное определение расчетных уровней воды неприменимо для мостовых переходов в зонах эрозии или аккумуляции, где соответственно протекают процессы необратимого врезания русла в коренные породы с соответствующим снижением уровней воды (реки-каньоны) или отложение наносов с соответствующим повышением уровней воды (блуждающие реки).

Следует особо отметить, что при проектировании мостовых переходов расчетный уровень воды $РУВВ_{p\%}$ является характеристикой существенно более важной, чем расчетный расход $Q_{p\%}$. Так, установив расчетный уровень воды по клетчатке вероятностей, можно вычислить процентное распределение расчетного расхода между характерными элементами живого сечения долины реки (руслом и поймами), являющееся основной характеристикой при обосновании всех генеральных размеров сооружений мостового перехода. Такой расчет называют морфометрическим.

16.3. Морфометрические расчеты

При проектировании мостовых переходов в створах с неизученным гидрологическим режимом прогноз последнего нередко приходится делать на основе приближенного морфометрического расчета, при котором оценивают сопротивляемость речному потоку поверхности русла и пойм по их внешним морфологическим и геометрическим характеристикам с последующим определением средних скоростей течения и расходов воды по уравнению равномерного течения жидкости (Шези).

Морфометрические расчеты используют для следующих целей:

1. Построения кривых расходов общего $Q = f(H)$ и руслового бытового $Q_{рб} = f(H)$ (рис. 16.4).

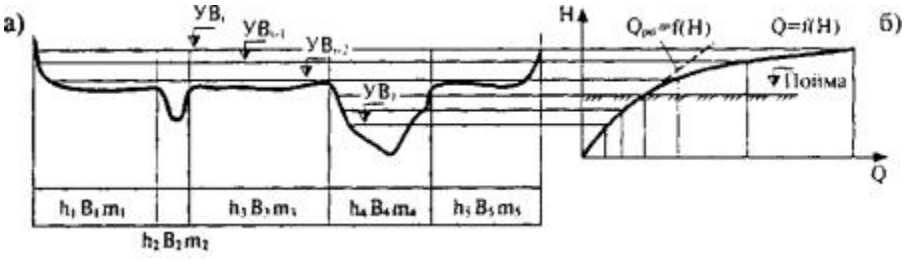


Рис. 16.4. Схема к построению морфометрических кривых расходов общего $Q = f(H)$ и руслового бытового $Q_{рб} = f(H)$:

а - морфоствор; б - кривые расходов; В - ширина элемента; *m* - коэффициент ровности русла; *h* - средняя глубина на участке

2. Оценки распределения расчетного общего расхода между элементами живого сечения долины в месте перехода (руслом и поймами). Величина распределения расчетного расхода между руслом и поймами - одна из основных характеристик, в конечном итоге определяющих как генеральные размеры сооружений мостовых переходов, так и последующие условия их эксплуатации.

3. Определения величин расчетных уровней в неизученных створах при известных величинах расчетных расходов.

4. Оценки величин прошедших расходов по следам паводков на местности.

5. Оценки бытовых скоростей течения в руслах и на поймах.

6. Построения эпюр элементарных и интегральных расходов, используемых при специальных расчетах, в частности при расчетах групповых отверстий.

Уравнение равномерного течения жидкости, используемое в морфометрических расчетах, имеет вид:

$V = C\sqrt{RI}$,где

V - средняя скорость течения потока;

R - гидравлический радиус, принимаемый равным для относительно широких речных потоков с достаточной степенью точности равным средней глубине потока h;

I - уклон свободной поверхности потока;

$C = m\,h^{1/6}$ - коэффициент Шези-Маннинга;

$m = 1/n$ - коэффициент ровности (величина обратная коэффициенту шероховатости n), принимаемый в зависимости от морфологических характеристик участка по табл. 16.3.

Тогда основное уравнение морфометрического расчета будет

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$V_i = m_i h_i^{2/3} I_б^{1/2}$,где
(16.2)

i - номер характерного участка морфоствора;

$I_б$ - бытовой уклон свободной поверхности потока.

Таблица 16.3.

Коэффициенты ровности

Морфологические признаки потока	Коэффициент ровности, *m*		
	наибольший	наименьший	средний
Русло земляное ровное; русло полугорных рек; не заросшие поймы	40	20	30
Русло земляное извилистое; русло галечно-валунное; суходол ровный; поймы. заросшие на 10 %	30	20	25
Русло земляное очень извилистое; суходол извилистый; поймы, заросшие на 20 %	25	15	20
Суходол, засоренный камнем и заросший; поймы, заросшие на 50 %	20	10	15
Поймы, заросшие на 70 %	15	5	10

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Поймы, заросшие на 100 %	10	0	5

Примечание: Вместо коэффициента ровности т можно использовать коэффициенты шероховатости *n*, при этом m = 1/*n*

Обычная последовательность морфометрического расчета следующая:

1. На имеющемся профиле морфоствора выделяют характерные участки долины реки, различающиеся по ровности (шероховатости) и глубинам, и по морфологическим признакам (табл. 16.3) назначают соответствующие коэффициенты ровности (шероховатости) участков (см. рис. 7.1).

2. В соответствии со схемой, представленной на рис. 16.4, задаются *j*-м уровнем воды и для каждого *i*-го характерного участка определяют площадь живого сечения w_{ji} и среднюю глубину h_{ji}

3. Вычисляют среднюю скорость течения V_{ji} на каждом *i*-м участке по формуле (16.2) и расходы воды $Q_{ji} = w_{ji}V_{ji}$.

4. Суммируют расходы на характерных участках долины реки и в конечном итоге определяют величины общего Q_i и руслового бытового расхода $Q_{рбi}$ при *j*-м уровне воды.

5. Расчеты выполняют в табличной форме (см. рис. 7.1) либо, чаще всего, на компьютере.

Для створов, по которым известны величины расчетного уровня и расхода, морфометрический расчет дает возможность определить главную характеристику долины реки - распределение общего расхода между руслом и поймами:

$$\tau = \frac{Q_{рб}}{Q} = \frac{m_р B_{рб} h_{рб}^{5/3}}{m_р B_{рб} h_{рб}^{5/3} + \sum_{i=1}^{n} m_{пi} B_{пi} h_{пбi}^{5/3}},$$ где

$m_р$, $m_{пi}$ - соответственно, коэффициенты ровности русла и характерных участков пойм;

$B_{рб}$, $B_{пi}$ - бытовая ширина русла и ширина *i*-го участка поймы;

$h_{рб}$, $h_{пбi}$ - средняя глубина в русле и на *i*-м участке поймы.

Величины руслового и пойменного расходов определяются:

$Q_{рб} = Qt$; $Q_{пб} = Q(1 - t)$.

Табличные значения коэффициентов ровности (шероховатости) по возможности следует корректировать по результатам натурных измерений скоростей течения при разных уровнях воды с одновременным установлением уклонов свободной поверхности потока.

Так как морфометрические расчеты (при использовании табличных значений коэффициентов ровности) могут давать существенные погрешности при определении размеров сооружений мостовых переходов, то к результатам расчета мостовых переходов необходимо вводить обоснованные гарантийные запасы их устойчивости (на морфометрическую основу расчета).

16.4. Прогноз природных деформаций русел рек

Определение ожидаемых опасных бытовых деформаций (глубинных и в плане) русел рек у мостовых переходов называют прогнозом природных русловых деформаций.

Природные деформации русел, соответствующие типу реки по русловому процессу (рис. 16.5), имеют место независимо от наличия на реке тех или иных инженерных сооружений (в том числе, и мостовых переходов). Однако строительство инженерных сооружений на реках, приводящее обычно к нарушению бытовых условий жизни рек, может привести к изменению особенностей руслового процесса на участках, подверженных влиянию инженерных сооружений и часто приводит к изменению темпа русловых переформирований.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

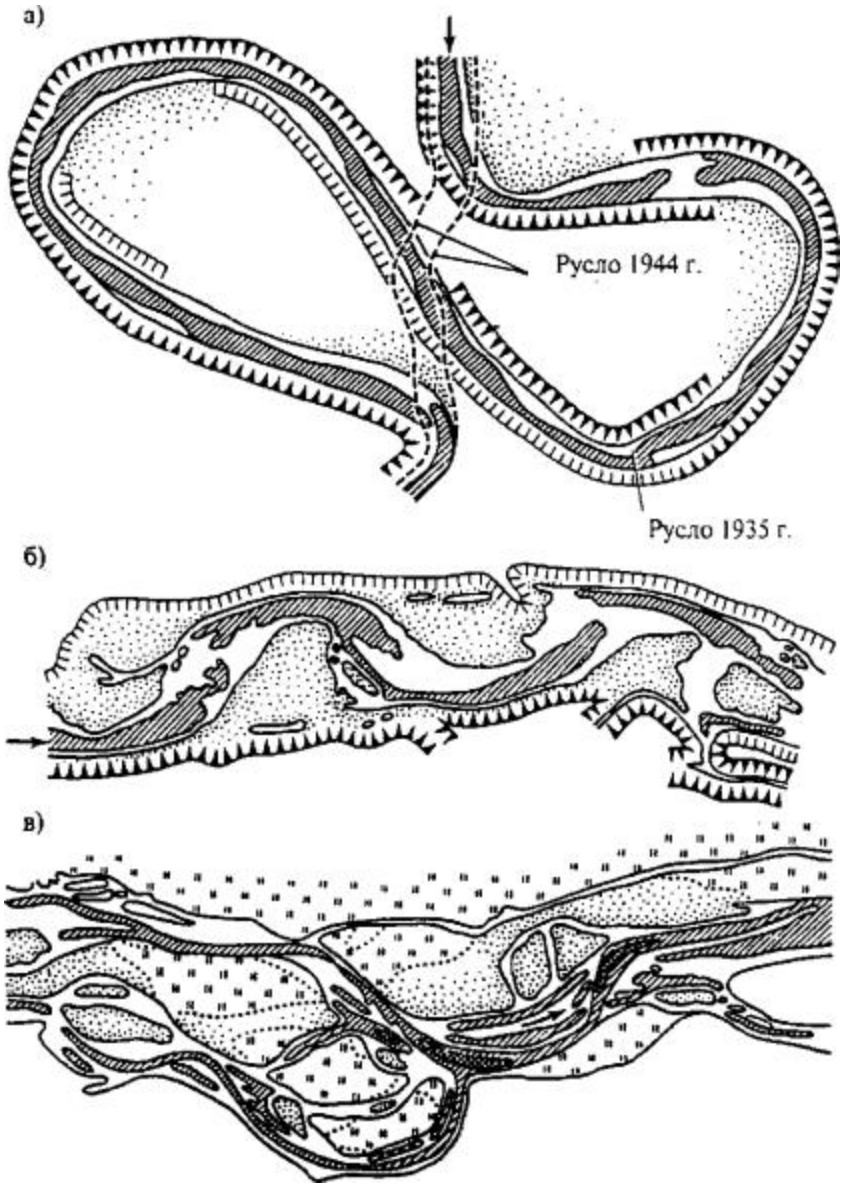


Рис. 16.5. Планы участков русел рек:
а - меандрирующей р. Куры; б - немеандрирующей р. Днепр; в - блуждающей р. Амударьи

При проектировании мостовых переходов нельзя ориентироваться на ситуацию, сложившуюся на реке в месте перехода на момент производства изысканий (что, к сожалению, нередко делается), а необходимо прогнозировать те неизбежные русловые переформирования, которые уже в ходе эксплуатации инженерных сооружений после их строительства, могут приводить к аварийным ситуациям, в том числе с возможными перерывами движения и соответствующими значительными экономическими потерями.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Ориентируясь на строгую инженерную классификацию рек по типам руслового процесса, разработанную в Гидропроекте К.И. Российским и И.А. Кузьминым и развитую применительно к мостовым переходам профессором О.В. Андреевым, можно сформулировать следующие основные правила проектирования мостовых переходов на реках различных типов.

Горные реки (каньоны) - это верховья рек в зоне эрозии. Отличаются узкими долинами и руслами, а также практическим отсутствием пойм. Русловой процесс характеризуется систематической врезкой дна русла в коренные породы, сопровождающийся уменьшением объемов выноса продуктов размыва на нижележащие участки реки, уменьшением уклонов и ширины русла.

При фундировании опор мостов в руслах рек-каньонов учитывают неизбежное понижение геодезических высот (отметок) дна, ожидаемое за расчетный срок службы мостового перехода. Темп врезки каньонных русел, величины которых могут достигать нескольких метров в столетие, прогнозируют на основе сопоставления съемок русел за разные годы или сопоставления гидрометрических кривых расходов на водомерных постах с достаточно длительными периодами наблюдений.

Равнинные немеандрирующие реки - это участки русел рек в зоне транзита. Характеризуются значительным поступлением наносов с вышележащих участков, практически неподвижным в плане и неизвилистым руслом, повторяющим повороты долины и относительно слабо развитыми поймами. Перенос руслоформирующих наносов на немеандрирующих реках происходит упорядоченно в виде медленно сползающих по течению крупных структурных скоплений наносов - побочней, попеременно примыкающих то к одному, то к другому берегу (см. рис. 16.5, б).

Природные русловые деформации немеандрирующих рек выражаются в перемещении вертикали с наибольшей глубиной в пределах русла с практически неподвижными берегами. При этом наибольшая бытовая глубина может разместиться у любой из русловых опор моста и еще больше возрасти при смещении под мост вершины побочня. Природные деформации русел таких рек прогнозируют на основе анализа русловых съемок, охватывающих участок русла с несколькими побочнями. Темп сползания побочней оценивают по результатам сопоставления топографических съемок русел или лоцманских карт за разные годы.

Проектируя мостовые переходы через немеандрирующие реки, при определении глубин фундирования опор мостов и разбивке их отверстий на пролеты учитывают возможное перемещение наибольшей глубины под любую из русловых опор, а также дополнительное увеличение наибольшей глубины русла Dh за счет смещения под мост вершины одного из вышележащих побочней (рис. 16.6, а).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

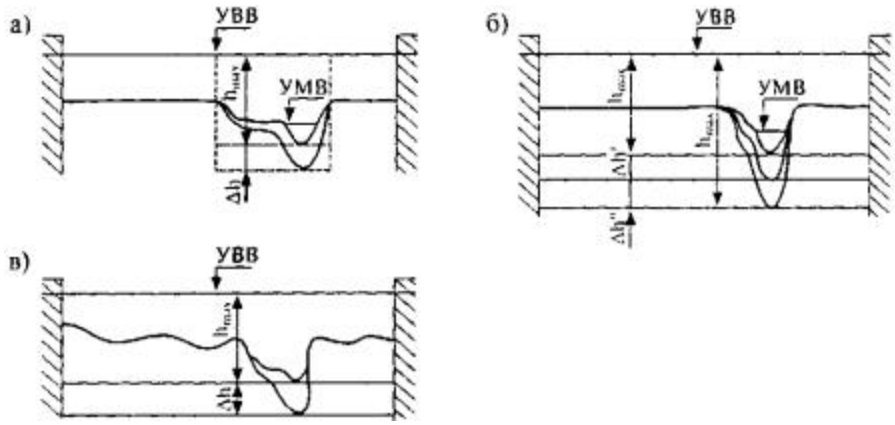


Рис. 16.6. Поперечные разрезы рек:
а - немеандрирующих; б - меандрирующих; в - блуждающих

Ширина русел немеандрирующих рек (в среднем постоянная в пределах зоны влияния мостового перехода) может несколько меняться в ту или иную сторону в разных расчетных створах. Эту относительную изменчивость ширины учитывают при детальных компьютерных расчетах (математическом моделировании) мостовых переходов. Поскольку русла немеандрирующих рек в основном повторяют повороты долины, то их извилистость при расчетах не учитывают.

Равнинные меандрирующие реки - это также участки русел рек в зоне транзита, но со значительно меньшим поступлением наносов с вышележащих участков. Характеризуются извилистыми руслами в плане (рис. 16.5, а), значительно развитыми поймами и наличием на них большого числа подковообразных староречий. Природные русловые деформации заключаются в боковых перемещениях русла, максимальная глубина которых может разместиться у любой из опор, а также в продольном смещении вертикали с наибольшей глубиной той излучины, на которой расположен мост. Продольные смещения излучин могут привести к увеличению кривизны той из них, на которой расположен мост и, в связи с этим, вызвать дополнительное возрастание наибольшей глубины. Природные русловые деформации меандрирующих рек наиболее точно прогнозируют на основе сопоставления топографических съемок или лоцманских карт разных лет, а также на основе обследования наиболее крутых излучин на участках русел рек, прилегающих к мостовым переходам.

При проектировании мостовых переходов через меандрирующие реки заглубление фундаментов опор предусматривают с учетом возможного смещения максимальной глубины русла под любую из опор, если у опоры нет ограничения размыва по геологическим условиям. При этом учитывают дополнительное углубление подмостовых русел за счет продольного перемещения наиболее глубокой части излучины под мост Dh' и углубление за счет увеличения ее кривизны Dh" (рис. 16.6, б).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Русла меандрирующих рек характеризуются не только некоторыми изменениями их ширины относительно среднего ее значения в расчетных створах, но и извилистостью русла, не повторяющего изгибы долины. Поэтому при детальных компьютерных расчетах мостовых переходов через меандрирующие реки (математическом моделировании) обычно учитывают не только переменную ширину русла, но и его извилистость.

Предгорные блуждающие реки - это участки русел рек в зоне аккумуляции. Характеризуются неразвитыми поймами, либо полным их отсутствием и широкими, но относительно мелкими руслами. Руслоформирующие наносы, в избытке поступающие с вышележащих участков, располагаются в виде беспорядочных скоплений наносов (островов, осередков, отмелей и т.д.) разбивающих меженное русло на множество рукавов (рис. 16.5, в). Систематическое отложение наносов в руслах блуждающих рек приводит к необратимому повышению их дна, нередко выше окружающей местности. Природные русловые Деформации на мостовых переходах через блуждающие реки заключаются в возможном смешении максимальной глубины к любой из опор моста, в дополнительном увеличении максимальной глубины при смещении под мост наиболее крупных скоплений наносов и в систематическом повышении уровней воды, обусловливаемом повышением геодезических высот (отметок) дна русла при аккумуляции наносов. Природные русловые деформации блуждающих рек прогнозируют на основе анализа материалов русловых съемок разных лет и сопоставления гидрометрических кривых расходов на водомерных постах с достаточно длительными периодами наблюдений.

При проектировании мостовых переходов через блуждающие реки для безопасного фундирования опор мостов обязательно учитывают дополнительное увеличение максимальной бытовой глубины Dh, связанное с перемещением под мост особенно крупных структурных скоплений наносов. Появление наибольших глубин следует ожидать у любой из опор мостов (рис. 16.6, в). Геодезические высоты проезда на мосту и подходах назначают с учетом необратимого поднятия уровней воды за расчетный срок службы моста.

Русла блуждающих рек излишне широки для переноса всего количества наносов, поступающих с вышележащих участков, поэтому отверстия мостов назначают такими, при которых река меняет тип руслового процесса на побочневый. При детальных компьютерных расчетах мостовых переходов через блуждающие реки (математическом моделировании) бытовую ширину русла принимают не по фактическим размерам его в створе перехода, а равной ширине, соответствующей изменению типа руслового процесса.

Методика учета природных деформаций русел рек с различным типом руслового процесса применительно к мостовым переходам разработана профессором О.В. Андреевым.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

16.5. Расчет срезок пойменных берегов подмостовых русел и отверстий мостов

Методика детального расчета уширений русел на мостовых переходах, основанная на решении дифференциального уравнения баланса наносов (32.5), изложена в гл. 32. Методика является многодельной и реализация ее без компьютерной обработки исходных данных весьма затруднительна. Однако на практике очень часто возникает необходимость в быстрой оценке возможного уширения подмостового русла, а также в определении размеров отверстия и длины моста (особенно часто это приходится делать на ранних стадиях проектирования), не прибегая к детальному расчету, требующему к тому же большого объема исходной информации.

До сравнительно недавнего времени методы быстрой оценки целесообразности устройства срезок на мостовых переходах были построены по единственному критерию - частоте затопления пойм в месте перехода в паводки. При этом не учитывалась степень стеснения потока подходами - первопричина глубинных и боковых деформаций подмостовых русел.

В результате математического моделирования с использованием методики детального расчета и программы «Рур» (см. гл. 32), а также анализа и обобщения многочисленных натурных данных, установлено, что на размеры устойчивого во времени уширения подмостовых русел существенно влияют главным образом не один, а три фактора: степень стеснения потока подходами к мосту b, вероятность (либо частота) затопления пойм в месте перехода $P_{n\%}$ и форма проходящих на водотоке паводков, характеризуемая их полнотой (полнота паводка - это отношение средней высоты паводка над поймой $h_{ср}$ к его максимальной высоте $h_{\max}$) -

$$П = \frac{h_{ср}}{h_{max}}$$ (рис. 16.7).

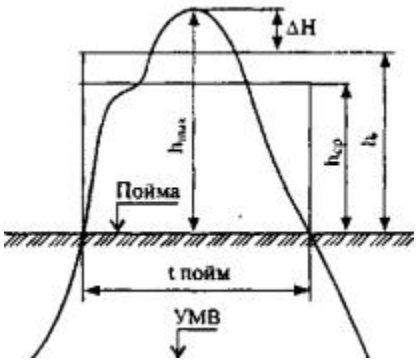


Рис. 16.7. Схема к определению полноты расчетного паводка

Значения возможного уширения при этом оказываются тем большими, чем больше стеснен поток подходами, чем чаще затапливаются поймы в паводки и чем больше их полнота.

Наибольшая ширина подмостового русла $B_{рм}$ (с учетом срезки), которую еще может принять река без заиления в течение многих десятилетий, можно определить по теоретико-эмпирической формуле, полученной на основе обобщения материалов математического моделирования многочисленных существующих и проектируемых мостовых переходов и анализа данных натурных обследований существующих мостовых переходов (Г.А. Федотов. Методология комплексного расчета мостовых переходов: Автореф. дис. - д-ра техн. наук/ МАДИ, 1979):

$$B_{рм} = B_{рб}\left(\beta_{1\%}^{0,93} - 1\right)\left|K_n K_{р\%} + 1\right|, \text{ где}$$

(16.3)

$B_{рб}$ - бытовая ширина подмостового русла;

$\beta_{1\%} = \frac{Q_{1\%}}{Q_{рб1\%}}$ - степень стеснения потока при отверстии, близком к $B_{рм}$, на пике паводка с ВП = 1 %;

K_n - коэффициент, учитывающий влияние полноты расчетного паводка;

$K_{р\%}$ - коэффициент частоты затопления пойм, %.

Коэффициент, учитывающий влияние полноты расчетного паводка:

$$K_n = \left(\frac{7,7}{\beta_{1\%}} - 1\right)\left(\frac{\Pi}{2}\right)^{(3,8-0,85\beta_{1\%})}, \text{ при } \beta_{1\%} < 4,5 \text{ и } P_{n\%} < 95\%;$$

$K_n = 0,7$, при $b_{1\%}$³ 4,5 и $P_{n\%} < 95$ %;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$K_n = 0{,}79П^{1/2}$, при $P_{n\%}$³ 95 %, где

$П$ - полнота паводка;

$P_{n\%}$ - вероятность (частота) затопления пойм в паводки в месте перехода, %.

Коэффициент частоты затопления пойм

$$K_{p\%} = \left(\frac{P_{n\%}}{100}\right)^{\left(0{,}5+\frac{2{,}5}{\beta_{ik}}\right)}, \text{ при } P_{n\%} < 95\%;$$

$K_{p\%} = 1$, при $P_{n\%}$³ 95 %

Коэффициенты K_n и $K_{p\%}$ могут быть определены с использованием графиков Г.С. Пичугова (рис. 16.8).

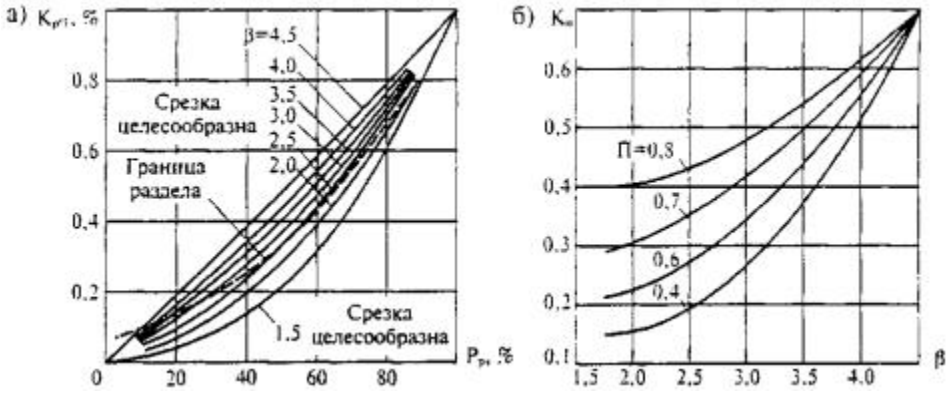


Рис. 16.8. Графики для определения коэффициентов, учитывающих:
а - вероятность (частоту) затопления пойм $K_{p\%}$; б - полноту паводков K_n

Рекомендуются следующие правила проектирования срезок и соответствующих им отверстий мостов.

1. Срезку под мостом, являющуюся по своей природе искусственным уширением русла (увеличением ширины фронта переноса руслоформирующих наносов), нужно устраивать за счет удаления связных грунтов наилка поймы до обнажения несвязных аллювиальных отложений (рис. 16.9, а), но не за счет русловых элементов - побочней, осередков и т.д.

2. Наибольшие размеры срезок, которые еще может принять река при данном стеснении без заиливания в течение многих десятилетий, необходимо

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

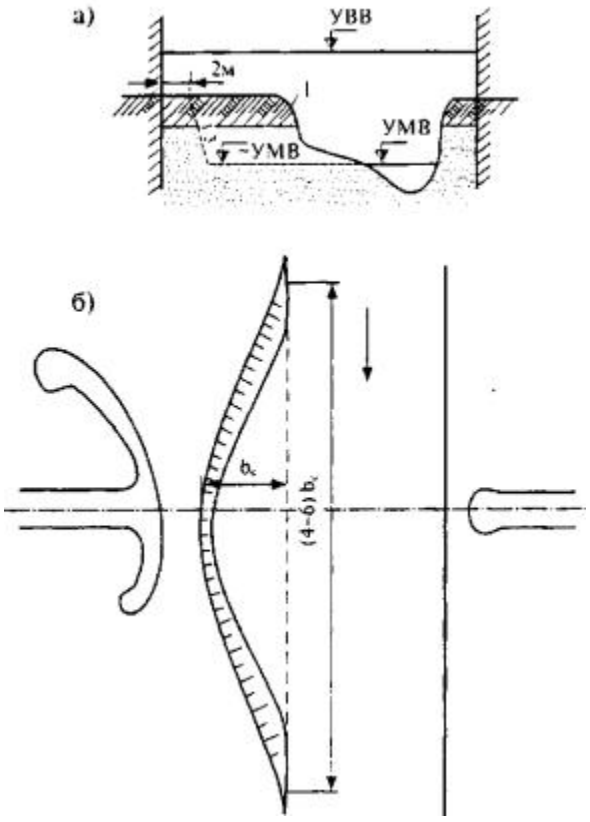
обосновывать расчетами. Наиболее полную информацию для проектирования дает детальный компьютерный расчет по программе «Рур» (см. гл. 32). Можно использовать и изложенный выше упрощенный расчет наибольших размеров срезок подмостовых русел.

Вопрос целесообразности устройства срезки может обсуждаться лишь при выполнении следующего условия:

$$0{,}4\,\beta_{1\%}\left(\frac{P_{a\%}}{100}+0{,}5\right)\geq 1.$$

(16.4)

Неравенство (16.4) можно также представить и в табличной форме (табл. 16.4). При степени стеснения потока $b_{1\%} < 1{,}7$ вопрос о возможности устройства срезки снимается при всех обстоятельствах.



Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Рис. 16.9. Очертание срезки:
а - в поперечном сечении; б - в плане:
1 - наилок поймы

Таблица 16.4.

Условие целесообразности устройства срезки

$b_{1\%}$	1.7	2,0	2,5	3,0	3,5	4.0	4,5
[3] $P_{п\%}$, % не менее	95	75	50	33	21	13	6

Генеральные размеры срезок определяют исходя из необходимости уменьшения общего размыва у мостовых опор, а также потребными объемами грунта для устройства насыпей подходов, струенаправляющих дамб, траверсов и т.д.

Можно устраивать как односторонние, так и двусторонние срезки с распределением уширения между соответствующими поймами пропорционально сливу воды с каждой из них.

Срезка разрабатывается до уровня средней межени. Форма уширенного русла в плане принимается эллиптического очертания с плавным сопряжением с не уширенными частями его в верхнем и нижнем бьефах. Общая длина срезки назначается на менее 4-6-кратной ее ширины b_c (рис. 16.9, б).

Отверстие моста назначают, как правило, не менее величины, определяемой формулой:

$L_м = dB_{рм} + Sb_{оп} + Sl_{укр} + 2mh_н$, где

(16.5)

$B_{рм}$ - ширина русла под мостом, определенная расчетом, м;

d - гарантийный запас на возможную погрешность: d = 1,1 при морфометрической основе расчета; d = 1,0 при гидрометрической основе расчета;

$Sb_{оп}$ - суммарная ширина опор (для расчета отверстия моста в свету $Sb_{оп} = 0$), м;

$Sl_{укр}$ - ширина укрепления подошв конусов (для ориентировочных расчетов можно принимать $Sl_{укр}$ = 10-20 м);

m - коэффициент заложения откосов конусов (обычно m = 2);

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$h_н$ - глубина на пойме у конусов при $РУВВ_р$%.

16.6. Расчет общего размыва

Расчет общего размыва подмостовых русел является одной из важнейших частей проектов мостовых переходов, поскольку во многом определяет глубину фундирования опор мостов и их конструкцию.

Расчет общего размыва на мостовых переходах наиболее точно выполняют по длительной серии паводков, пропускаемых в натурной (наблюденной) последовательности, с использованием компьютерной комплексной методики гидравлических и русловых расчетов и программы «Рома», основанной на детальном решении дифференциального уравнения баланса наносов в конечных разностях (см. главу 32).

На практике нередко требуется выполнять быструю оценку возможного общего размыва у опор мостов (особенно на ранних стадиях проектирования), не прибегая к многодельному, хотя и более точному компьютерному расчету. Нередки случаи, когда проектные организации не имеют соответствующих специалистов, которые могли бы профессионально такие расчеты выполнить. При производстве же изысканий использование упрошенных расчетов является единственно возможным.

На основе анализа и обобщения результатов математического моделирования с использованием комплексной методики гидравлических и русловых расчетов мостовых переходов и программы «Гидрам-3» (программа «Рома» появилась позже) были исследованы свойства характерных пределов общего размыва и разработан метод упрощенного расчета общего размыва подмостовых русел (Г.А. Федотов. Методология комплексного расчета мостовых переходов: Автореф. дис. д-ра техн. наук / МАДИ, 1979). Установлено наличие на мостовых переходах трех характерных пределов общего размыва: нижнего, гипотетического и верхнего. При этом расчетный для опор моста общий размыв всегда занимает вполне определенное положение относительно этих пределов.

Нижним пределом общего размыва называют наибольший общий размыв, который может возникнуть при длительном воздействии на подмостовое русло расчетного паводка постоянной высоты.

Глубина нижнего предела размыва оказывается тем больше, чем больше степень стеснения потока подходами к мосту b и чем меньше степень уширения подмостового русла

$$\gamma = \frac{B_{ж}}{B_{б}}.$$

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Основное свойство нижнего предела размыва заключается в том, что расчетный для опор моста размыв ни при каких обстоятельствах не может быть больше нижнего предела размыва (если, конечно, паводок не превысит расчетный). В отдельных случаях нижний предел общего размыва может быть достигнут в ходе реального (имеющего подъем, спад и ограниченную длительность) паводка в момент восстановления продольного баланса наносов при уровнях близких к его пику.

Нижний предел размыва может быть определен двумя способами:

непосредственным компьютерным расчетом с использование программы «Рома» (см. главу 32) по длительному паводку постоянной высоты, равной пику расчетного паводка;

по теоретической формуле предельного баланса проф. О.В. Андреева, представляемой для практических расчетов в следующем виде:

$$h_{рн} = h_{рб}\beta^{8/9}\left[\frac{B_{рб}}{B_{рм}(1-\lambda)}\right]^{2/3},$$

где
(16.6)

$h_{рб}$, $h_{рн}$ - глубина в русле под мостом до и после предельного размыва, м;

$B_{рб}$, $B_{рм}$ - бытовая ширина русла и ширина русла под мостом с учетом срезки, определяемая по формуле (16.3), м;

$\lambda = \frac{b_{он}}{l_{пр}}$ - относительная ширина русловой опоры

(где $b_{он}$ - средняя ширина русловой опоры по фасаду моста; $l_{пр}$ - длина пролета);

b - степень стеснения потока подходами:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$\beta = \frac{Q}{Q_{рб} + q_{пб}\left(L_м - B_{рм}\right)},$$ где

(16.7)

Q, $Q_{рб}$ - соответственно общий и русловой бытовой расходы при расчетном уровне воды, м^3/с;

$q_{пб}$ - бытовой погонный расход на пойме, м^3/с/м:

$$q_{пб} = \frac{Q - Q_{рб}}{B_0 - B_{рб}};$$

$L_м$ - отверстие моста, м;

B_0 - ширина разлива реки в паводки, м.

Время, потребное для достижения нижнего предела размыва $t_н$, является важной характеристикой мостового перехода и зависит от многих факторов: бытовой глубины потока, длины зоны сжатия потока перед мостом, длины верховых струенаправляющих дамб, бытовой скорости течения в русле, крупности размываемого аллювия. Время стабилизации нижнего предела размыва (сут) определяется по теоретико-эмпирической формуле, полученной на основе анализа и обобщения материалов математических экспериментов:

$$t_н = \frac{l_{сж} h_{рб}\left(K_ф + 2\chi\right)}{172800 g_в},$$ где

(16.8)

$h_{рб}$ - средняя бытовая глубина потока в русле, считая от РУВВ, м;

$K_ф$ - коэффициент формы ямы размыва перед мостом:

$$K_ф = 0{,}4\left(\frac{l_{мн}}{l_{вн}} - 0{,}5\right)^2 + 0{,}8;$$

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$l_{мп}$, $l_{бп}$ - ширина малой и большой пойм, соответственно;

$\chi = \frac{l_{вд}}{l_{сж}}$ - относительная длина верховых струенаправляющих дамб (зоны, охватываемой верховыми струенаправляющими дамбами);

$l_{сж}$ - длина зоны сжатия потока перед мостом, определяемая одним из следующих способов: по формуле, полученной на основе данных М.В. Михайлова:

$$l_{сж} = \frac{B_0 - L_м}{1 + \frac{l_{мп}}{l_{бп}}};$$

(16.9)

по формуле Н.И. Чиркиной:

$$l_{сж} = \frac{5L_{бп}}{\beta^{3/2}};$$

(16.10)

$L_{бп}$ - длина большего подхода, м;

$g_б$ - погонный бытовой расход руслоформирующих наносов при *РУВВ*, м^3/с/м:

$$g_в = \left[\frac{A_д}{h_{рб}^{1/4}} + A_в\right] V_{рб}^3 \left(V_{рб} - V_{нер}\right),$$

$A_д$, $A_в$ - функции свойств аллювия принимают:

для расчета донных наносов

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$A_b = \frac{2(1+r)}{g^{3/2} d_{ср}^{1/4} \gamma};$$

для расчета взвешенных наносов

$$A_в = \frac{0{,}2(1+r)}{gW\gamma};$$

r - порозность наносов, т.е. отношение объема пор к объему беспустотной среды (обычно r » 0,65);

g - ускорение свободного падения (g = 9,81 м/с^2);

d - средняя крупность наносов, м;

g - плотность материала наносов (обычно g » 2650 кг/м^3);

W - гидравлическая крупность наносов (частиц), т.е. скорость выпадения частиц в стоячей воде;

$V_{рб}$ - средняя русловая бытовая скорость течения, м/с;

$V_{нер} = \frac{V_{нд}}{d^{1/6}} h_{рб}^{1/6}$ - неразмывающая средняя скорость течения, м/с.

Гидравлическую крупность наносов W определяют по шкале В.Б. Архангельского:

d, мм	0,01	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
W, м/с	0,0001	0,0018	0,0069	0,0156	0,0216	0,027	0,0324	0,0378	0,0432

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

d, мм	0,45	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,50	2,00
W, м/с	...0,0468	0,054	0,065	0,073	0,081	0,088	0,094	0,126	0,153
d, мм	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00			
W, м/с	0,177	0,19	0,209	0,223	0,237	0,249			

Значения

$\frac{V_{нд}}{d^{1/6}}$ определяют по табл. 16.5, составленной проф. О.В. Андреевым:

Функции свойств грунта A_∂ и $A_в$ могут быть также ориентировочно определены по графику (рис. 16.10).

Гипотетическим пределом общего размыва называют размыв, вызываемый воздействием на подмостовое русло многих реальных (имеющих подъем, спад и конкретную продолжительность), проходящих один за другим одинаковых расчетных паводков.

Глубина гипотетического предела общего размыва оказывается тем больше, чем больше степень стеснения потока подходами к мосту *b*, чем меньше степень уширения подмостового русла *g* и чем больше полнота расчетного паводка *П* (см. рис. 16.7). Обычно полнота расчетного паводка лежит в довольно узких пределах - *П* = 0,5-0,6.

Таблица 16.5.

Донные неразмывающие скорости

Грунт	*d*, мм	Донная неразмывающая скорость, м/с	$\frac{V_{нд}}{d_{ср}^{1/6}}$

Песок:			
мелкий	0,05-0,25	0,20	0,55-0,60
средний	0,25-1,0	0,20	0,60-0,65
крупный	1,0-2,5	0,20-0,25	0,65-0,70
Гравий:			
мелкий	2,5-5,0	0,25-0,35	0,70-0,85
средний	5,0-10	0,35-0,50	0,85-1,10
крупный	10-15	0,50-0,60	1,10-1,20
Галька:			
мелкая	15-25	0,60-0,80	1,20-1,50
средняя	25-40	0,80-1,00	1,50-1,70
крупная	40-75	1,00-1,35	1,70-2,10
Булыжник:			
мелкий	75-100	1,35-1,60	2,10-2,35
средний	100-150	1,60-1,95	2,35-2,60

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

крупный	150-200	1,95-2,25	2,60-2,95
Валуны:			
мелкие	200-300	2,25-2,75	2,95-3,35
средние	300-400	2,75-3,15	3,35-3,70
крупные	> 400	> 3,15	> 3,70

Примечание. $V_{нд}$ - донная неразмывающая скорость для грунта данной крупности, м/с; $d_{ср}$ - средняя крупность грунта, мм.

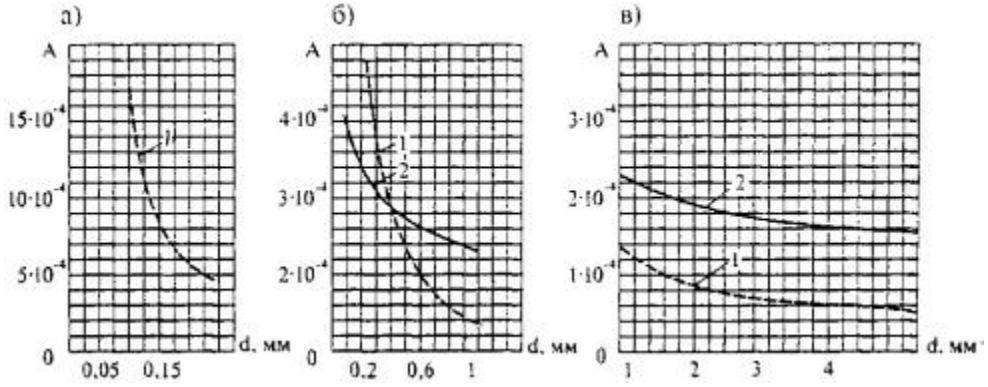


Рис. 16.10. Графики для определения коэффициентов $A_д$ и $A_в$ при наносах:
а - мелких; б - средних; в - крупных;
1 - взвешенные наносы ($A_в$); 2 - донные наносы ($A_д$)

Основное свойство гипотетического предела общего размыва заключается в том, что расчетный для опор моста размыв не может быть больше гипотетического предела (если конечно паводок не превышает расчетный). Гипотетический предел общего размыва достигается в момент восстановления продольного баланса наносов на спаде очередного расчетного паводка.

Гипотетический предел общего размыва может быть определен одним из двух способов:

непосредственным компьютерным расчетом по программе «Рома» (см. главу 32) по серии следующих один за другим одинаковых расчетных паводков;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

по теоретико-эмпирической формуле, полученной на основе анализа и обобщения данных математического моделирования:

$$h_{рг} = h_{рб}\left[\left(\beta^{8/9} - 1\right)\Pi^{1/2} + 1\right]\left[\frac{B_{рб}}{B_{рм}\left(1 - \lambda\right)}\right]^{2/3},$$

где

(16.11)

b - степень стеснения потока при $РУВВ_{р}$%, определяемая по формуле (16.9);

$П$ - полнота расчетного паводка. Для неизученных в гидрологическом отношении водотоков можно ориентировочно принимать $П$ = 0,55;

$B_{рб}$ и $B_{рм}$ - бытовая ширина русла и ширина его под мостом с учетом срезки;

l - относительная ширина русловой опоры.

Верхним пределом общего размыва называют общий размыв, вызываемый проходом единичного расчетного паводка первым по предварительно не размытому дну.

Глубина верхнего предела размыва зависит от всей совокупности факторов, действующих на мостовых переходах, и оказывается тем больше, чем больше стеснен поток подходами b, чем меньше коэффициент уширения подмостового русла g, чем меньше длина зоны сжатия потока перед мостом $l_{сж}$, чем меньше крупность размываемого грунта d и чем больше длительность $t_{пв}$ и полнота $П$ расчетного паводка.

Основное свойство верхнего предела размыва заключается в том, что расчетный для опор моста общий размыв может быть равен ему, но не может быть меньше. Верхний предел общего размыва достигается в момент восстановления продольного баланса наносов на спаде расчетного паводка, однако при уровне более низком, чем гипотетический предел.

Верхний предел общего размыва может быть определен двумя способами:

непосредственным компьютерным расчетом с использованием программы «Рома» (см. главу 32) по единственному расчетному паводку, пропускаемому первым по предварительно не размытому дну;

по теоретико-эмпирической формуле, полученной на основе анализа и обобщения материалов математического моделирования:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$h_{ре} = h_{рб}\left[\left(\beta^{8/9} - 1\right)\Pi^{1/2}K_t + 1\right]\left[\frac{B_{рб}}{B_{рм}(1-\lambda)}\right]^{2/3},$$ где

(16.12)

K_t - коэффициент, учитывающий влияние времени размыва, определяемый по теоретико-эмпирическим формулам, полученным по материалам математического моделирования:

$$K_t = \left(1 + \frac{0{,}53}{\beta}\right)\left(\frac{t_{не}}{t_н}\right)^{\frac{0{,}75}{\beta}}$$ при $K_t < 0{,}80$;

$$K_t = \left(\frac{t_{не}}{t_н}\right)^{\frac{0{,}35}{\beta}}$$ при $K_t \geq 0{,}80$; где

$t_н$ - время стабилизации нижнего предела общего размыва, сут, определяемое по формуле (16.8).

При потенциальной размывающей способности расчетного паводка, равной минимально необходимой для реализации гипотетического предела, последний достигается сразу же после прохода первого расчетного паводка, т.е. оказывается равным верхнему пределу (рис. 16.11). При этом, если потенциальная размывающая способность паводка оказывается больше необходимой для реализации гипотетического размыва, происходит закономерное нарушение независимости размера гипотетического предела от длины зоны сжатия потока перед мостом, длительности расчетного паводка над поймой и крупности размываемого грунта, т.е. гипотетический предел, равный верхнему, подобно ему уже оказывается зависящим от всей совокупности факторов, влияющих на общий размыв вообще. Гипотетический размыв в этом случае уже не может быть определяем по формуле (16.11), а устанавливается по формуле (16.12).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

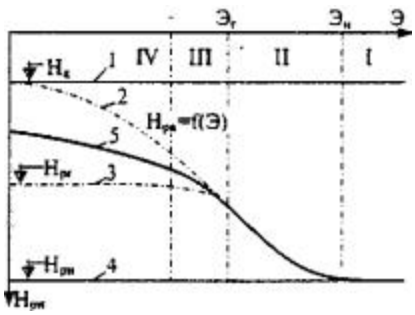


Рис. 16.11. Взаимное положение характерных пределов общего размыва при различной потенциальной размывающей способности расчетного паводка:
1 - дно до размыва; 2 - верхний предел; 3 - гипотетический предел; 4 - нижний предел; 5 - расчетный для опор общий размыв; $H_р$ - отметки размытого дна верхнего ($H_{рв}$), гипотетического ($H_{рг}$), нижнего ($H_{рн}$) пределов; $H_д$ - отметки дна до размыва

В зависимости от потенциальной размывающей способности паводка, определяемой соотношением

$\frac{t_{нв}}{t_н}$, расчетный для опор моста размыв может совпадать с некоторыми характерными пределами, но в общем случае занимает промежуточное положение между верхним и гипотетическим размывами (см. рис. 16.11).

Как показывает анализ графика, изображенного на рис. 16.11, по способу определения расчетного для опор моста общего размыва все мостовые переходы могут быть разделены на четыре группы.

Первая группа мостовых переходов характеризуется потенциальной размывающей способностью расчетного паводка большей, чем требуется для достижения нижнего предела. Расчетный для опор моста общий размыв, равный нижнему пределу, определяется по формуле предельного баланса проф. О.В. Андреева (16.6).

Вторая группа мостовых переходов характеризуется потенциальной размывающей способностью расчетного паводка большей, чем требуется для реализации гипотетического размыва, но меньшей, чем минимально необходимая для реализации нижнего. Расчетный для опор моста размыв, равный верхнему пределу, определяется по формуле (16.12).

Третья группа мостовых переходов характеризуется потенциальной размывающей способностью расчетного паводка, близкой к требуемой для реализации гипотетического предела. Расчетный для опор моста общий размыв,

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

равный гипотетическому пределу, принимается по формуле (16.11). На практике мостовых переходов третьей группы встречается наибольшее количество (порядка 70-75 % от общего их числа).

Четвертая группа мостовых переходов характеризуется тем, что потенциальная размывающая способность расчетного паводка слишком мала для реализации гипотетического предела. На мостовых переходах четвертой группы все характерные пределы размыва сильно разнятся между собой, а расчетный для опор общий размыв занимает промежуточное положение между верхним и гипотетическим (см. рис. 16.11). Расчетный общий размыв в этом случае определяется компьютерным расчетом по программе «Рома» по длительной натурной серии паводков с пропуском расчетного в конце одного из многоводных периодов, определившего наиболее опасную направленность русловых деформаций. На ранних стадиях проектирования в качестве расчетного (с некоторым запасом) может быть принят гипотетический размыв, определяемый по формуле (16.11).

Признаки, по которым можно сразу же отнести тот или иной мостовой переход к соответствующей группе, представлены в таблице 16.6:

Таблица 16.6

Группы мостовых переходов по способу расчета общего размыва

Группа мостового перехода	Признаки	Способ расчета
I	$h_{рв} \geq h_{рн}$; $\frac{t_{нв}}{t_н} \geq \frac{1}{\Pi^{1,5\beta}}$	По формуле (16.6)
II	$h_{рн} > h_{рв} \geq h_{рг}$; $\frac{1}{\Pi^{1,5\beta}} > \frac{t_{нв}}{t_н} \geq 1$	По формуле (16.12)
III	$h_{рн} \geq 0{,}85 h_{рг}$; $\frac{t_{нв}}{t_н} \geq 1$; $b_{рв} \geq 0{,}15$	По формуле (16.11)

IV	$h_{рв} < 0{,}85h_{рг}$; $\frac{t_{нв}}{t_н} < 0{,}15$	По программе «Рома» или по формуле (16.11)

16.7. Определение максимальной глубины расчетного общего размыва

Все изложенные выше способы расчета общих размывов дают возможность определения средней глубины в подмостовом русле $h_{рм}$ после общего размыва. Однако при проектировании мостов их опоры необходимо фундировать исходя из фактической максимальной глубины в русле $h_{рм\ max}$ (рис. 16.12).

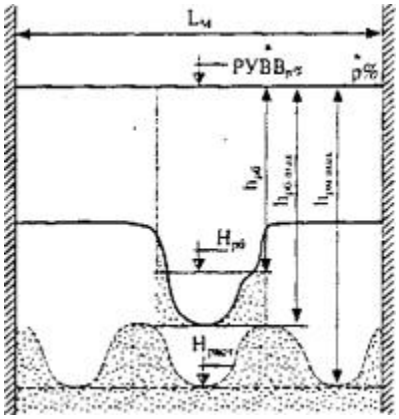


Рис. 16.12. Схема к определению расчетного для опор моста максимального общего размыва

Для перехода от расчетной средней глубины после размыва к максимальной уже в течение ряда десятилетий используют физически ясный показатель - коэффициент формы русла (отношение максимальной глубины в русле к ее среднему значению). При этом различают:

коэффициент формы русла бытовой

$$\alpha_{рб} = \frac{h_{рб\ max}}{h_{рб}},$$ где

$h_{рн\ max}$ и $h_{рн}$ - максимальная и средняя бытовые (до размыва) глубины в русле, соответственно (см. рис. 16.12);

коэффициент формы русла под мостом после размыва

$$\alpha_{рм} = \frac{h_{рмmax}}{h_{рм}},$$ где

$h_{рм\,\max}$ и $h_{рм}$ - максимальная и средняя глубины в русле под мостом после общего расчетного размыва, соответственно (см. рис. 16.12).

При этом величина максимальной (расчетной для опор мостов) глубины общего размыва определялась:

$h_{рм\,\max} = a_{рм} h_{рм}$, где

(16.13)

$h_{рм}$ - средняя глубина расчетного общего размыва.

Анализ многочисленных натурных данных и результатов лабораторных экспериментов свидетельствует о том, что коэффициент формы русла под мостами, как правило, не остается неизменным во времени и величина его может меняться в ходе размыва как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения, и назначение его неизменным в ходе размыва может приводить в одних случаях к опасным инженерным решениям, а в других - к излишним запасам устойчивости и, следовательно, к омертвлению капитальных вложений.

Как показали исследования, выполненные С.Н. Лушом, величина конечного (расчетного) коэффициента формы русла под мостами $a_{рм}$ зависит от коэффициента общего размыва, определяемого степенью стеснения потока подходами, временем воздействия расчетного паводка и его формой, крупностью современного аллювия, шириной разлива речного потока в паводки, инженерно-геологическим строением русла и т.д.

В течение истекшего столетия все предложения по расчетам изменения коэффициента формы подмостового русла сводились к разработкам зависимостей двух видов: увеличения подмостового коэффициента формы русла $a_{рм} > a_{рб}$ (Л.Л. Лиштван, И.И. Херхеулидзе, А.М. Латышенков) и сохранения его бытового значения $a_{рм} = a_{рб}$ (Н.А. Белелюбский, Е.В. Болдаков, О.В. Андреев).

Если первая группа методов почти всегда определяла излишние (необоснованные) запасы устойчивости опор мостов с соответствующим омертвлением капитальных вложений, то вторая давала более достоверные значения максимальных расчетных глубин общего размыва.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Согласно данным натурных измерений под существующими мостами в ряде случаев коэффициенты формы подмостового русла после размыва оказываются близкими к бытовым их значениям, хотя отдельные отклонения могут достигать 25 % и более (рис. 16.13).

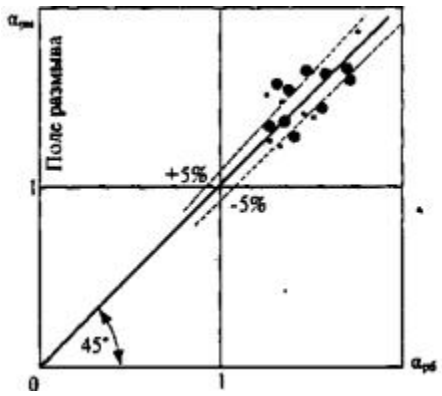


Рис. 16.13. Коэффициенты формы подмостовых русел до и после размыва (по данным проф. О.В. Андреева). Кружками показаны точки, соответствующие мостам с уширением подмостовых русел

На основе анализа и обобщения натурных данных, данных лабораторных экспериментов и результатов математического моделирования с использованием математической модели поструйного расчета общего размыва в руслах, разработанной С.Н. Лущом на базе программы «Гидрам-3», удалось установить, что в ходе общих размывов подмостовых русел с однородным геологическим строением размываемого дна имеет место тенденция уменьшения коэффициента формы подмостовых русел (рис. 16.14).

Таким образом, при определении максимальных глубин общего размыва (расчетных для опор мостов) по формуле (16.13) коэффициент $a_{pм}$ можно определять двумя способами:

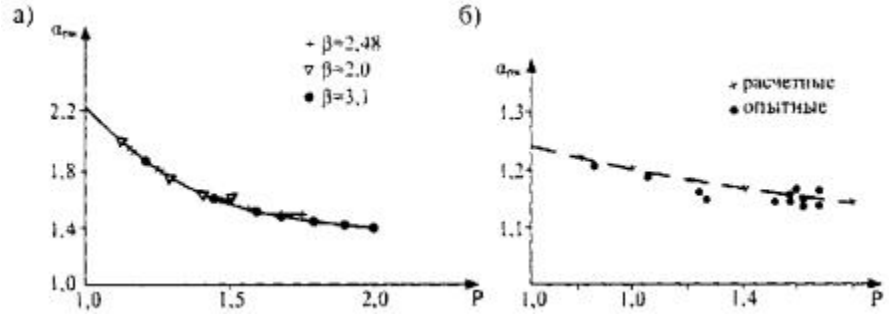


Рис. 16.14. Изменение коэффициента формы русла под мостами $a_{pм}$ в ходе размыва (по данным С.Н.Луща):

а - данные математического моделирования; б - данные моделирования в гидравлическом лотке

по условию сохранения после размыва бытового значения коэффициента формы подмостового русла (с некоторым запасом)

$a_{рм} = a_{рб}$

по формуле С.Н. Луща

$$\alpha_{рм} = \frac{\alpha_{рб} + P - 1}{P},$$ где

$P = \frac{h_{рм}}{h_{рб}}$ - расчетный коэффициент общего размыва;

$h_{рб}$ и $h_{рм}$ - средние глубины в русле под мостом до и после общего размыва.

16.8. Расчет местного размыва у опор мостов

Местные размывы являются результатом локального нарушения гидравлической структуры набегающего на препятствия (опоры, струенаправляющие дамбы, траверсы и т.д.) потока. Местный размыв наиболее опасен для опор мостов. Развиваясь у передних граней опор, он может привести к потере их устойчивости (по этой причине подмытая опора всегда падает вверх по течению). При значительных местных размывах локальными понижениями могут охватываться площади у всей опоры, а не только у передней ее грани.

Поток, набегающий с некоторой скоростью на опору, тормозится, при этом кинетическая энергия его уменьшается, а потенциальная, выражающаяся в местном поднятии уровня перед опорой, возрастает. Потенциальная энергия, в свою очередь, реализуется в кинетическую энергию нисходящих струй (рис. 16.15), которые, достигая дна, способны размывать его, вызывая появление воронкообразного углубления. Другой причиной общего размыва является местное сжатие струй, обтекающих препятствие. Для препятствий относительно широких эта причина является основной (например, обтекание голов регуляционных сооружений).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

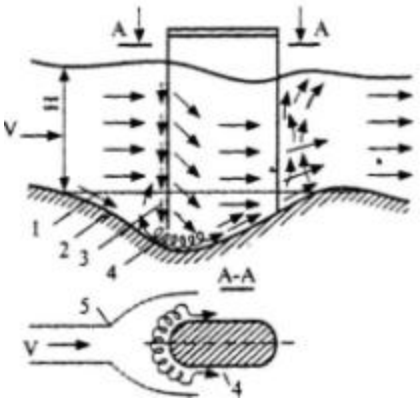


Рис. 16.15. Схема обтекания опоры моста потоком:
1 - дно до размыва (пунктир); 2 - откос воронки; 3 - нисходящие струи; 4 - донные вихревые вальцы; 5 - струи, обтекающие опору

Как показывают многочисленные наблюдения, скорость обтекания опоры потоком примерно в 2 раза превосходит скорость его набегания. Поэтому местные размывы у сооружения развиваются даже в тех случаях, когда собственная скорость потока меньше, чем непередвигающая для частиц грунта, слагающих его дно.

Ожидаемая глубина воронки местного размыва определяется гидравлическими параметрами потока - скоростью набегания и глубиной, а также формой, размерами препятствия и свойствами размываемого грунта. На размер воронки местного размыва огромное влияние оказывает количество наносов, поступающих в воронку. При этом местный размыв достигает особенно больших значений, когда руслоформирующие наносы в воронку по каким-либо причинам не поступают.

В русловом потоке всегда имеются такие придонные области, где влечение наносов практически отсутствует, несмотря на то, что средние по вертикали скорости течения существенно превосходят неразмывающие для грунтов, из которых сложено размываемое дно. Такими областями (с минимальными расходами наносов) являются подвалья гряд, занимающих достаточно большую площадь в русле. Учитывая, что плановые размеры гряд соизмеримы с плановыми габаритами опор, при проектировании мостов можно ориентироваться на наиболее невыгодную, но реальную русловую ситуацию, когда опора располагается в подвалье гряды, где приток руслоформирующих наносов в воронку местного размыва ничтожен и последняя будет иметь наибольшую глубину.

Одна из схем ноль-балансового расчета местного размыва была разработана И.А. Ярославцевым в 1953 году. На основе многочисленных лабораторных экспериментов с моделями мостовых опор им была получена теоретико-эмпирическая формула для расчета местного размыва у мостовых опор. Преобразованная к виду, удобному для выполнения практических расчетов, она имеет вид:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

для расчета местного размыва в несвязных грунтах

$$h_в = KK_ξ \left(\frac{V_{on}^2}{g b_{on}} \right)^{0,9} b_{on} - 30d;$$

(16.14)

для расчета местного размыва в связных грунтах

$$h_в = KK_ξ \left(\frac{V_{on}^2}{g b_{on}} \right)^{0,9} b_{on} - \frac{6V_{нер}^2}{g},$$ где

(16.15)

K - коэффициент, зависящий от относительной глубины потока

$\frac{h_{рм}}{b_{on}}$ и принимаемый по таблице 16.7;

Таблица 16.7.

Коэффициенты относительной глубины потока *K*

Относительная глубина $\frac{h_{рм}}{b_{on}}$	Значения коэффициента *K*	
	для русла	для пойм
5	0,38	0,62
3	0,44	0,68
1	0,73	0,97

K_x - коэффициент формы опоры, принимаемый для прямоугольных опор равным 12,4, для цилиндрических - 10,0 и для обтекаемых 8,5. Коэффициент K_x для каждой конкретной конструкции опоры может быть более точно определен по рис. 16.16;

V_{on} - скорость набегания потока на опору на наиболее глубокой вертикали, м/с;

b_{on} - средняя ширина опоры по фасаду моста, м;

d - крупность несвязного аллювия, м;

$V_{нер}$ - неразмывающая средняя скорость течения для связных грунтов, м/с.

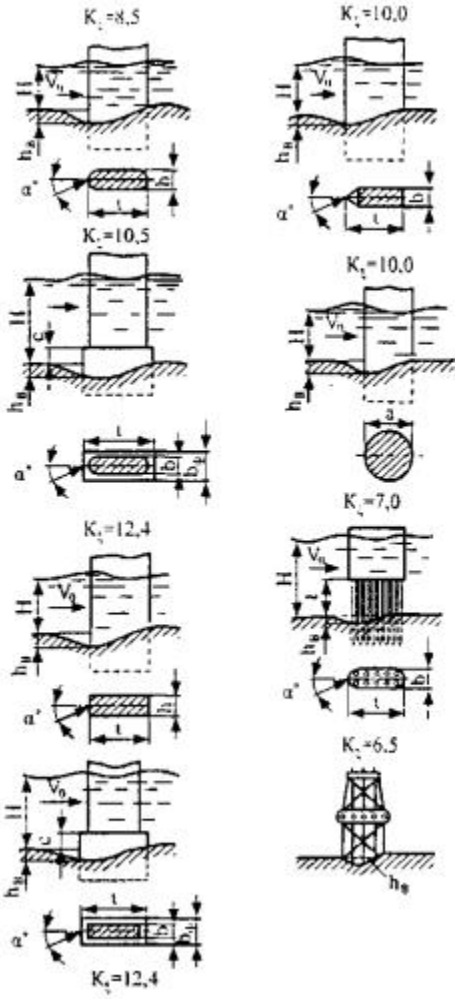


Рис. 16.16. Формы мостовых опор и коэффициенты их обтекаемости K_x

Скорость набегания потока на русловую опору определяют с учетом общего размыва на наиболее глубокой вертикали:

$V_{on} = V_{pм} \alpha_p^{2/3}$, где

$V_{рм}$ - средняя скорость после общего размыва, м/с.

По данным исследований Г.С. Пичугова определяющее влияние на местный размыв оказывает слой придонного потока толщиной $0{,}4h_{рм}$ от дна. Поэтому, для опор мостов с переменной шириной по глубине среднюю ширину опоры следует определять только на этой части набегающего потока (рис. 16.17).

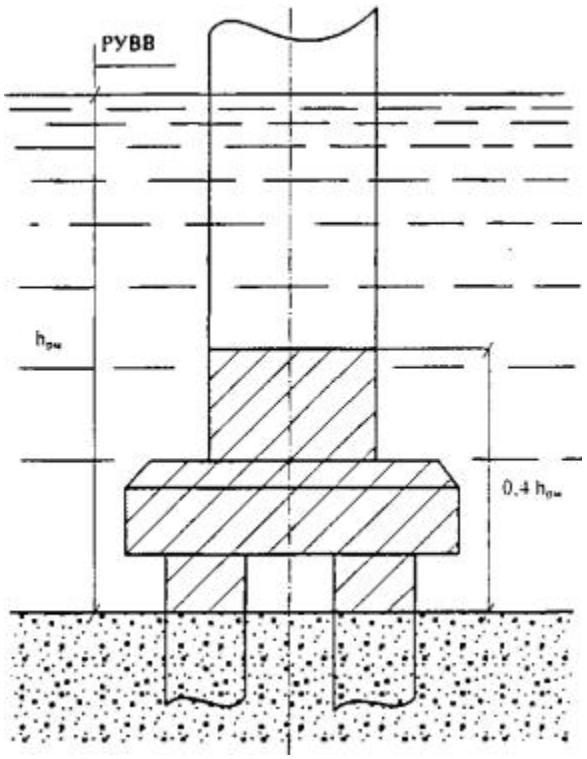


Рис. 16.17. Схема к определению средней ширины опоры по данным Г.С. Пичугова

Скорость набегания потока на пойменную опору (при невозможности смещения русла под нее в ходе естественного руслового процесса) принимают равной скорости течения на пойме после общего размыва, т.е. $V_{оп} = V_{пм}$.

При расчетах местного размыва в резко разнозернистых грунтах нужно учитывать возможность отмостки дна воронки крупными фракциями и при расчете по формуле (16.14) в расчет вводить размер наиболее крупных фракций, содержащихся в размываемом грунте в количестве 15-20 %. Формула И.А. Ярославцева применима для скоростей течения, при которых еще не происходит

разрушения структурных скоплений наносов - гряд. Практически ее применяют при скоростях течения до 4 м/с.

В практике проектирования в последние годы получил распространение также метод расчета местного размыва Союздорнии (д-р.техн.наук М.М. Журавлев) (М.М. Журавлев. Местный размыв у опор мостов. - М.: Транспорт, 1984. - 113 с). Основной особенностью и несомненным достоинством метода является то, что лежащие в его основе зависимости были получены путем обработки натурных и полунатурных данных о местных размывах как в несвязных, так и в связных грунтах у натурных мостовых опор (в количестве 280 точек).

Глубина воронки местного размыва:

при поступлении наносов в воронку местного размыва при $V_{рм} > V_{нер}$

$$h_в = 1{,}1\sqrt{b_{оп} h_{рм}}\left(\frac{V_{оп}}{V_{взм}}\right)^n K_ф;$$

(16.6)

при отсутствии поступления наносов в воронку размывы при $V_{оп} < V_{нер}$

$$h_в = 1{,}1 b_{оп}^{0{,}6} h_{рм}^{0{,}4}\left(\frac{V_{оп}}{V_{взм}}\right)^n K_ф,$$ где

(16.17)

$h_{рм}$ - максимальная глубина потока в русле после общего размыва;

n - показатель степени;

$K_ф$ - коэффициент формы опоры, принимаемый для прямоугольных опор равным 1,24, для цилиндрических - 1,0, для обтекаемых - 0,85.

Коэффициент $K_ф$ может быть определен более точно по рис. 16.16, при $K_ф$ = 0,1 $K_х$;

$V_{взм}$ - средняя взмучивающая скорость турбулентного потока перед опорой.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В формулах (16.16), (16.17) показатель степени

$n = 1$ при

$$\frac{V_{on}}{V_{взм}}\left(\frac{h_{рм}}{d}\right)^{0,06} > 1;$$

$n = 0,67$ при

$$\frac{V_{on}}{V_{взм}}\left(\frac{h_{рм}}{d}\right)^{0,06} < 1;$$

Коэффициент $K_ф$ для каждой конкретной конструкции опоры может быть также определен по уточненным данным Гипродорнии (Методические рекомендации по расчету мостовых переходов. - М.: Гипродорнии, 1987. - 96 с).

Косина потока может быть учтена путем введения в расчет ширины опоры, принимаемой по нормальному направлению течения потока:

$$b^{*}_{on} = b_{on}\cos\alpha + l_{on}\sin\alpha,$$ где

а - угол отклонения потока от прямого направления;

l_{on} - длина опоры вдоль потока (поперек моста).

Скорость $V_{взм}$ определяется в зависимости от крупности руслоформирующих наносов и глубины потока:

$$V_{взм} = \sqrt[3]{gh_{рм}W}\left(\frac{h_{рм}}{d}\right)^{1/16},$$ где

W - гидравлическая крупность наносов (см. главу 32).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

16.9. Расчет размывов переходов коммуникаций у мостовых переходов

Одним из важных вопросов, решаемых при комплексных расчетах мостовых переходов, является прогноз размывов существующих и проектируемых переходов коммуникаций, размещаемых у мостов или в некотором удалении от них. Такие случаи на практике случаются часто и, прежде всего потому, что место удобное для сооружения мостового перехода оказывается привлекательным и для строительства переходов различных коммуникаций.

Магистральные нефтепроводы, газопроводы, кабельные переходы, линии электропередачи, дюкеры и т.д. пересекают реку в подводных траншеях или по воздушному переходу, устраиваемому на специальных опорах. Эти переходы сами по себе практически не нарушают бытового режима водотока.

Однако после строительства мостовых переходов на значительном удалении вверх и особенно вниз по течению в руслах рек развиваются размывы. Игнорирование этого важного обстоятельства при проектировании обычно приводит к повреждению коммуникаций или полному выводу их из строя уже в первые годы после постройки мостовых переходов.

В нормах проектирования магистральных трубопроводов минимально допустимое расстояние от железнодорожных и автодорожных мостовых переходов до магистральных нефтепроводов при диаметре до 1000 мм принято 300 м и при диаметре 1000 мм и более - 500 м. Расстояние от мостовых переходов до магистральных газопроводов в зависимости от их диаметра нормировано в пределах лишь 75-250 м. В строительных нормах и правилах по проектированию автомобильных дорог, мостов и труб вообще не содержится указаний, предусматривающих переустройство существующих коммуникаций, попадающих в зону влияния мостовых переходов.

В первом приближении задача расчета размывов переходов коммуникаций у мостов была решена в Союздорпроекте (Абрамов Ю.В., Бликштейн СМ. Особенности проложения коммуникаций через реки вблизи мостов // Автомобильные дороги. - 1967. - № 12, с. 14-15.).

Наиболее полно и точно сохранность коммуникаций у мостовых переходов можно прогнозировать с помощью программы «Рома», обязательно по длительной натурной серии паводков с пропуском расчетного в конце первого же многоводного периода. При определении размывов переходов коммуникаций, располагаемых выше оси моста, такой расчет, как правило, является исчерпывающим. Что касается прогноза сохранности переходов коммуникаций ниже оси моста, то расчет должен быть продолжен, так как наибольшее распространение вниз по реке общий размыв получает в сравнительно невысокие паводки, проходящие после многоводных периодов.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

На рис. 16.18 представлены результаты расчета (выполненного в Гипротрансмосте по программе «Гидрам-3») размыва магистрального газопровода Средняя Азия - Центр, расположенного в 1,8 км ниже проектируемого мостового перехода через р. Урал у г. Индер, по натурной серии паводков 1941 - 1948 гг.

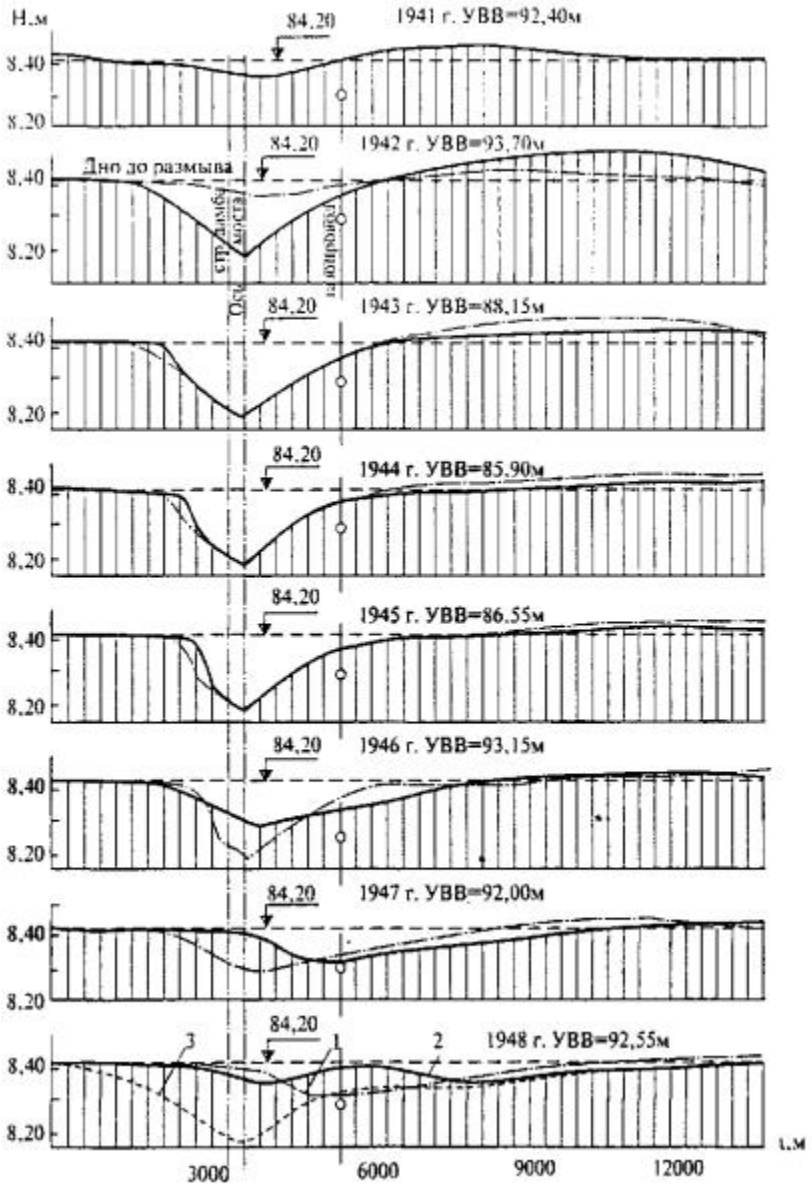


Рис. 16.18. Продольные профили дна русла р. Урал по результатам расчета размыва магистрального газопровода, расположенного в нижнем бьефе мостового перехода: 1 - до прохода паводка; 2 - после прохода паводка; 3 - наибольшие глубины зафиксированные в ходе всей серии паводков

В результате прохода расчетного паводка 1942 года ($РУВВ_{1\%}$ = 93,70 м) общий размыв распространился на 3,0 км вверх и на 2,5 км вниз по течению. При этом, в пределах зоны сжатия потока перед мостом сформировались опасные для

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

проектируемых переходов коммуникаций размывы, в то время как средний смыв грунта в русле реки по оси существующего магистрального газопровода в нижнем бьефе составил всего 0,4 м. В более низкие паводки 1943-1947 годов происходил процесс заиления ямы размыва и перемещения створа с наибольшей глубиной к существующему газопроводу и, наконец, в относительно невысокий паводок 1947 года ($УВВ_{1947}$ = 92,00 м) наибольшая глубина достигла оси магистрального газопровода и средний смыв грунта в русле над ним составил уже 1,05 м.

Как видно из результирующего графика (см. рис. 16.18, кривая - 3) профили наибольших средних глубин в створах, наблюдавшиеся в серии всех пропущенных паводков выше и ниже мостового перехода, имеют форму выпуклых кривых. При этом, на всем исследуемом участке нижнего бьефа общей протяженностью 10200 м, в ходе серии паводков были зафиксированы размывы. Однако в конце исследуемого участка эти размывы уже несущественны.

Для быстрого определения размеров смыва грунта в любом створе руста выше и ниже мостовых переходов при известном расчетном размыве в створе самого моста можно воспользоваться упрощенными зависимостями, полученными в результате анализа и обобщения материалов математического компьютерного моделирования.

Смыв грунта в русле выше моста (при известном расчетном общем размыве под мостом) может быть определен по формуле:

$$\Delta h_{pk} = \Delta h_{pm}\left(1 - \frac{l_e}{l_{cж}}\right)^{3/2},$$ где

D$h_{рк}$ - средний смыв грунта в русле на расстоянии С, выше входного сечения в зону верховых струенаправляющих дамб;

D$h_{рм}$ = ($h_{рм}$ - $h_{рб}$) - расчетный смыв грунта в русле под мостом, определенный без влияния срезки (поскольку последняя изменяет величину общего размыва лишь в пределах искусственного уширения русла);

$$l_{cж} = \frac{B_0 - L_м}{1 + \frac{l_{мн}}{l_{вн}}}$$ - длина зоны сжатия потока перед мостом.

Если ось перехода коммуникации размещается в пределах искусственного уширения русла (срезки), то величина смыва грунта определяется с учетом фактической ширины русла в створе перехода коммуникации:

$$\Delta h_{pkc} = (\Delta h_{px} + h_{pb}) \left(\frac{B_{pb}}{B_{pkc}} \right)^{2/3} - h_{pb},$$

где

(16.18)

Δh_{pkc} - средний смыв грунта в русле по оси перехода коммуникации с учетом ширины срезки в этом створе;

B_{pkc} - ширина русла с учетом срезки в створе коммуникации.

Согласно результатам компьютерного математического моделирования, влияние мостового перехода в нижнем бьефе практически ощущается на расстоянии порядка трех длин растекания потока за мостом. Смыв грунта в русле ниже моста при известном расчетном общем размыве под мостом можно определять по зависимости:

$$\Delta h_{pk} = \Delta h_{pm} \left(1 - \frac{l_n}{3 l_p} \right)^6,$$

где

Δh_{pk} - средний смыв в русле реки в створе коммуникации, расположенной на расстоянии $l_н$ от конца низовых струенаправляющих дамб;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$\Delta h_{рм}$ - средний смыв грунта в русле под мостом после расчетного общего размыва без учета влияния искусственного уширения подмостового русла (срезки);

$l_р \approx 2l_{сж}$ - длина зоны растекания потока за мостом.

Если переход коммуникации в нижнем бьефе расположен в пределах искусственного уширения русла, то величина смыва грунта определяется также как и для верхнего бьефа по формуле (16.18).

На участке русла в пределах зоны, охватываемой струенаправляющими дамбами, с достаточной для практики точностью можно принимать

$$\Delta h_{рк} = \Delta h_{рм}.$$

16.10. Расчет характерных подпоров на мостовых переходах

Стеснение паводкового потока подходами к мосту приводит к нарушению его бытового режима на значительном протяжении вверх и вниз от оси мостового перехода: к увеличению скоростей течения, деформациям русла и свободной поверхности потока. Эти явления, в сильной степени влияющие на стоимость перехода, подлежат обязательному учету при проектировании.

В настоящее время наиболее полно и точно деформации свободной поверхности потока рассчитывают по компьютерной программе «Рома» (см. главу 32), основанной на совместном решении в конечных разностях дифференциальных уравнений неустановившегося течения жидкости и баланса наносов.

При проектировании мостовых переходов нередко возникает задача в быстрой (особенно на ранних стадиях проектирования) оценке вероятных величин деформаций свободной поверхности потока и определения характерных подпоров (рис. 16.19): начального Dz_0 в начальном створе зоны сжатия потока перед мостом (для последующего построения свободной поверхности потока вверх и вниз по реке); общего $Dz_{0б}$ (для расчета групповых отверстий); полного Dz в створе с максимумом подпора (для последующего расчета подпора у насыпи): подмостового $Dz_м$ в створе самого моста (для расчета минимальных отметок низа конструкций моста, бровок струенаправляющих дамб, отметок верха укреплений откосов струенаправляющих дамб и т.д.); подпора у насыпи $Dz_н$ (для расчета

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

минимальных отметок бровок земляного полотна на подходах, отметок верха укреплений откосов пойменных насыпей).

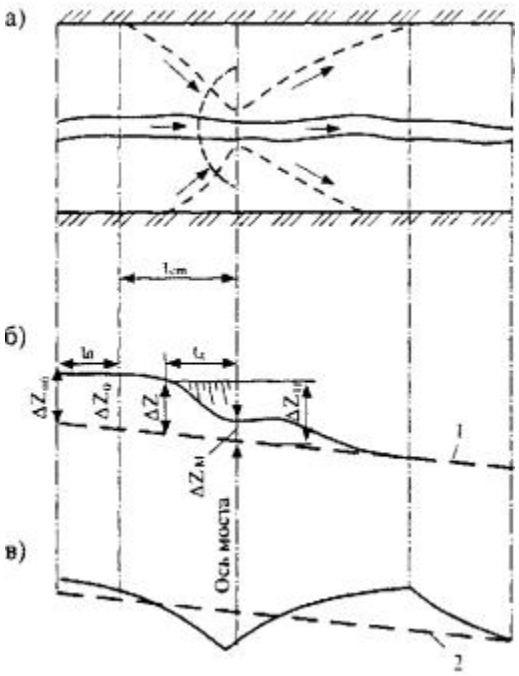


Рис. 16.19. Схема к определению характерных подпоров на мостовых переходах:
а - план мостового перехода; б - кривая свободной поверхности на мостовом переходе; в - профиль размытого на пике расчетного паводка;
1 - бытовая свободная поверхность потока; 2 - бытовое дно

На основе анализа и обобщения материалов компьютерного математического моделирования с использованием программы «Гидрам-3» разработана полная методика упрощенного расчета всех характерных подпоров на мостовых переходах (Г.А. Федотов. Методология комплексного расчета мостовых переходов: Автореф. дис. д-ра техн. наук. - М., 1979.). В основу методики положены известные теоретические зависимости проф. О.В. Андреева, но с обязательным введением коррективов потерь энергии потока, физическая природа которых заключается в учете влияния нелинейности потерь энергии и русловых деформаций.

Начальный подпор:

$$\Delta z_0 = \frac{3}{2} l_{сж} I_в \left(K \frac{\beta^2}{\varepsilon^{10/3}} - 1 \right) (1 + \chi),$$

где

(16.19)

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$l_{сж}$ - длина зоны сжатия потока перед мостом, определяемая по формулам (16.11), (16.12);

$I_б$ - бытовой уклон свободной поверхности потока, равный уклону долины;

b - степень стеснения потока, определяемая по формуле (16.9);

$\varepsilon = \frac{h_б + \Delta z_0}{h_б}$ - относительный подпор;

$h_б$ - средняя бытовая глубина всего паводкового потока;

$\chi = \frac{l_{вд}}{l_{сж}}$ - относительная длина верховых струенаправляющих дамб;

K - коррективнач ального подпора.

Корректив начального подпора определяют по формулам:

$K = \frac{1{,}1}{\sqrt{\beta P_w^{(\varepsilon-1)}}}$ при $P_w < 1{,}2$; 1 3

$K = \frac{1{,}3}{\sqrt{\beta P_w^{1{,}2}}}$ при $P_w > 1{,}2$, где

P_w - коэффициент размыва под мостом по площади на пике первого расчетного паводка (т.е. отношение площади живого сечения под мостом после размыва к площади до размыва). Определяется по формуле верхнего предела размыва (16.12) для ветви подъема расчетного паводка.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Уравнение (16.19) представлено в неявном виде, поскольку искомое значение подпора входит как в правую, так и в левую часть уравнения. В связи с этим уравнение (16.19) решают подбором.

Подмостовой подпор:

$$\Delta z_м = \frac{1}{2} l_{сж} l_б \left(K_м \frac{\beta^2}{\varepsilon^{10/3}} - 1 \right) (2 + \chi) - \frac{\alpha_м V_м^2 - \alpha_б V_б^2}{2g},$$ где

(16.20)

$\varepsilon_м = \frac{h_м + \Delta z_м}{h_м}$ - относительный подмостовой подпор;

$h_м$ - средняя глубина в подмостовом сечении до размыва;

$K_м$ - коррективов подмостового подпора;

$V_б$, $V_м$ - бытовая средняя скорость всего речного потока и средняя скорость под мостом с учетом подмостового подпора и размыва;

$a_б$, $a_м$ - коэффициенты Кориолиса (коррективы кинетической энергии потока) в бытовом и подмостовом сечениях.

Коррективов подмостового подпора определяют по формулам:

$K_м = \frac{P_a^2}{\sqrt[3]{\beta^2}}$ при $P_w < 1{,}2$;

$K_м = \frac{1{,}5}{\sqrt[3]{\beta^2 P_a}}$ при $P_w > 1{,}2$.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Коэффициенты Кориолиса:

$$\alpha_б = \frac{V_{рб}^3 \omega_{рб} + V_{нб}^3 \sum \omega_{нб}}{V_б^3 \left(\omega_{рб} + \sum \omega_{нб}\right)} + 0{,}2;$$

$$\alpha_м = (\alpha_б - 1{,}2)\frac{L_м - B_{рб}}{B_0 - B_{рб}} + 1{,}2,$$ где

$V_{рб}$ - русловая бытовая скорость течения;

$w_{рб}$ - бытовая площадь живого сечения в русле;

$V_{пб}$ - пойменная бытовая скорость течения;

S$w_{пб}$ - площадь живого сечения пойм;

$V_б$ - средняя скорость течения всего потока;

$L_м$ - отверстие моста;

B_0 - ширина разлива реки в паводки.

Уравнение (16.20), записанное в неявном виде, также решается подбором.

Полный подпор:

$$\Delta z_м = \Delta z_0 + 0{,}25\beta I_б \left(\frac{l_{сж} - l_z}{l_{сж}}\right)^{1{,}2} (l_{сж} - l_z),$$

где
(16.21)

l_z - расстояние от моста до створа полного подпора (см. рис. 16.19):

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$l_z = \frac{\left(\frac{\beta}{\varepsilon^{5/3}} - 1\right)}{\beta - 1} l_{сж}.$$

При малых значениях бытового уклона $I_б$ < 0,0001 значения начального и полного подпора практически совпадают и можно принимать $Dz = Dz_0$. Подпор у насыпи:

$Dz_н = Dz +$
$I_б l_z.$
(16.22)

При проектировании мостовых переходов нередко возникает необходимость в построении кривой свободной поверхности со стороны верхового и низового откосов пойменной насыпи. Особенно часто это требуется на мостовых переходах с большой шириной разлива. В результате такого расчета представляется возможным проектировать продольный профиль подходов к мосту, а также высоты верха укреплений откосов насыпей следующими очертанию свободной поверхности от границы разлива к мосту. Схема к расчету кривых свободной поверхности со стороны верхового и низового откосов пойменных насыпей подходов представлена на рис. 16.20.

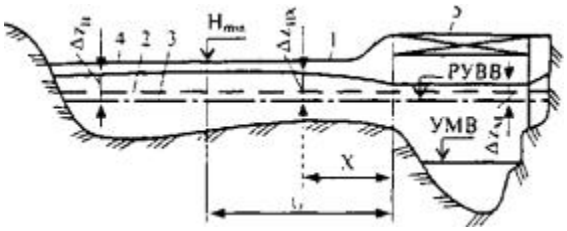


Рис. 16.20. Схема поперечного профиля водной поверхности с верховой и низовой сторон пойменной насыпи:
1 - профиль с верховой стороны; 2 - профиль с низовой стороны; 3 - бытовая свободная поверхность; 4 - насыпь; 5 - мост

Профиль поверхности потока у верхового откоса насыпи может быть построен по зависимости проф. О.В. Андреева, полученной из уравнения неравномерного течения потока в предположении линейного нарастания скорости течения вдоль струи:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$\Delta z_{нх} = (\Delta z_н - \Delta z_м)\left[1 - \left(\frac{l_z - x}{l_z}\right)^3\right] + \Delta z_м,$$

где

(16.23)

$Dz_{нх}$ - подпор у насыпи на расстоянии x от устоя моста при x £ l_z.

На участке насыпи, где $x > l_z$ свободная поверхность горизонтальна и подпор у насыпи постоянен:

$Dz_{нх}$
$=Dz_м$.
(16.24)

Поверхность потока у низового откоса насыпей подходов можно принять горизонтальной и равной подпору у низовых струенаправляющих дамб, практически равному подмостовому подпору:

$Dz_{нх}$
$=Dz_м$.
(16.25)

Кривую свободной поверхности с верховой стороны насыпей подходов, определяемую формулами (16.21) - (16.24), используют для проектирования продольного профиля подходов и верха капитального укрепления откосов. Свободную поверхность с низовой стороны насыпей подходов, определяемую равенством (16.25), используют при проектировании капитальных укреплений низовых откосов.

Общий подпор, необходимый для расчета групповых отверстий, оценки подтопления окружающей местности и т.д. определяют по формуле Л.А. Пустовой (см. рис. 16.19):

$$\Delta z_{об} = \Delta z_0 - I_в l_{об} \frac{\varepsilon_{ф}^{10/3} - 1}{\varepsilon_{ф}^{10/3}},$$

где

(16.26)

$l_{об}$ - расстояние между створами начального и общего подпоров вверх по реке;

$\varepsilon_{ср} = \frac{\varepsilon_0 + \varepsilon_{ф}}{2}$ - средний относительный подпор.

Уравнение (16.26), решаемое подбором, дает возможность построения кривой свободной поверхности потока выше створа начала сжатия (см. рис. 16.19).

ГЛАВА 17. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДХОДОВ, РЕГУЛЯЦИОННЫХ И УКРЕПИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

17.1. Условия работы пойменных насыпей

Подходы к постоянным мостам, являющиеся одними из основных и неотъемлемых частей мостовых переходов, устраивают обычно в виде не переливаемых земляных насыпей на поймах, а для блуждающих беспойменных рек и в русле. Подходы к временным низководным мостам или к постоянным капитальным мостам на период строительства могут устраивать переливаемыми.

По экономическим соображениям при высоте насыпей подходов более 30 м, при слабых грунтах основания, а также при отсутствии вблизи перехода грунтов, пригодных для возведения земляных сооружений, вместо не переливаемых насыпей подходов устраивают пойменные эстакады.

Насыпи подходов к мостам на поймах по сравнению с насыпями такой же высоты на основных участках дорог работают в весьма неблагоприятных условиях. При периодическом подтоплении в паводки на пойменные насыпи воздействуют: волнобой, ледоход, продольные течения с верховой стороны мостовых переходов, особенно опасные вблизи мостов. Пойменные насыпи подходов нередко имеют весьма значительную высоту и устраиваются на слабых, дающих осадки основаниях (илистые, торфяные грунты и т.д.). Насыщение земляного полотна водой на подъеме паводка предопределяет резкое ухудшение условий работы пойменных насыпей (особенно высоких) на его спаде, когда в результате снижения физико-механических свойств грунтов (в частности, уменьшения сил сцепления в водонасыщенной части насыпей) и появления дополнительного гидродинамического давления в значительной степени уменьшаются коэффициенты устойчивости откосов. В связи с этим наиболее частыми повреждениями пойменных насыпей являются: разрушение откосов насыпей и их укреплений волнобоем; повреждение ледоходом; размывы подошв насыпей продольными течениями: недопустимые осадки насыпей на слабых основаниях и обусловливаемое ими разрушение дорожных одежд; обрушение откосов высоких насыпей в связи с потерей их общей устойчивости.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Насыпи подходов к мостам должны быть не переливаемы даже при проходе самых высоких паводков. В связи с этим бровки земляного полотна подходов поднимают выше уровня высокой воды расчетной вероятности превышения с учетом подпора у насыпи, высоты набега ветровой волны на откос и некоторого конструктивного запаса.

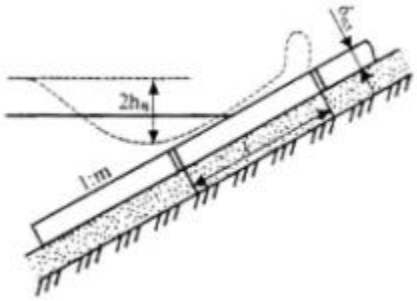
Уровни воды у верховых и низовых откосов пойменных насыпей определяют в соответствии с формулами (16.22) - (16.25).

В периоды затопления пойм в паводки возможен заход льдин из русла к насыпям подходов и, кроме того, могут появляться льдины, принесенные течением с пойменных озер и староречий. Плывущие льдины, ударяясь об откосы насыпей, могут приводить к повреждениям конструкций укрепления откосов и к нарушению устойчивости самих откосов.

Во время прохода высоких паводков в долинах рек могут наблюдаться сильные ветры, вызывающие появление волн на водной поверхности. Явления половодий и интенсивного перемещения воздушных масс в долинах рек нельзя считать независимыми друг от друга, поэтому прохождение высоких паводков на реках почти всегда сопровождается сильными ветрами. Чаще всего неприятные последствия воздействий ледохода и волнобоя имеют место у верховых откосов насыпей подходов, где ледоход и волны распространяются вниз по течению. Существенно меньшая волна и практическое отсутствие воздействия ледохода наблюдаются у низовых откосов насыпей.

В связи с развитием гидротехнического строительства на реках появилось много мостовых переходов, работающих в условиях подпора от водохранилищ. Насыпи подходов таких мостовых переходов, в отличие от переходов через свободные реки, уже работают в условиях постоянного подтопления и опасные ледовые и волновые воздействия на таких переходах могут иметь место и у верховых, и у низовых откосов. Так, например, на мостовом переходе через р. Дон у Чира, находящимся в подпоре от Цимлянской ГЭС, опасным ледовым и волновым воздействиям подвергаются исключительно низовые откосы подходов.

Волны, набегающие на откос насыпи, могут взбегать по нему на высоту существенно большую, чем сама высота волны (рис. 17.1).



Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Рис. 17.1. Схема набега волны на откос:
l - длина плиты; $d_{пл}$ - толщина плиты; m - крутизна откоса; $h_в$ - высота волны

Поскольку при откате воды с большими скоростями волна может вызывать размывы, нельзя допускать ее попадания на обочины земляного полотна, поэтому при проектировании подходов к мостам необходимо уметь рассчитывать как высоту волны ($2h_в$), так и высоту ее набега на откос $h_{наб}$.

Возможная высота волны и ее длина ($l_в$) зависят от расчетной скорости ветра W (м/с) и длины разбега волны L (км). Высоты волн на мостовых переходах определяют в соответствии с действующими нормативными документами или в первом приближении по формуле В.Г. Андриянова:

$$(2h_в) = 0{,}02W^{5/4}L^{1/3}.$$

(17.1)

Возникающие на глубине волны при выходе их на относительно мелкие пойменные участки могут разрушаться, поскольку максимальная длина волн ограничивается двойной глубиной на пойме. Тогда, учитывая, что в среднем соотношение высоты волны ($2h_в$) к ее длине $l_в$, составляет 1:10, можно записать соотношение для определения максимально возможной высоты волны, которая может возникнуть на пойме со средней глубиной $h_п$:

$$(2h_в) = 0{,}2h_п.$$

(17.2)

Выражение (17.2) применяют при отсутствии исходных данных по скоростям и направлениям ветров, а при наличии последних, для более точного определения высоты волны используют формулу (17.1).

Волна, набегая на откос насыпи (см. рис. 17.1), поднимается по нему на высоту (считая от спокойного уровня) $h_{наб}$, определяемую по формуле:

$$h_{наб} = \frac{4{,}3(2h_в)K_ш}{m},$$

где
(17.3)

$K_ш$ - коэффициент, характеризующий шероховатость откоса и принимаемый равным $K_ш = 1$ - для бетонных и асфальтобетонных укреплений откосов, $K_ш = 0{,}9$ -

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

для сборных бетонных плит; $K_ш$ = 0,8 - для одерновки и мощения; $K_ш$ = 0,60 - для каменной наброски;

m - коэффициент заложения откоса насыпи, принимаемый для подтопляемых откосов $m > 2$.

Защита откосов земляного полотна от волновых воздействий - одна из наиболее важных деталей проектов мостовых переходов. Случаи разрушения укрепленных откосов пойменных насыпей на мостовых переходах все еще нередки (например, мостовые переходы через р. Оку у гг. Каширы и Серпухова в паводок 1970 г.). Это объясняется, прежде всего, тем, что в действующих типовых проектах по проектированию земляного полотна железных и автомобильных дорог уделяется внимание конструкциям укреплений откосов, но не рассматривается качество грунтов их основания, т.е. качество грунтов насыпей, на откосы которых укладываются защитные конструкции.

В практике проектирования подходов к мостам наибольшее распространение получили плоские капитальные укрепления из сборных железобетонных плит или из монолитного бетона. Подобные укрепления, с одной стороны, являются универсальными (защищают откосы пойменных насыпей от волнобоя, ледовых воздействий и продольных течений одновременно), а, с другой, обеспечивают высокую степень индустриализации и механизации строительных работ. Плитную конструкцию укладывают на подготовку из гравия или щебня, играющего роль фильтра, одно из основных назначений которого состоит в снятии гидростатического давления в теле насыпи, возникающего при откате волн.

Для предотвращения заполнения пор фильтра мелкими частицами грунта насыпи защитную конструкцию укладывают по слою нетканого синтетического материала - геотекстиля, обладающего высоким коэффициентом фильтрации, но не пропускающим мелкие частицы грунтов насыпей.

Откосы пойменных насыпей при волнобое испытывают значительное давление, сменяющееся разрежением при откате волн. Удары волн оказывают силовое воздействие на плоское укрепление, передающееся затем через фильтр на водонасыщенный грунт откоса, с ускорениями тем большими, чем меньше толщина плиты и фильтра и чем круче откос пойменной насыпи. Под действием периодически повторяющихся ударов волн водонасыщенный грунт откосов может прийти в плывунное состояние и полностью потерять несущую способность. При этом фильтр укрепления начинает проседать, поры его заполняются плывунным грунтом. Через образовавшиеся в результате этого щели в плитной конструкции волны быстро вымывают грунт насыпи и материал фильтра, что сопровождается полным разрушением защитной конструкции и откоса пойменной насыпи. С этой точки зрения наиболее опасными являются мелкозернистые и пылеватые пески и супеси. Поэтому правильный подбор грунта в тело пойменной насыпи является одним из самых радикальных способов борьбы с волнобоем. Применение

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

геотекстиля, укладываемого по поверхности грунтового откоса и препятствующего проседанию фильтра в плывунный грунт, существенно повышает устойчивость укрепленных откосов действию волнобоя.

Фундаментальные экспериментальные и теоретические исследования работы укрепленных откосов насыпей были выполнены И.А. Ярославиевым (Рекомендации по расчету местной устойчивости грунтового основания плитной зашиты откосов при волновом воздействии/ ВНИИ трансп. стр-ва. - М., 1997. - 26 с). Эти исследования впервые показали, что долговечность и целостность плитных конструкции и защищаемых ими откосов пойменных насыпей связаны прежде всего с устойчивостью грунтового основания плиты.

Как показали эксперименты, подвижки грунта под плитными конструкциями в момент удара волны происходят по нескольким заглубленным поверхностям, параллельным поверхности откоса. Анализ характера грунтовых подвижек дал основание рассматривать предельную местную устойчивость грунта под волновой нагрузкой по схеме выпора грунта. И.А. Ярославцевым было обнаружено также, что в момент приложения ударного волнового импульса давление воды сверху на плиту уменьшается по сравнению с гидростатическим. Образовавшийся дефицит давления вызывает прогиб плиты вверх, сопровождающийся подтоком в появившееся под плитой пространство воды из пор грунта. Образующиеся при этом фильтрационные силы разгружают грунтовую массу, резко снижая ее несущую способность. Максимальный дефицит давления приходится как раз на момент приложения динамической нагрузки удара волны, которая, воздействуя на ограниченную по откосу область, вызывает появление в грунтовом основании мощных фильтрационных токов, направленных сверху вниз по откосу, которые во многом способствуют нарушению его устойчивости.

Детальный расчет местной устойчивости откоса пойменной насыпи, укрепленной капитальной плитной конструкцией, разработанный И.А. Ярославцевым, является довольно многодельным и практическая его полная реализация возможна лишь с использованием компьютерной техники, однако на основе обобщения материалов компьютерного математического моделирования И.А. Ярославцеву удалось получить сравнительно простую зависимость для определения минимальной толщины плиты $d_{пл}$ (в см), при которой грунтовое основание откоса остается устойчивым при ветровом волнении заданных параметров:

$d_{пл}$ =[a($2h_в$) + $bl_в$]$K_щ$, см, где

(17.4)

($2h_в$) - высота волны, м;

$l_в$ - длина волны, м;

$a = C_4 - C_5 b$ и $b = C_1 + [C_2 - C_3(2h_в)](2h_в)$ - коэффициенты, определяемые в зависимости от вида грунта и крутизны откоса m по таблице 17.1:

Таблица 17.1.

Коэффициенты для определения минимальной толщины плиты

m	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
2,0	0,62(0,39)	0,39(0,22)	0,06(0,03)	10,82(10,75)	9,01(11,19)	0,84
2,5	0,42(0,37)	0,20(0,13)	0,03(0,02)	11,24(11,48)	12,87(16,12)	0,88
3,0	0,37(0,34)	0,12(0,12)	0,02(0,02)	11,65(11,53)	16,84(18,95)	0,91
3,5	0,37(0,35)	0,11(0,09)	0,02(0,01)	12,04(11,87)	20,04(21,69)	0,94
4,0	0,37(0,36)	0,08(0,08)	0,01(0,01)	12,80(12,59)	27.74(25,16)	0,95

Примечание. Приведены значения коэффициентов для пылеватых и мелкозернистых, а в скобках - для средне- и крупнозернистых песков;

$K_щ$ - коэффициент, учитывающий влияние гравийной или щебеночной подготовки (фильтра), определяют:

при отсутствии подготовки ($d_щ = 0$)

$$K_щ = 0,95 + 0,75\sqrt{(2h_в)};$$

при $d_щ = 0,10$ м

$K_щ = 1$,

при $d_щ = 0,2$ м

$$K_{щ} = \frac{1}{(2h_в) + 2{,}85} - 0{,}015\frac{\lambda_в}{(2h_в)} + C_б.$$

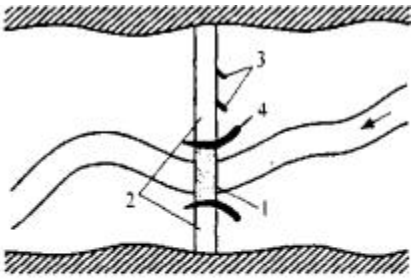
Формула И.А. Ярославцева (17.4) справедлива для песчаных грунтов при следующих условиях: 0,5 м < ($2h_в$) £ 4,0 м; 7 £ $l_в$ £ 18; 2 £ m £ 4; $d_щ$ £ 0,2 м; длина ребра плиты $B_{пл}$ £ $12d_{пл}$.

В последние годы стал получать распространение метод борьбы с волнобоем посредством устройства пологих пляжных откосов крутизной от 1:20 до 1:30. Принцип работы пляжных откосов состоит в том, что волны, набегающие по пологому откосу, разрушаются на мелководье. Однако пляжные откосы подвержены размывам продольными течениями, которые всегда имеют место с верховой стороны насыпей мостовых переходов. Поэтому применять пляжные откосы можно только в исключительных случаях и только с низовой стороны насыпи, устраивая с верховой обычный откос с капитальным плоским укреплением.

17.2. Проектирование подходов к мостам

Продольный профиль к мосту обычно может быть разделен на три характерных участка (рис. 17.2): участок I спуска с коренного берега речной долины на пойму; пойменный участок II насыпи с минимальными высотами, обеспечивающими сохранность насыпи от переливов даже в самые высокие паводки; участок III сопряжения пойменной насыпи с проездом по мосту, как правило, значительно возвышающимся над уровнем воды в реке, особенно на судоходных реках.

а)



б)

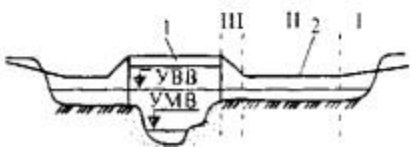


Рис. 17.2. План и продольный профиль мостового перехода:
1 - мост; 2 - подходы к мосту; 3 - струеотбойные траверсы; 4 - струенаправляющие дамбы; I-III - характерные участки продольного профиля

Спуск I с коренного берега речной долины на пойму проектируют в виде обычной выемки, грунт из которой часто используют для отсыпки насыпей подходов и регуляционных сооружений. Этот участок трассы подходов нередко проектируют с предельными продольными уклонами, сопрягая с пойменной насыпью вертикальными вогнутыми кривыми.

Пойменный участок II с минимальными высотами проектируют в виде горизонтальной насыпи с высотами, при которых не происходит переливов в высокие паводки. На реках с широким разливом пойменным насыпям иногда придают небольшой продольный уклон в сторону моста в соответствии с очертанием свободной поверхности с верховой стороны насыпи (см. рис. 16.20), которая может быть построена по формулам (16.21) - (16.24). Для отсыпки пойменных насыпей используют грунт из выемок или привозной грунт из сосредоточенных резервов или карьеров. Очень часто пойменные насыпи возводят средствами гидромеханизации. Не рекомендуется устраивать карьеры в руслах рек с верховой стороны мостов, либо иных ответственных гидротехнических сооружений, переходов коммуникаций и т.д. Нельзя отсыпать подходы из притрассовых пойменных резервов и совершенно недопустимо устраивать резервы грунта на поймах с верховой стороны насыпей подходов.

Минимальную высоту насыпей подходов определяют:

$H_{\min} = РУВВ_{р\%} + \mathrm{D}z_н + h_{наб} + \mathrm{D}$, где

$РУВВ_{р\%}$ - расчетный уровень высокой воды в створе мостового перехода с ВП = Р %;

$\mathrm{D}z_н$ - подпор у насыпи, определяемый либо непосредственным компьютерным расчетом по программе «Рома», либо упрощенно по формуле (16.22);

$h_{наб}$ - высота набега волны на откос, определяемая по формуле (17.3);

D = 0,5 м - конструктивный запас.

На участке III сопряжение пойменной насыпи с проездом на мосту осуществляют вогнуто-выпуклыми вертикальными кривыми. Минимальные высоты проезда на мостах определяют: на судоходных реках

$H_{\min} = \mathrm{РСУ} + Г_с + h_{кон}$;

на несудоходных реках

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$H_{min} = РУВВ_{р\%} + Dz_м + h_в + Г_н + h_{кон}$, где

РСУ - расчетный судоходный уровень, определяемый согласно ГОСТ 26775-97 (ГОСТ 26775-97. Габариты подмостовые судоходных пролетов мостов на внутренних водных путях. - М.: Изд-во стандартов, 1996.- 8 с);

$Г_с$ - подмостовой габарит, нормируемый в зависимости от класса реки по судоходству, согласно ГОСТ 26775-97;

$РУВВ_{р\%}$ - расчетный уровень высокой воды в створе мостового перехода;

$Dz_м$ - подмостовой подпор, определяемый компьютерным расчетом по программе «Рома» или упрощенно по формуле (16.20);

$h_в$ - высота волны, вычисляемая из формулы (17.1) или (17.2);

$Г_н$ = 0,5-1,0 м - подмостовой габарит на несудоходных реках;

$h_{кон}$ - высота конструкции пролетного строения, включая толщину плиты проезжей части.

С целью обеспечения водоотвода с проезжей части, выхода на коренной берег речной долины с минимальными объемами земляных работ, а также для уменьшения высоты моста на несудоходной части отверстия и высоты насыпей подходов продольный профиль автодорожных мостов обычно проектируют на вертикальных выпуклых кривых или на продольном уклоне не превышающем 30 ‰.

Ширину насыпей на подходах назначают с учетом категории дороги, а крутизну откосов - в зависимости от грунтов насыпи, ее высоты и ожидаемых условий работы, при этом откосы, периодически подтопляемые водой, проектируют не круче 1:2.

Неподтопляемый и подтопляемый откосы сопрягают бермой шириной не менее 3 м, устраиваемой на отметках низкой пойменной насыпи (рис. 17.3, а), с целью повышения устойчивости откосов и обеспечения проезда автотранспорта на струенаправляющие дамбы для обеспечения ремонтно-восстановительных работ строительными материалами.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

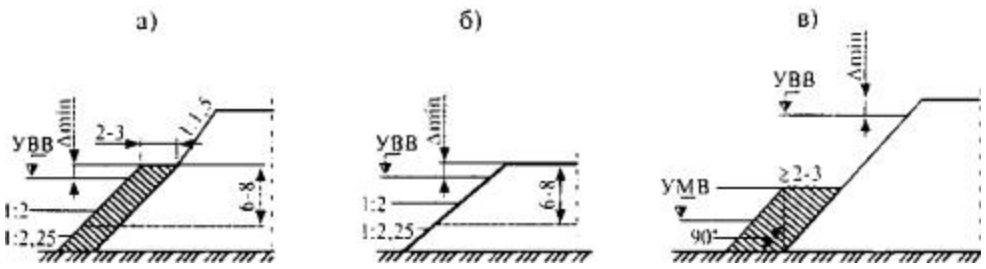


Рис. 17.3. Характерные поперечные профили насыпей подходов:
а - подтопляемый участок высокой пойменной насыпи; б - подтопляемый участок низкой пойменной насыпи; в - насыпь на пересечении староречий

Подтопляемые насыпи проектируют с крутизной откосов не более 1:2 с уположением на 0,25 на каждые последующие 6 м высоты (рис. 17.3, б).

При пересечении староречий устраивают бермы (обычно из камня) на уровне берегов староречий (рис. 17.3, в). Берма шириной не менее 3 м обеспечивает плавное протекание воды вдоль откоса, а также обеспечивает устойчивость насыпи.

17.3. Проектирование оптимальных пойменных насыпей

Экспериментальные исследования, а также результаты компьютерного математического моделирования, выполненные И.А. Ярославцевым, показали, что коэффициент местной устойчивости на волновые воздействия возрастает при замене грунта насыпи на более крупный, возрастает с увеличением толщины плиты $d_{пл}$, толщины подготовки $d_{пл}$ и с уположением откоса (увеличением коэффициента заложения m).

Таким образом, местная устойчивость откоса при заданном типе грунта насыпи может быть обеспечена увеличением толщины плиты, увеличением толщины щебеночной подготовки и уположением откоса. Каждое из этих мероприятий в разной степени влияет на изменение объемов работ и, следовательно, стоимости строительства подходов. Учитывая это обстоятельство, а также то, что подходы к мостам являются чрезвычайно капиталоемкими сооружениями, представляется целесообразным отыскивать при проектировании пойменных насыпей мостовых переходов такие решения, при которых была бы обеспечена с одной стороны местная устойчивость откосов при волнобое, а с другой минимальная стоимость строительства. Таким образом, проектирование подходов к мостам представляет собой классическую задачу математической оптимизации при наличии определенного комплекса технических ограничений.

Учитывая, что параметры расчетного волнения с верховой и низовой сторон насыпи в общем случае бывают различными, оптимизировать верховую и низовую части поперечного профиля нужно отдельно. В качестве функции цели

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

целесообразно принимать строительную стоимость 1 п.м. пойменной насыпи *C*. При этом, для верховой или низовой частей поперечного профиля целевая функция будет иметь вид (рис. 17.4):

$$C = WC_{гр} + y_{\min}\sqrt{1+m^2}\,\delta_{щ}C_{щ} + y_{\min}\sqrt{1+m^2}\,\delta_{пл}C_{пл} + \left(\frac{B}{2} + y_{\min}\right)C_{оз} \Rightarrow \min,$$

где

(17.5)

W - площадь верховой или низовой части поперечного профиля пойменной насыпи, м^3/м;

$C_{гр}$ - стоимость разработки 1 м^3 грунта насыпи, руб/м^3/м;

$y_{\min} = h_{пб} + Dz_н + h_{наб} + 0{,}5$ м - рабочая отметка пойменной насыпи, м;

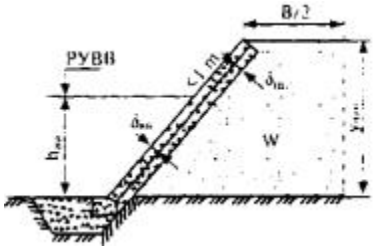


Рис. 17.4. Схема к обоснованию целевой функции при проектировании оптимальных пойменных насыпей

$h_{пб}$ - бытовая глубина на пойме, м;

$Dz_н$ - подпор у насыпи, м;

$h_{наб}$ - высота набега расчетной волны на откос, м;

m - коэффициент заложения откоса;

$d_{щ}$ - толщина подготовки под плитой, м;

$C_{щ}$ - стоимость 1 м^2 подготовки, отнесенная к единице толщины, руб/м^3/м;

$d_{пл}$ - толщина плиты, м;

$C_{пл}$ - стоимость 1 м^2 плиты, отнесенная к единице толщины, руб/м^3/м;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

B - ширина земляного полотна, м;

$C_{оз}$ - стоимость отвода 1 м^2 земли, руб/м^2.

Экстремум (минимум) целевой функции (17.5) отыскивают в рамках следующих технических ограничений:

ограничение по условию обеспечения местной устойчивости откоса пойменной насыпи и плитной конструкции при заданных параметрах волнения (K ³ K_{min}); ограничение наибольшей крутизны откоса (m ³ 2);

ограничение наименьшей толщины подготовки (фильтра) по технологическим условиям ($d_{щ}$ ³ 0,10 м);

ограничение наименьшей толщины плиты по условиям транспортирования ($d_{пл}$ ³ 0,12 м).

Для практического решения сформулированной оптимизационной задачи реализован метод «**покоординатного спуска**». Последовательность поиска оптимальной конструкции пойменной насыпи сводится к следующему:

вычисляют минимальную толщину плиты $d_{пл}$ по формуле (17.4) при минимально допустимом коэффициенте местной устойчивости и минимально допустимых значениях $d_{щ}$ = 0,10 м и m = 2,0. Если в результате расчета получена толщина $d_{пл}$ £ 0,12 м, то приняв $d_{пл}$ = 0,12 м, получим оптимальное решение, поскольку при заданных технических ограничениях коэффициент устойчивости больше минимально необходимого, что соответствует минимуму строительной стоимости;

если, полученная в результате расчета толщина плиты $d_{пл}$ > 0,12 м, то увеличивают коэффициент заложения откоса, начиная с m = 2,0 с шагом Dm_i = 0,25

$$m = m + \sum_{i=1}^{n} \Delta m_i,$$ где

n - число шагов перебора коэффициента заложения,

и для каждого значения m при неизменной толщине подготовки с использованием формулы (17.4) вычисляют минимальную толщину плиты $d_{пл}$, при которой обеспечена местная устойчивость откоса при заданных параметрах волнения;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

для каждого значения m вычисляют целевую функцию (стоимость) по формуле (17.5). Вычисления прекращают как только строительная стоимость C, уменьшающаяся в ходе уположения откоса, вновь начинает возрастать. При этом учитывают снижение высоты насыпи y_{min}, связанное с уменьшением высоты набега волны на откос $h_{наб}$ в результате его уположения. Минимальную стоимость погонного метра пойменной насыпи

C^{I}_{min} запоминают;

при найденном значении m увеличивают толщину гравийной или щебеночной подготовки, начиная с $d_{щ}$ = 0,10 м с шагом D$d_{щ}$ = 0,01 м

$$\delta_{щ} = \delta_{щ} + \sum_{j=1}^{k} \Delta\delta_{щ},$$ где

к - число шагов перебора толщины фильтра,

и для каждого значения толщины $d_{щ}$ вычисляют минимальную толщину плиты, при которой обеспечена местная устойчивость откоса;

для каждого значения толщины $d_{щ}$ вычисляют величину целевой функции (17.5). Вычисления прекращают как только строительная стоимость C, уменьшающаяся в ходе увеличения толщины подготовки, вновь начинает возрастать. Минимальную стоимость

C^{II}_{min} при соответствующей толщине подготовки $d_{щ}$ запоминают;

далее вновь меняют крутизну откоса с шагом Dm_i до получения минимального значения стоимости

C^{III}_{min}. При этом величины Dm_i вводят со знаком (+) при уположении откоса и со знаком (-) при увеличении его крутизны;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

затем вновь меняют толщину фильтра с шагом Dd_{uf} до получения минимального значения строительной стоимости

C_{min}^{IV}. При этом величины Dd_{uf} вводят со знаком (+) при увеличении толщины подготовки и со знаком (-) при ее уменьшении и т.д. до тех пор, пока любое изменение крутизны откоса или толщины подготовки уже будет приводить только к увеличению значения целевой функции (17.5). Найденное таким образом решение при $C = C_{min}$ является оптимальным.

Стратегия поиска конструкции насыпи, характеризуемой устойчивыми к волновым воздействиям откосами с одной стороны и минимальной строительной стоимостью с другой, представлена на рис. 17.5.

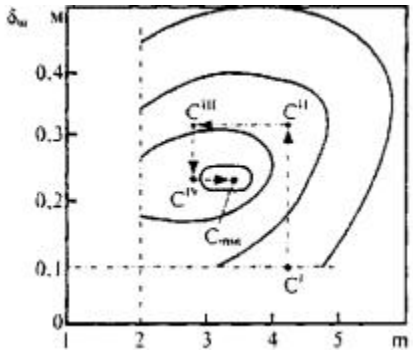


Рис. 17.5. Последовательность поиска оптимальной конструкции пойменной насыпи

17.4. Расчет устойчивости откосов подтопляемых насыпей

Потеря устойчивости откосов высоких подтопляемых пойменных насыпей и глубоких выемок на спусках в долину реки является одним из наиболее распространенных видов деформаций земляного полотна на мостовых переходах. Поэтому проверка устойчивости откосов земляного полотна на подходах к мостам - обычная задача для инженера-дорожника, а выполняемые при этом геотехнические расчеты - обязательная часть обоснования проектов мостовых переходов.

При расчетах устойчивости откосов исходят из следующих возможных схем их обрушения:

если грунт земляного полотна однороден или отдельные его слои мало отличаются по прочностным показателям, смещение оползающего массива происходит по образующейся в грунте криволинейной поверхности скольжения;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

если грунт земляного полотна имеет неоднородные напластования (откосы глубоких выемок на спусках в долину реки), резко различающиеся по прочностным показателям, смещение грунтовых массивов может происходить по фиксированным поверхностями раздела между слоями.

Наиболее опасными и часто встречающимися случаями являются обрушения откосов по криволинейным поверхностям скольжения. Как показывают наблюдения, откосы насыпей обрушаются по поверхностям скольжения, близким по Форме к кругло-цилиндрическим (рис. 17.6).

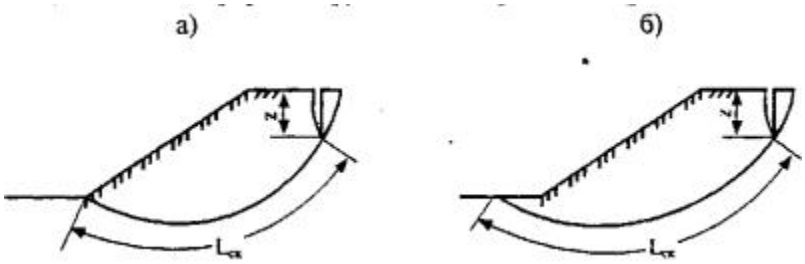


Рис. 17.6. Положения опасных кривых скольжения при различных грунтах основания:
а -устойчивых; б -слабых; $L_{ск}$ - расчетная длина скольжения; z - глубина трещины

Обрушению откоса всегда предшествует появление вертикальной трещины обрушения, параллельной бровке земляного полотна (трещины Терцаги). В зависимости от свойств грунтового основания насыпи возможны два вида обрушения:

при достаточно устойчивых грунтах основания поверхность обрушения обычно проходит через подошву откоса насыпи (см. рис. 17.6, а);

в случае слабого грунтового основания поверхность обрушения может заходить в пределы слабого слоя и распространяться за пределы подошвы откоса насыпи (см. рис. 17.6, б).

Устойчивость откоса насыпи оказывается обеспеченной лишь в том случае, если сумма всех сил. сдвигающих массив обрушения (или их моментов относительно оси вращения), оказывается меньше сил (или их моментов), его удерживающих, т.е. при коэффициенте устойчивости K_p ³ 1. Однако, учитывая некоторую погрешность методов расчета, погрешность исходных данных, неучет фактических условий работы (например, динамические воздействия подвижного состава) и т.д., с инженерной точки зрения, устойчивость откоса считается обеспеченной, если расчетный коэффициент устойчивости (17.6) оказывается равным нормативному $K_н$, или больше его:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$K_y = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_{удi}}{\sum_{i=1}^{n} P_{сдд}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} M_{удi}}{\sum_{i=1}^{n} M_{сдд}} \geq K_н.$$

(17.6)

Нормативный коэффициент устойчивости определяют:

$K_н = K_1K_2K_3K_4K_5K_м$, где

(17.7)

K_1 - коэффициент, учитывающий степень достоверности данных о характеристиках грунтов: K_1 = 1 при большом количестве испытаний образцов; K_1= 1,05 при испытании менее 5 образцов; K_1 = 1,1 при испытании менее 3 образцов;

K_2 - коэффициент, учитывающий категорию дороги: K_2 = 1,03 - для дорог I и II; K_2 = 1 - для дорог - III-V категорий;

K_3 - коэффициент, учитывающий степень ущерба для народного хозяйства в случае аварии сооружения: K_3 = 1,2, если разрушение представляет опасность для движения либо вызывает перерыв движения более чем на 1 сут; K_3 = 1,1, если ожидаемый перерыв движения менее 1 сут; K_3 = 1, если нарушение устойчивости вызывает снижение скоростей движения или нарушает работу водоотводных устройств;

K_4 - коэффициент, учитывающий соответствие расчетной схемы естественным инженерно-геологическим условиям: K_4 = 1,05, если расчет ведется методом попыток; K_4 = 1, если плоскость ослабления грунтового массива ясно выражена и грунт однороден;

K_5 - коэффициент, учитывающий вид грунта и его работу в сооружении: K_5 = 1,03 - для песчаных грунтов; K_5 = 1,05 - для глинистых грунтов;

$K_м$ - коэффициент, учитывающий особенности метода расчета: $K_м$ = 1 при расчетах по Терцаги - Крею и Шахунянцу; $K_м$ = 0,8 - по Маслову - Береру.

Для сухих откосов земляного полотна появление сдвигающих сил обусловлено собственным весом обрушающегося массива и временной нагрузкой от подвижного состава. Для периодически подтопляемых насыпей подходов к мостам возникает дополнительное гидродинамическое давление в результате давления и трения о поверхность грунтовых частиц воды, просачивающейся из

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

водонасыщенной насыпи после падения уровней высоких вод на спаде паводка (рис. 17.7).

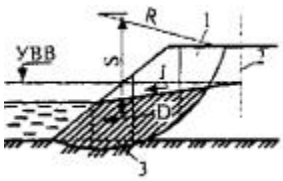


Рис. 17.7. Схема к расчету устойчивости откосов подтопляемой насыпи:
1 - сухой грунт; 2 - ось насыпи; 3 - водонасыщенный грунт;
J - градиент грунтовых вод; D - гидродинамическое давление

Физическая природа сил, удерживающих массив обрушения, заключается в наличии сил внутреннего трения грунта $P\mathrm{tg}j$ и сцепления c. В общем случае земляное полотно может быть представлено многослойной системой, характеризуемой наличием одного или нескольких геологических слоев с различными физико-механическими свойствами (объемный вес, силы внутреннего трения, сцепление), при этом, для водонасыщенной насыпи один и тот же грунт будет обладать разными физико-механическими показателями выше и ниже кривой депрессии. Так, для грунта ниже уровня грунтовых вод объемный вес определяют с учетом сил взвешивания, а сцепление принимают меньшим, чем для грунта сухой части насыпи.

Задача оценки устойчивости откосов земляного полотна сводится к отысканию такого положения центра критической кривой скольжения, при котором коэффициент устойчивости откоса будет наименьшим. Ни один из известных методов расчета устойчивости откосов не дает сразу точного положения центра наиболее опасной кривой скольжения, который может быть найден лишь методом последовательных приближений. При компьютерных расчетах устойчивости вопрос многодельности таких расчетов снимается.

В практике проектирования автомобильных дорог и мостовых переходов наибольшее распространение получил метод оценки устойчивости откосов шведского ученого Феллениуса, согласно которому центры наиболее опасных кривых скольжения располагаются вблизи прямой, проходящей через точки А и В, получаемой построением согласно рис. 17.8 и табл. 17.2.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

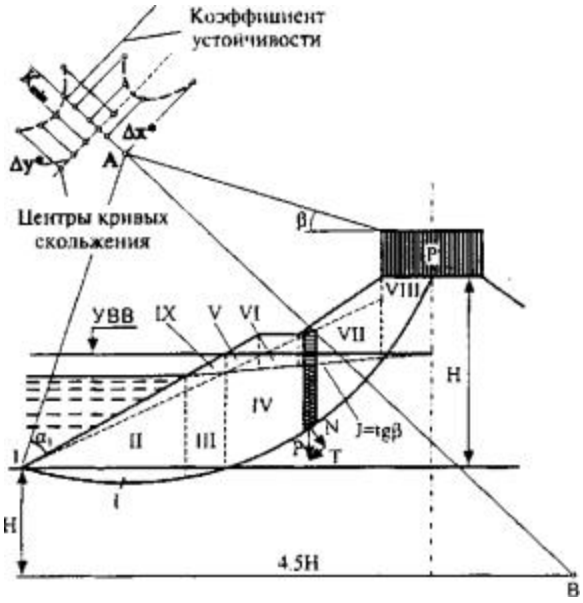


Рис. 17.8. Схема к определению положения центра критической кривой скольжения:
p - распределенная нагрузка; H - высота насыпы; P - вес; N - нормальная сила; T - сдвигающая сила; I-IX - расчетные отсеки

Таблица 17.2.

Параметры прямой Феллениуса

Коэффициент заложения откоса	Угол наклона откоса	Углы, град	
		a	b
1:0,58	60°	29	40
1:1	45°	28	37
1:1,5	33°40'	26	35
1:2	26°34'	25	35

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

1:3	18°26'	25	35
1:4	14°03'	25	36
1:5	11°19'	25	37

Глубину проникания вертикальной трещины определяют по формуле Терцаги:

$$z = \frac{2c \cdot tg\left[45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right]}{\gamma},$$ где

(17.8)

c - расчетное сцепление грунта;

j - угол внутреннего трения;

g - объемный вес грунта.

В первом приближении положение центра кривой скольжения принимают на пересечении прямой Феллениуса с вертикалью, проходящей через подошву откоса. Оползающий массив разбивают на вертикальные отсеки. Обычно бывает достаточно 10-20 отсеков шириной Dx_i, (см. рис. 17.8). По горизонтали проверяемый массив делят на несколько слоев в соответствии с положением границ раздела геологических напластований. Для подтопляемых пойменных насыпей обязательно выделяют сухую и водонасыщенную части насыпи. При этом уровень грунтовых вод по оси насыпи принимают равным расчетному уровню высокой воды ($РУВВ_p$%), а угол наклона кривой депрессии в соответствии с таблицей 17.3.

Таблица 17.3.

Гидравлические градиенты и углы депрессии

Наименование грунта	Гидравлический градиент J	Угол депрессии a

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Крупнообломочный грунт	0,003-0,006	0,0015-0,003
Песчаные грунты	0,006-0,020	0,003-0,010
Супесчаные грунты	0,020-0,050	0,010-0,026
Суглинки	0,050-0,100	0,026-0,053
Глинистые грунты	0,100-0,150	0,053-0,081
Тяжелые глины	0,150-0,200	0,081-0,111
Торфянистые грунты (в зависимости от вида торфа и степени его разложения)	0,020-0,120	0,010-0,064

Следует иметь в виду, что пойменные насыпи, возведенные из практически водонепроницаемых грунтов, рассчитывают как обычные сухие насыпи. С другой стороны, насыпи, возведенные из грунтов с высоким коэффициентом фильтрации (среднезернистые и крупнозернистые пески, гравелистые грунты и т.д.), рассчитывают также без учета сил гидродинамического давления, поскольку уровень грунтовых вод вследствие хорошей фильтрации успевает следовать понижающемуся уровню высокой воды в реке. Однако расчеты устойчивости откосов в этих случаях все-таки рассчитывают с учетом сил взвешивания для подтопленной части грунтового массива.

На каждый *i*-й отсек действует:

удерживающая сила

$$P_{yдi} = \left(\sum_{i=1}^{n} G_{ij}\right) \cos\alpha_i tg\varphi + cl_i;$$

сдвигающая сила

$$P_{сдв} = \left(\sum_{i=1}^{m} G_{ij} \right) \sin \alpha_i,$$ где

G_{ij} - вес j-й призмы грунта в пределах i-го отсека с учетом временной нагрузки, заменяемой эквивалентным слоем грунта;

a_i - средний угол наклона поверхности скольжения в пределах i-го отсека;

j - угол внутреннего трения грунта на поверхности скольжения;

c - сцепление грунта на поверхности скольжения;

l_i - длина дуги скольжения в пределах i-го отсека.

Если рассматривать насыпь единичной длины, то вес j-й призмы i-го отсека можно вычислить:

для сухой части насыпи

$G_{ij} = W_{ij} g$

для водонасыщенной части насыпи

$$G_{ij} = \Omega_{ij} (\gamma_j - 1) \frac{100 - n_j}{100},$$ где

W_{ij} - площадь j -й призмы i-го отсека;

g_j - объемный вес грунта j-го геологического слоя.

Гидродинамическое давление для подтопляемой части насыпей:

$D = W_в g_в J$, где

$W_в$ - площадь массива обрушения ниже уровня грунтовых вод;

J - гидравлический градиент, принимаемый равным тангенсу хорды, стягивающей кривую депрессии, и принимаемый по табл. 17.3.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Таким образом, в общем случае коэффициент устойчивости земляного полотна будет определяться:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left[\left(\sum_{j=1}^{m} G_{ij}\right)\cos\alpha_i tg\varphi + cl_j\right]}{D + \sum_{i=1}^{n}\left[\left(\sum_{j=1}^{m} G_{ij}\right)\sin\alpha_i\right]}.$$

(17.9)

Последовательность детального расчета устойчивости откосов земляного полотна на современном этапе, как правило, выполняемого на компьютерах, сводится к следующему:

согласно рис. 17.7 и табл. 17.2 определяют уравнение прямой Феллениуса, вблизи которой располагаются центры наиболее опасных кривых скольжения;

по формуле (17.8) вычисляют глубину проникания трещины Терцаги (см. рис. 17.6);

исследуемый массив земляного полотна делят на п вертикальных отсеков шириной Dx_i каждый (обычно n = 10-20) и на m слоев в соответствии с положением границ раздела геологических напластований и кривой депрессии (в случае подтопляемой насыпи) (см. рис. 17.8.);

задаются в первом приближении положением центра кривой скольжения на пересечении ординаты, восстановленной из подошвы откоса с прямой Феллениуса. Радиус кривой скольжения определяется значением ординаты полученного центра;

по формуле (17.9) находят значение коэффициента устойчивости откоса K;

с шагом Dx* меняют положение центра влево по прямой Феллениуса и при новом положении центра кривой скольжения по формуле (17.9) вычисляют новое значение коэффициента устойчивости K';

если $K' < K$, то с шагом Dx* ищут на прямой Феллениуса положение центра кривой скольжения с минимальным значением коэффициента устойчивости;

если $K' > K$, то меняют положение центра скольжения с шагом Dx* вправо до тех пор, пока не будет установлено положение центра с минимальным значением коэффициента устойчивости (см. рис. 17.7);

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

далее вновь меняют положение центра кривой скольжения, но уже по нормали к кривой Фелленииуса в найденной ранее точке влево с шагом Dy*, и по формуле (17.9) вычисляют значение коэффициента устойчивости K'';

если $K'' < K'$, то с шагом Dy* влево ищут положение центра кривой с минимальным значением K. Если же $K'' > K'$, то с шагом Dy* ищут положение наиболее опасного центра вправо от прямой Фелленииуса;

найденное таким образом минимальное значение коэффициента устойчивости является расчетным для данного поперечника земляного полотна K_p. Его сравнивают с нормативным $K_н$ по формуле (17.7) и, если оказывается, что $K_p \geq K_н$, то устойчивость откоса земляного полотна обеспечена. Если $K_p < K_н$, необходимо изменить конструкцию земляного полотна с целью повышения устойчивости откоса (уположить откос, предусмотреть устройство берм и т.д.) и вновь изложенным выше способом выполнить проверку устойчивости новой конструкции земляного полотна.

Аналогичным образом выполняют и проверку устойчивости откосов насыпей в случае слабого основания, когда поверхность скольжения может заходить в пределы слабого слоя и распространяться за пределы подошвы откоса насыпи (см. рис. 17.6, б).

17.5. Расчет осадок пойменных насыпей

Насыпи подходов к мостам представляют собой весьма массивные сооружения, под действием веса которых может происходить уплотнение естественного грунта основания, сопровождаемое осадкой всего сооружения. Особенно актуальной эта задача становится при пересечении пойменной насыпью участков заиленных староречий, как правило, на значительную глубину представляемых иловатыми просадочными грунтами. Деформированное очертание поперечного профиля земляного полотна в результате осадки основания необходимо знать для того, чтобы компенсировать осадку соответствующим увеличением объемов земляных работ.

Неравномерные осадки земляного полотна, возникающие в ходе эксплуатации мостовых переходов, являются причиной появления неровностей покрытий, ухудшающих условия безопасного движения автомобилей и приводящих к разрушению дорожных одежд.

Осадку насыпей подходов определяют на заданных вертикалях поперечного профиля как суммарную деформацию столба грунта до практически несжимаемых плотных слоев. Считают, что мощность «**активной зоны**», в пределах которой суммируют деформации грунтовой толщи, необходимо принимать до глубины, на которой напряжения от веса насыпи составляют 0,2 от собственного веса

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

деформируемого грунта для слабо сжимаемых (рис. 17.9) и 0,1 для сильно сжимаемых грунтов ($E_{гр}$ < 5 МПа).

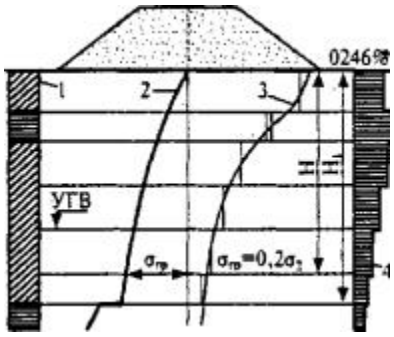
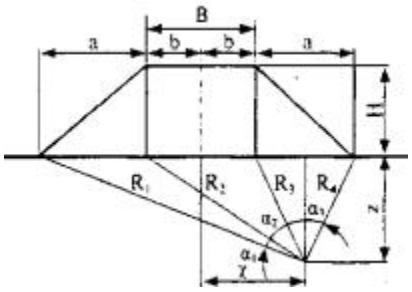


Рис. 17.9. Расчетная схема вычисления осадки от сжатия грунта под насыпью:
1 - геологический разрез; 2 - кривая напряжений от собственного веса грунта; 3 - кривая напряжений от веса насыпи; 4 - эпюра относительного сжатия слоев грунта; H - граница активной зоны для слабосжимаемых грунтов; H_1 - то же для сильносжимаемых грунтов

В общем случае сжимаемый массив грунта может представлять собой многослойную систему, характеризуемую различными физико-механическими свойствами слоев и глубиной их залегания на разных вертикалях поперечного сечения земляного полотна. При определении осадок пойменных насыпей в практике проектирования мостовых переходов наибольшее распространение получил метод послойного суммирования деформаций отдельных слоев в пределах активной зоны сообразно полю напряжений, рассчитанному по формулам теории упругости.

Каждый слой деформируемой толщи при автоматизированном компьютерном проектировании целесообразно делить на значительное количество пластин элементарной толщины, деформации каждой из которых вычисляют в соответствии с действующими в пределах пластины осредненными сжимающими напряжениями. Этот прием позволяет заметно уточнить прогнозы осадок насыпей, отказавшись от традиционного при обычном проектировании осреднении сжимающих напряжений целиком для каждого геологического слоя.



Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Рис. 17.10. Схема к расчету сжимающих напряжений в грунтовой толще под пойменной насыпью:
H - высота насыпи; *z* - ордината

Поле сжимающих напряжений в грунтовой толще под дорожной насыпью определяют по известной формуле теории упругости (рис. 17.10):

$$\sigma_{zz} = \frac{p}{\pi a}\left[a\left(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3\right) + b\left(\alpha_1 + \alpha_3\right) + x\left(\alpha_1 - \alpha_3\right)\right],$$

где

(17.10)

p - давление на грунт в средней части поперечного профиля;

$b = B/2$ - половина ширины земляного полотна;

a - заложение откоса насыпи;

α_1, α_2, α_3 - углы между лучами, проведенными из точки грунтового массива, для которой отыскивается величина сжимающего напряжения, и проекциями характерных точек поперечного профиля на поверхность земли (см. рис. 17.10);

x - расстояние от оси дороги до заданной вертикали.

Для удобства компьютерного описания выражение (17.10) целесообразно представить в декартовых координатах:

$$\sigma_{zz} = \frac{p}{\pi a}\left(aA + bB + xC\right),$$

где

(17.11)

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = arctg\frac{a+b+x}{z} + arctg\frac{a+b-x}{z} = A;$$

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$\alpha_1 + \alpha_3 = A - \left(arctg \frac{b+x}{z} - arctg \frac{x-b}{z} \right) = B;$$

$$\alpha_1 - \alpha_3 = B - 2\left(arctg \frac{a+b-x}{z} + arctg \frac{x-b}{z} \right) = C;$$

z - аппликата.

Напряжения от собственного веса сжимаемого грунтового основания для каждой вертикали поперечного профиля:

$$\sigma_{бz} = \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{l} \gamma_i \Delta h_{ij},$$ где

(17.12)

k - число геологических слоев в пределах активной зоны;

l - число пластин элементарной толщины, на которые делится каждый геологический слой;

g_i - объемный вес грунта *i*-го геологического слоя;

Dh_{ij} - толщина *j*-й пластины *i*-го геологического слоя.

Границу активной зоны определяют глубиной, на которой:

для слабо сжимаемых грунтов

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$\sigma_{xz} = 0{,}2\sigma_{bz};$$

(17.13)

для сильно сжимаемых грунтов

$$\sigma_{xz} = 0{,}1\sigma_{bz};$$

(17.14)

Суммарная осадка основания на заданной вертикали:

$$S_m = \sum_{i=1}^{k} S_i = \sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{l} \Delta h_{ij} \left(\frac{\varepsilon_{ij}^{(p)} - \varepsilon_{ij}^{(x)}}{1 + \varepsilon_{ij}^{(p)}} \right),$$ где

(17.15)

Dh_{ij} - толщина *j*-й пластины *i*-го геологического слоя;

S_i - осадка *i*-го слоя грунта;

$\varepsilon_{ij}^{(p)}$ - значение пористости грунта при бытовом значении давления, осредненным в пределах *j*-й пластины *i*-го геологического слоя;

$\varepsilon_{ij}^{(x)}$ - значение пористости при полном давлении, осредненном в пределах *j*-й пластины *i*-го геологического слоя.

Одной из наиболее трудных задач при определении осадки основания насыпи, состоящей из нескольких слоев грунта с различными физико-механическими

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

свойствами, является моделирование кривых компрессионных зависимостей, полученных в результате лабораторных испытаний образцов грунта с последующей статистической обработкой результатов измерений. Анализ большого числа компрессионных кривых показал, что они обладают следующими свойствами (рис. 17.11):

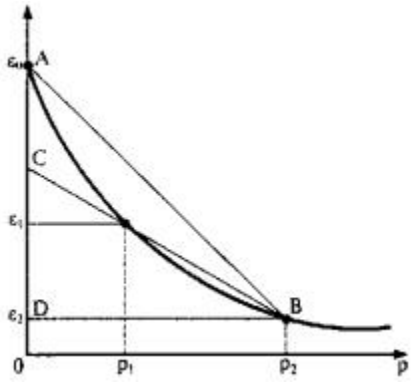


Рис. 17.11. Моделирование компрессионной кривой

компрессионные зависимости представляют собой вогнутую кривую, являющуюся монотонной функцией, не имеющей экстремумов, поскольку пористость с увеличением нагрузки постепенно уменьшается;

с увеличением нагрузки компрессионная кривая становится более пологой, в связи с тем, что темп изменения пористости при деформации грунта, как упруго-пластичного тела, непрерывно уменьшается.

На основе анализа свойств компрессионных кривых Е.Л. Фильштейном предложена аппроксимация последних с использованием функции гиперболического типа:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \frac{p(\varepsilon_0 - \varepsilon_1)}{\frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)(p - p_0)}{(\varepsilon_0 - \varepsilon_2)(p_1 - p_2)} - p},$$ где

(17.16)

e_0 - начальная пористость;

(p_1, e_1), (p_2, e_2) - координаты некоторых точек компрессионной кривой (см. рис. 17.11);

p - давление.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Выбирая точки p_1 и p_2 компрессионной кривой, обычно руководствуются следующими соображениями. Точку p_2 выбирают в конце интервала напряжений данного слоя. Точку p_1 выбирают в месте характерного изгиба компрессионной кривой, лежащей между точками p_0 и p_2. Соответственно выбранным p_1 и p_2 с компрессионной кривой снимают значения e_1 и e_2. Значение e_0 всегда соответствует значению $p_0 = 0$.

В случае отсутствия данных лабораторных испытаний, необходимых для построения натурной компрессионной кривой, последняя ориентировочно может быть представлена уравнением проф. Н.Н. Иванова:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 - \frac{2,3}{B} \lg p,$$ где

(17.17)

e_0- начальная пористость;

B - безразмерный коэффициент, характеризующий сжимаемость грунта и не зависящий от нагрузки.

Значения e_0 и B при отсутствии данных лабораторных испытаний образцов грунта могут быть определены по таблице 17.4.

Таблица 17.4.

Значения e_0 и B

Грунты	e_0	B
Крупнозернистые и среднезернистые пески и супеси	0,4	до 100
Мелкозернистые пески и супеси	0,4-0,5	25-75
Пылеватые грунты	0,5-0,65	10-25

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Суглинистые грунты средней плотности, глинистые грунты	0,65	10-15
Супеси и суглинки с содержанием пыли более 50 %;		
сильно сжимаемые суглинки и глины с прослойками песка	0,7-0,85	5-10
Торфы при разложении:		
10 %	3,0-4,0	8,5-10
10-25 %	2,5-3,0	8-9
25-40 %	1,5-2,5	6-8
40 % и более	0,75-1,5	4-6
Супесь, торфяной ил	0,25-1,5	2-4

Последовательность детального расчета осадки основания насыпи сводится к следующему:

используя уравнение (17.11), определяют сжимающие напряжения от веса насыпи на вертикали, совпадающей с осью насыпи для середины каждой *j*-ой пластины грунта для каждого *i*-го слоя;

вычисляют напряжения от собственного веса грунта основания по формуле (17.12);

устанавливают глубину активной зоны по условию (17.13) или (17.14);

для исследуемой вертикали, находящейся на расстоянии x от оси насыпи, по уравнению (17.11) вычисляют напряжения для середины каждой *j*-й пластины грунта для каждого *i*-го слоя в пределах активной зоны;

полагая

$p = \sigma_{zij}^{(н)}$ и

$p = \sigma_{zij}^{(б)}$ ($s^{(н)}$ - давление от веса насыпи; $s^{(б)}$ - бытовое давление от веса вышележащей грунтовой толщи) по уравнению (17.16) или (17.17) в зависимости от обоснованности компрессионных кривых для середины каждой *j*-й пластины грунта и каждого *i*-го слоя вычисляют значения пористости при бытовом давлении

$\varepsilon_{ij}^{(б)} = f\left(\sigma_{zij}^{(б)}\right)$ и значение пористости при полном давлении

$\varepsilon_{ij}^{(k)} = f\left(\sigma_{zij}^{(б)} + \sigma_{zij}^{(н)}\right)$

по формуле (17.15) определяют полную осадку насыпи для ординаты, расположенной на расстоянии x от оси насыпи;

далее переходят к расчету осадки основания насыпи для следующей вертикали поперечника и т.д.

Исходные данные, вводимые в память компьютера для расчета осадки основания насыпи, разделяют на две группы:

данные, характеризующие очертание поперечного профиля земляного полотна и положение вертикалей, для которых требуется определить значение полной осадки насыпи;

данные, характеризующие положение слоев сжимаемого грунта основания насыпи (глубина от дневной поверхности до нижней границы слоя), число пластин грунта, на которые делится каждый геологический слой и физико-механические свойства грунта, составляющего каждый слой.

В результате расчета получают чертежи поперечного сечения насыпей до и после осадки, а также распечатку полных осадок насыпи на заданных вертикалях поперечного профиля.

Изложенный алгоритм легко может быть развит для случая расчета осадки оснований насыпей на косогорах с учетом наклона геологических напластований, а также с учетом бокового расширения сжимаемого грунта.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

17.6. Расчет скорости осадки насыпей на слабых основаниях

При проектировании пойменных насыпей на слабых основаниях в ряде случаев еще недостаточно знать полную осадку земляного полотна, необходимы также сведения о времени консолидации слабого основания. Действительно, при разработке проекта организации строительства нужно иметь точное представление о том периоде после строительства земляного полотна подходов, спустя который можно устраивать дорожную одежду, не опасаясь ее просадок и разрушения. Время осадки насыпей в результате сжатия слабого основания во многих случаях оказывается столь значительным, что мостовой переход может быть построен в расчетные сроки лишь в результате реализации специальных инженерных мероприятий по ускорению осадки слабого основания.

При сжатии водонасыщенных грунтов под действием веса насыпи происходит процесс выжимания воды из пор сжимаемого грунта. При этом сжимающим напряжениям противостоят: гидродинамическое сопротивление выжимаемой воды, сопротивления деформаций пленочной влаги, обусловленные перемещением самих грунтовых частиц. Эти процессы развиваются весьма медленно, и поэтому темп сжатия водонасыщенного грунта определяется соотношением между скоростью деформации скелета грунта и скоростью выжимания грунтовой воды. В начальный период приложения внешней нагрузки сжимающее напряжение воспринимается главным образом практически несжимаемой грунтовой водой, и процесс деформации слабого основания определяется исключительно скоростью выжимания грунтовой воды. На последующих, и особенно в конечной стадии уплотнения определяющей становится скорость деформации скелета грунта.

Процесс деформации во времени водонасыщенного слабого грунтового основания может быть описан дифференциальным уравнением Терцаги - Герсеванова:

$$\frac{(1+\varepsilon_{cp})k_{cp}}{\gamma_в}+\frac{\partial^2 p}{\partial z^2}=\alpha\frac{\partial p}{\partial t},$$ где

(17.18)

e_{cp} - средний коэффициент пористости сжимаемого грунта в интервале изменения давления;

k_{cp} - средний коэффициент фильтрации, см/с;

$g_в$ - объемный вес воды;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

p - передающееся на скелет грунта в момент времени *t* давление от внешней нагрузки;

a - коэффициент уплотнения, 1/МПа;

z - аппликата.

В результате интегрирования дифференциального уравнения (17.18) можно получить выражение для вычисления дополнительных напряжений от внешней нагрузки в грунтовом скелете через время t после ее приложения:

$$\sigma_{zst} = p_z \left[1 - \frac{4}{\pi} \sin \frac{\pi z}{\Delta h_{ij}} e^{-N} \right],$$ где

(17.19)

σ_{zst} - дополнительное напряжение в грунтовом скелете на глубине *z* через время *t* с момента приложения нагрузки;

p_z - давление на глубине *z* от внешней нагрузки, определяемой по формуле (17.10), полагая $p_z = s_{nz}$, т.е. после полной осадки слабого основания, когда давление от внешней нагрузки полностью воспринимается напряжениями грунтового скелета;

Dh_{ij} - толщина *j*-й пластины грунта *i*-го слоя при выжимании воды в двух направлениях;

$$N = \frac{\pi^2 k \left(1 + \varepsilon_{ijt}\right) \sum_{n=1}^{N} \Delta t_n}{\Delta h_{ij}^2 \alpha_{ijt} \gamma_e},$$ где

(17.20)

k - коэффициент фильтрации сжимаемого слоя грунта;

e_{ijt} - коэффициент пористости грунта j-й пластины i-го геологического слоя через время

$t = \sum_{n=1}^{N} \Delta t_n$ с момента приложения нагрузки;

a_{ijt} - коэффициент уплотнения.

Значение коэффициента уплотнения a, представляющего собой тангенс угла наклона касательной в соответствующей точке компрессионной кривой, может быть получено путем дифференцирования уравнения компрессионной кривой (17.16) для случая наличия данных испытаний образцов:

$$\alpha = \frac{d\varepsilon}{dp} = \frac{(\varepsilon_2 - \varepsilon_0)(\varepsilon_1 - \varepsilon_0)(p_1 - p_2)}{p_1 p_2 (\varepsilon_1 - \varepsilon_2)\left[\frac{(\varepsilon_2 - \varepsilon_0)(p_1 - p_2)}{p_1 p_2 (\varepsilon_1 - \varepsilon_2)} p - \frac{p}{p_1} + 1\right]^2},$$

(17.21)

и уравнения компрессионной кривой для случая отсутствия данных лабораторных испытаний образцов:

$$\alpha = \frac{d\varepsilon}{dp} = -\frac{1}{Bp}.$$

(17.22)

Учитывая, что величины e_{ijt} и a_{ijt}, входящие в выражение (17.20), зависят от напряжения s_{zt}, значения последнего находят методом последовательных приближений.

Осадка насыпи спустя время

$t = \sum_{n=1}^{N} \Delta t_n$ после приложения нагрузки:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$S_i = \sum_{i=1}^{k} S_i \sum_{j=1}^{l} = \frac{\alpha_{ijt}\sigma_{zt}}{1+\varepsilon_{ijt}} \Delta h_{ij}$$

Полная осадка после прекращения процесса выжимания воды из пор грунта составит:

$$S_\infty = \sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{l} \frac{\alpha_{ij}\sigma_z}{1+\varepsilon_{ij}},$$ где

(17.23)

$e_z = p_z$ - напряжения, определяемые по формуле (17.11).

Учитывая, что процесс консолидации слабого основания носит во времени асимптотический характер, осадка $S¥$ теоретически будет достигнута через t = ¥. Очевидно, что для практических расчетов следует ограничиться меньшим значением осадки, при котором дальнейшие деформации уже не будут опасны для данного типа дорожной одежды

$S_T = dS¥$.

(17.24)

При этом считают, что усовершенствованные покрытия можно устраивать при d = 0,9, а покрытия переходного и низшего типов при d = 0,75.

Последовательность детального расчета времени осадки слабого основания сводится к следующему:

используя уравнение (17.11), определяют сжимающие напряжения от веса насыпи $s_{нz}$ на рассчитываемой вертикали для середины каждой j-й пластины в пределах каждого i-го геологического слоя;

вычисляют напряжения от собственного веса грунтового основания по формуле (17.12) с учетом сил взвешивания;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

по формуле (17.23) определяют полную осадку после прекращения выжимания воды из пор грунта и затем в зависимости от типа покрытия устанавливают расчетную осадку по формуле (17.24);

полагают

$\sum_{n=1}^{N} \Delta t_n = \Delta t$, (где D$t$ - шаг интегрирования, принимаемый обычно равным 1 мес.);

полагая в первом приближении значение p_{ij} средним между $s_{нz}$ и ($s_{нz}$ + $s_{бz}$) по формулам (17.16) и (17.21) или (17.22) вычисляют значения e_{ijt} и a_{ijt};

далее по формулам (17.20) и (17.19) вычисляют значения дополнительных напряжений в грунтовом скелете s_{zt} и при p_{ij} = s_{zt} + $s_{бz}$ вновь вычисляют значения e_{ijt}, a_{ijt} и s_{zt} т.д., пока в результате последовательных приближений не будет окончательно установлено значение s_{zt} для каждой j-й пластины, каждого i-го слоя на момент времени $\sum_{n=1}^{N} \Delta t_n = \Delta t$;

по известному s_{zt} определяют значение полной осадки S_t на момент времени

$\sum_{n=1}^{N} \Delta t_n = \Delta t$ по формуле (17.23) и сравнивают S_t с S_T;

если $S_t < S_T$, то задаются значением

$\sum_{n=1}^{N} \Delta t_n = 2\Delta t$ и вновь выполняют все расчеты до тех пор, пока не получат $S_t \geq S_T$. Вычисленное значение для этого момента и

$t = \sum_{n=1}^{N} \Delta t_n$ является расчетным временем консолидации слабого основания.

Изложенный детальный расчет осадки насыпи, позволяющий рассматривать время консолидации слабого основания на любой вертикали насыпи как при однородном, так и слоистом строении слабого основания, весьма многоделен и может быть реализован только в результате компьютерной обработки исходных данных. При этом обеспечивается достаточно высокая надежность инженерных прогнозов по сравнению с упрощенными традиционными схемами.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В тех случаях, когда в результате расчета время осадки насыпи оказывается недопустимо большим и строительство подходов к мосту в установленные сроки становится невозможным, предусматривают мероприятия по ускорению осадки насыпи одним из следующих способов (рис. 17.12):

частичным (или полным) удалением грунта слабого основания (т.е. уменьшение толщины сжимаемого грунта);

осушением водонасыщенного грунта слабого основания устройством продольных дрен;



Рис. 17.12. Инженерные способы ускорения осадки насыпей на слабых основаниях: а - частичное удаление слабого грунта; б - устройство продольных дрен; в - отсыпка насыпи высотой более проектной; г - устройство вертикальных песчаных свай-дрен

применением способа «перегрузки» путем отсыпки более высокой, чем требуется по проекту, но более узкой насыпи;

устройством вертикальных песчаных дрен в виде буровых скважин, засыпанных крупнозернистым песком или гравием.

Оценка времени консолидации слабого основания пойменных насыпей при различных толщинах сжимаемого слоя грунта может быть выполнена с использованием изложенного выше расчета.

Осушение слабого водонасыщенного основания путем устройства продольных дренажей является весьма эффективным (хотя и дорогостоящим) способом ускорения осадки насыпи. Осушенное грунтовое основание дает осадку под весом насыпи настолько быстро, что обычно расчетная проверка времени консолидации слабого основания не требуется.

Эффективность применения способа «**перегрузки**» также может быть оценена с использованием изложенного выше детального расчета. При этом, как показывает опыт Строительства (Бабков В.Ф. Устойчивость земляного полотна автомобильных дорог. - М.: Высшая школа, 1966. - 108 с), перегрузка всего на 10 % сокращает время консолидации в 1,3 раза, а перегрузка на 25 % в 2 раза и т.д.

Одним из наиболее эффективных инженерных приемов ускорения осадки слабого основания является получивший широкое распространение в последние

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

годы способ устройства вертикальных песчаных свай-дрен, располагаемых по площади основания насыпи через 1,5-3 м в шахматном порядке или по квадратам. Как показывает опыт, применение вертикальных песчаных дрен ускоряет осадку насыпей в 20-30 раз, что достигается за счет сокращения пути фильтрации выжимаемой воды.

В насыпях на торфяном основании применение вертикальных песчаных дрен приводит к сильному уменьшению времени консолидации не только в результате сокращения пути фильтрации, но и благодаря существенно большему (в 30-35 раз) значению коэффициента фильтрации в горизонтальном направлении по сравнению с вертикальным. Для илистых грунтов коэффициенты фильтрации в горизонтальном и вертикальном направлениях обычно принимают одинаковыми.

Оценку ускорения осадки насыпи при различных вариантах устройства вертикальных песчаных дрен можно выполнить на основе решения осесимметричной задачи теории консолидации (Маслов Н.Н. Механика грунтов в практике строительства. - М.: Стройиздат, 1977. - 320 с).

В настоящее время при геотехнических расчетах земляного полотна автомобильных дорог и мостовых переходов начинают находить универсальные методы, основанные на использовании математического аппарата МКЭ (метода «конечных элементов»).

17.7. Задачи и принципы регулирования рек у мостовых переходов

Русловые деформации, развивающиеся на мостовых переходах, могут приводить к повреждению основных сооружений мостовых переходов транспортного назначения (мостов и подходов). Чтобы русловые деформации были безопасными для мостового перехода, в комплекс его сооружений включают и систему **регуляционных сооружений**, конструкции которых, а также форма и размеры в плане определяются конкретными задачами регулирования.

На мостовых переходах принято различать следующие виды регуляционных сооружений:

криволинейные струенаправляющие дамбы;

прямолинейные струенаправляющие дамбы;

капитальные валы, стесняющие русловую зону блуждающих рек;

поперечные струеотбойные траверсы;

укрепления берегов русел рек;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

срезки подмостовых русел;

спрямления русел рек.

Пойменные криволинейные струенаправляющие дамбы могут быть шпоровидной (рис. 17.13, а) или грушевидной (рис. 17.13, б) форм.

Наиболее экономичны по строительной стоимости, как правило, шпоровидные дамбы. Грушевидные дамбы обычно устраивают при косом пересечении водотока, когда ожидаются значительные скорости течения вдоль насыпи по направлению к мосту.

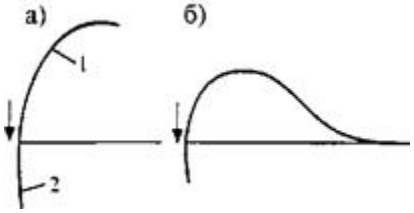


Рис. 17.13. Схемы криволинейных пойменных струенаправляющих дамб:
а - шпоровидной; б - грушевидной; 1 - верховой; 2 - низовой

Криволинейные струенаправляющие дамбы предназначены для плавного подвода пойменных потоков к мостовому отверстию, для обеспечения равномерного распределения расхода по ширине подмостового сечения, а также для ликвидации опасных размывов у конусов насыпей (рис. 17.14, а).

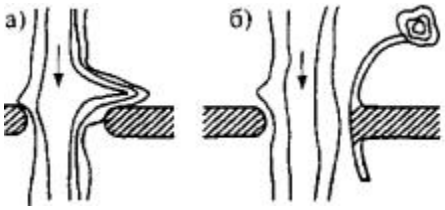


Рис. 17.14. Схемы размыва конусов насыпей подходов:
а - без струенаправляющей дамбы; б - при наличии струенаправляющей дамбы

Строительство струенаправляющих дамб не исключает появление размывов (рис. 17.14, б), но предопределяет их появление на некотором удалении от конусов и береговых устоев мостов. Повреждения голов струенаправляющих дамб, связанные с неизбежно развивающимися местными размывами у их голов, сравнительно легко устраняются в междупаводочный период без перерывов движения транспортных потоков на мостовом переходе.

Проектные высоты бровок криволинейных струенаправляющих дамб назначают такими, при которых не будет переливов в период прохождения самых высоких

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

паводков. Размеры в плане струенаправляющих дамб определяют из условия недопущения отрыва струй при их обтекании сливающимися с пойм потоками. Минимальная проектная высота струенаправляющей дамбы определяется:

$РУВВ_{р\%} + Dz_м + h_{наб} + D$, где

$РУВВ_{р\%}$ - расчетный уровень высокой воды;

$Dz_м$ - подмостовой подпор, определяемый наиболее точно детальным компьютерным расчетом по программе «Рома» или по упрощенной формуле (16.20);

$h_{наб}$ - высота набега волны на откос, вычисляемая по формуле (17.3);

D = 0,25 м - конструктивный запас для вспомогательных сооружений нетранспортного назначения.

На мостовых переходах через реки с большими уклонами верховые и низовые струенаправляющие дамбы нередко устраивают на разных проектных высотах. При этом продольный профиль земляного полотна струенаправляющих дамб проектируют в соответствии с фактическим очертанием свободной поверхности потока с речной и пойменной сторон струенаправляющей дамбы (рис. 17.15).

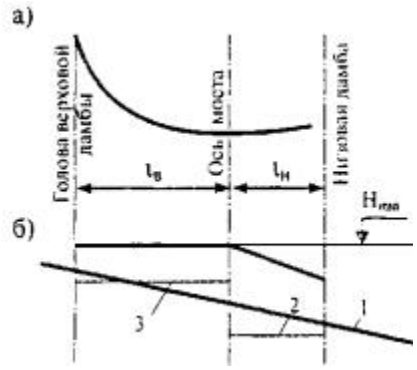


Рис. 17.15. Схема струенаправляющей дамбы:
а - план; б - продольный профиль; 1 - свободная поверхность потока со стороны речного откоса дамб; 2 - свободная поверхность пойменного потока за низовой дамбой; 3 - тоже за верховой

Криволинейные струенаправляющие дамбы располагают в плане по кривым переменного радиуса, с изменением последнего от некоторой минимальной величины у головы дамбы до наибольшего значения по оси моста, сообразно росту скоростей течения вдоль ее откоса. Кривизна дамбы не должна превышать тех величин, при которых уже не будет обеспечено ее безотрывное обтекание.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Методика расчета очертаний криволинейных струенаправляющих дамб в плане и их генеральных размеров разработана проф. О.В. Андреевым в 1936-1939 гг. Система параметрических уравнений криволинейной верховой струенаправляющей дамбы при размещении начала координат в ее голове имеет вид:

$X = -R \ln \sin a$; $Y = R\,(0{,}5p - a)$; $S = -R \ln \operatorname{tg} 0{,}5a$, где

R - радиус в голове дамбы;

X, Y - текущие координаты;

S - длина по оси сооружения от головы к мосту до соответствующей точки;

а - угол наклона касательной к оси абсцисс.

Для удобства разбивки начало координат переносят в точку примыкания дамбы к мосту, а длину криволинейной части дамбы с радиусами переменной кривизны ограничивают условием $a_{min} = 5°$. Примыкание дамбы к мосту осуществляют по круговой кривой (рис. 17.16).

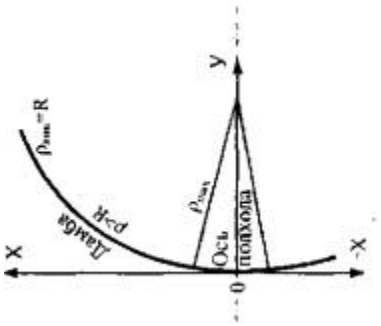


Рис. 17.16. Схема примыкания криволинейной струенаправляющей дамбы к мосту

Для предохранения берегового устоя моста от подмыва, кроме верховых, устраивают также еще и низовые прямолинейные струенаправляющие дамбы, расходящиеся в виде раструба под углом 5 - 6° к оси потока. Примыкание низовой дамбы осуществляют также как и верховой по круговой кривой. Длину низовой струенаправляющей дамбы обычно назначают не менее половины длины верховой.

Размеры в плане криволинейных струенаправляющих дамб принимают тем большими, чем больше размеры водотока и чем больше стеснен паводковый поток подходами к мосту. Определять точные генеральные размеры криволинейных струенаправляющих дамб нет необходимости, так как они обычно корректируются конкретными ситуационными особенностями местности в месте мостового перехода. Голову криволинейных струенаправляющих дамб, у которых

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

развиваются наибольшие местные размывы, стремятся размещать на возвышенных местах пойм.

Координаты струенаправляющих дамб определяют по таблице 17.5 умножением соответствующих табличных значений на величину радиуса

$R = l_в$:3.

Таблица 17.5.

Координаты криволинейной струенаправляющей дамбы

№ точки	$\frac{S}{R}$	$\frac{X}{R}$	$\frac{Y}{R}$	№ точки	$\frac{S}{R}$	$\frac{X}{R}$	$\frac{Y}{R}$
	Верховая дамба				Низовая дамба		
1	0,0	2,321	1,435	17	3,2	-0,192	0,005
2	0,2	2,300	1,237	18	3,4	-0,393	0,020
3	0,4	2,243	1,035	19	3,6	-0,592	0,041
4	0,6	2,151	0,870	20	3,8	-0,791	0,062
5	0,8	2,027	0,710	21	4,0	-0,990	0,082
6	1,0	1,886	0,570	22	4,2	-1,189	0,103
7	1,2	1,732	0,453				
8	1,4	1,556	0,348				

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

9	1,6	1,375	0,254				
10	1,8	1,186	0,193				
11	2,0	1,000	0,134				
12	2,2	0,805	0,087				
13	2,4	0,610	0,050				
14	2,6	0,410	0,023				
15	2,8	0,210	0,006				
16	3,0	0	0				

Ориентировочную суммарную длину верховых струенаправляющих дамб (левобережной и правобережной) определяют в зависимости от степени стеснения потока b и размеров максимального уширенного русла под мостом $B_{рм}$ или, что то же самое, от минимальных размеров отверстия моста $L_{\min}$, определяемых по формуле (16.5). Отношение

$\frac{l_в}{L_{\min}}$ определяют по:

b.....	1-1,2	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5

$\frac{l_в}{L_{\min}}$	0	0,15	0,3	0,45	0,6	0,75

На мостовых переходах с двумя поймами значение $l_в$ представляет собой суммарную длину верховых левобережной и правобережной дамб и распределяется

между соответствующими сооружениями пропорционально сливу пойменных вод с каждой из них (рис. 17.17, а).

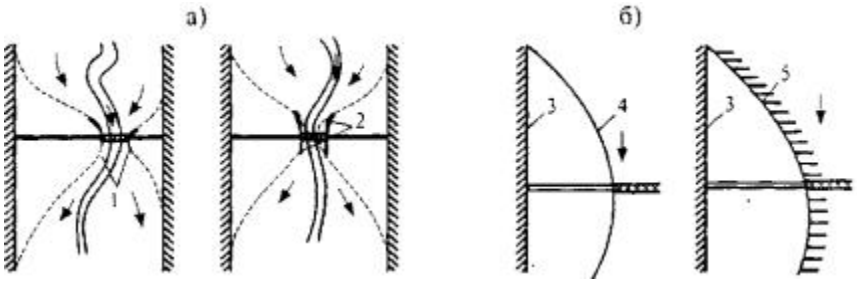


Рис. 17.17. Виды регуляционных сооружений на реках:
а - равнинных; б - блуждающих; 1 - криволинейные струенаправляющие дамбы; 2 - прямолинейные струенаправляющие дамбы; 3 - граница русловой зоны; 4 - капитальный обтекаемый вал; 5 - вал с системой струеотбойных траверсов

Прямолинейные струенаправляющие дамбы предназначены для отжима пойменных потоков от береговых устоев мостов, для облегчения работы пойменных участков мостовых отверстий, а также для смещения опасных размывов вверх по течению. Прямолинейные струенаправляющие дамбы возводят достаточно длинными; они оправдывают свое назначение при достаточном сливе пойменных вод из-за головы дамбы. Длину верховых прямолинейных струенаправляющих дамб принимают не менее половины ширины подмостового русла с учетом его искусственного уширения (срезки), а длину низовых дамб принимают равной половине длины верховых.

Регуляционные сооружения на блуждающих реках (рис. 17.17, б) представляют собой укрепленные **капитальные валы**, постепенно уменьшающие ширину блуждающего русла. В отличие от струенаправляющих дамб на равнинных реках (см. рис. 17.17, а) капитальные валы на блуждающих предназначены не только для плавного подвода воды к подмостовому сечению, но и руслоформирующих наносов. Поэтому длина фронта регулирования на блуждающих реках существенно больше, чем на равнинных, и достигает двух-четырех величин отверстия моста. Капитальные валы защищаются от размыва соответствующими укреплениями откосов и подошв: гибкими покрытиями, опускающимися в яму размыва по мере ее развития или системой хорошо укрепленных струеотбойных сооружений (см. рис. 17.17, б). Очертания в плане регуляционных валов принимают плавным с выпуклостью в сторону потока и малым углом схода валов непосредственно перед мостом. Иногда перед мостом сооружают коридор из параллельных валов длиной, примерно равной отверстию моста, для того, чтобы отодвинуть вверх от моста опасные для его опор размывы и замедлить темп их развития.

Для защиты регуляционных капитальных валов, а также берегов русел рек от размыва нередко сооружают **поперечные струеотбойные траверсы**. Расстояние

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

между поперечными сооружениями назначают исходя из того, чтобы между ними образовался защищенный участок откоса. При этом расстояние между траверсами принимают равным не более $6l_T \sin a$ (где l_T - длина траверса, а - угол наклона между осью сооружения и направлением потока). В тех случаях, когда ожидается косое набегание потока на откос, рекомендуется устраивать Г-образные траверсы. Длину части траверса, параллельной откосу или защищаемому берегу, назначают не более половины длины траверса. В плане траверсы наклоняют по направлению течения потока на 15-20° (рис. 17.18).

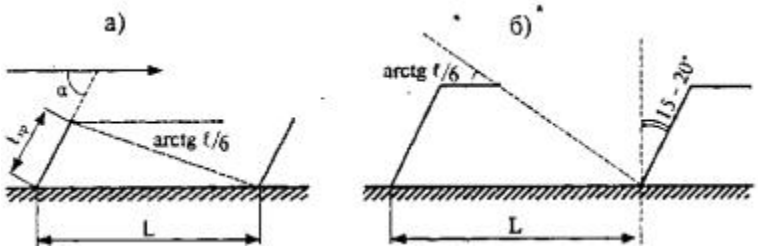


Рис. 17.18. Схема расположения струеотбойных траверсов:
а - при течениях, параллельных укрепляемому откосу; б - при косом набегании потока; *L* - расстояние между струеотбойными траверсами

Размеры и конфигурация струенаправляющих дамб и капитальных ограждающих валов входят в состав исходной информации для компьютерного комплексного расчета мостовых переходов с использованием программ **«Рур»** и **«Рома»**.

Для защиты берегов рек от размыва используют **плоские капитальные укрепления**, располагаемые на спланированных береговых откосах и опускающиеся в яму размыва при развитии русловых деформаций. Берег, размываемый на длине *l*, укрепляют по всей этой длине и еще вверх на величину $0{,}125l$ и вниз на $0{,}25l$. Плоские укрепления обычно работают лучше поперечных струеотбойных сооружений.

Устройство **искусственных уширений русел (срезок)** на мостовых переходах - одно из эффективнейших регуляторов общего размыва, позволяющих при сравнительно небольших затратах обеспечивать существенно меньшую глубину фундирования опор мостов. Размеры искусственных уширений русел, не заносимых в течение десятилетий, определяют компьютерным расчетом по программе **«Рур»** (см. главу 32) или упрощенно (см. главу 16).

На мостовых переходах через меандрирующие реки нередко приходится прибегать к спрямлению русел, особенно при пересечении осью перехода крутой излучины (рис. 17.19).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

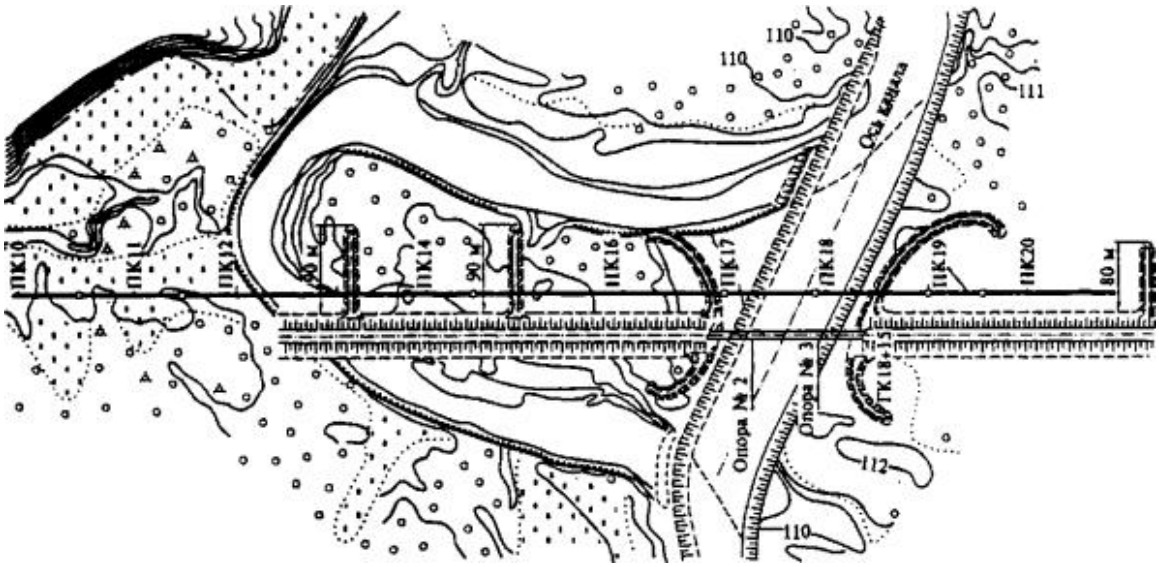


Рис. 17.19. Пример спрямления русла на мостовом переходе через р. Лидь

Необходимость спрямления русел рек наиболее часто возникает: при строительстве мостов на спрямлениях с целью улучшения гидравлической структуры потока в подмостовом отверстии (рис. 17.20, а); во избежание скорого подхода к насыпи смежных излучин, что может случиться при размещении моста на крутом повороте русла (рис. 17.20, б); по условиям удобства организации строительства, когда мост строится на сухом месте и лишь после его возведения под ним устраивают спрямляющий канал; на действующих мостовых переходах с целью улучшения их работы.

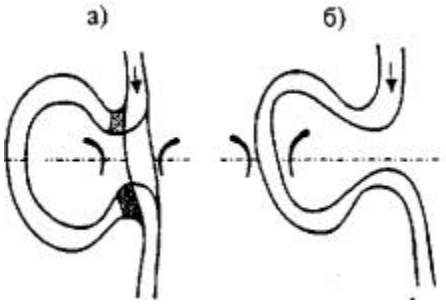


Рис. 17.20. Схема размещения моста на спрямляющем канале (а) и на вершине излучины реки (б)

Русла спрямляют не только под мостами, но и нередко на прилегающих участках реки. При устройстве спрямлений на коротком участке русла обычно резко возрастают уклоны руслового потока и, следовательно, русловые скорости течения, что приводит к интенсивным глубинным и плановым деформациям искусственного канала, что нужно учитывать, принимая генеральные размеры отверстий моста на спрямлениях. Устройство спрямлений русел на мостовых

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

переходах через судоходные реки, как правило, нецелесообразно, поскольку оно может резко ухудшить условия плавания судов.

Размеры спрямлений русел определяют расчетом, исходя из условия их наименьшей деформируемости, что определяется обеспечением пропуска бытовых расходов воды и наносов. Способ расчета спрямлений русел разработан проф. О.В. Андреевым, согласно которому характеристики спрямляющего канала определяются:

$$B_c = B_{рб}\left(\frac{I_c}{I_б}\right)^2; h_c = h_{рб}\left(\frac{I_б}{I_c}\right)^{3/2}; V_c = V_{рб}\left(\frac{I_б}{I_c}\right)^{1/2},$$

где

$B_{рб}$, $h_{рб}$, $V_{рб}$ - бытовые характеристики русла при руслоформирующем паводке: ширина, глубина и средняя скорость течения;

B_c, h_c, V_c - характеристики спрямляющего канала;

$I_б$, I_c - уклоны свободной поверхности потока до и после спрямления.

17.8. Конструкции регуляционных сооружений на мостовых переходах

Учитывая высокую стоимость автомобильных дорог и, тем более мостовых переходов, при проектировании всегда следует уделять особое внимание использованию местных дорожно-строительных материалов с целью максимально возможного снижения сметной стоимости строительства этих объектов. Только в случае отсутствия на месте необходимых материалов или недостаточной их прочности применяют более дорогие привозные или искусственно приготовляемые материалы. Наиболее часто имеется возможность использования таких местных материалов как грунт, дерн и камень. Эти материалы имеют определенную сферу своего применения, поэтому при строительстве мостовых переходов материалы привозные используют почти всегда.

Местные грунты, пригодные по своим физико-механическим свойствам для возведения сооружений мостовых переходов (насыпей подходов, струенаправляющих дамб, траверсов, строительных площадок и т.д.), являются одним из основных видов строительных материалов, всегда используемых в значительных объемах при строительстве. В качестве источников снабжения строительства местными грунтами используют следующие:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

грунты из выемок автомобильных дорог на спусках с коренных берегов долины на поймы. Эти грунты обычно используют для возведения пойменных насыпей подходов к мостам;

грунты срезок пойменных берегов (искусственных уширений русел) наиболее часто используют для возведения струенаправляющих дамб и участков пойменных насыпей на ближайших подходах к мостам;

грунты искусственных спрямлений русел;

Грунты из близлежащих к месту перехода сосредоточенных грунтовых резервов и карьеров, располагаемых за пределами пойм реки. Эти грунты доставляют к месту строительства, как правило, автовозкой;

грунты из пойменных карьеров, размещаемых вблизи от строящихся мостовых переходов. Такие карьеры не допускается размещать с верховой стороны насыпей подходов;

грунты из русловых карьеров нередко используют при возведении земляных сооружений мостовых переходов средствами гидромеханизации. Этот высокоэффективный способ строительства является привлекательным особенно при больших потребных объемах грунта. Однако этот вид карьеров является опасным для нижележащих инженерных сооружений на реках (мостов, переходов коммуникаций, водозаборов и т.д.), поэтому для русловых карьеров, обычно размещаемых ниже по течению от строящихся мостов, обязательно выполняют прогнозы их ожидаемого вредного воздействия на другие речные сооружения и объекты.

Грунтовые сооружения мостовых переходов требуют обязательного укрепления их откосов от вредного воздействия водного потока в паводки. Для этих целей можно использовать дерн или камень, которые, несмотря на их относительно невысокую стоимость, характеризуются низкой степенью механизации строительных работ.

Дерн используют для укрепления нагорных канав, притрассовых кюветов и резервов, а также не подверженных волнобою, ледовым воздействиям и продольным течениям откосов. Дерн чаще всего используют для укрепления низовых откосов подходов к мостам, пойменных откосов струенаправляющих дамб и низовых откосов траверсов.

Каменные наброски, поддающиеся частичной механизации строительных работ, нередко используют для укрепления откосов насыпей подходов, струенаправляющих дамб, траверсов и подтопляемых строительных площадок и обязательно используют для укрепления их подошв в виде каменных рисберм, рассыпающихся и защищающих откосы в ходе размывов.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В качестве привозных материалов используют: камень (при отсутствии местного), цементобетон, асфальтобетон, сборные железобетонные плиты и другие железобетонные элементы, изготавливаемые на заводах индустриальным способом, геотекстиль, арматуру и т.д. На крупных мостовых переходах и больших объемах строительных работ часто создают собственные асфальтобетонные (АБЗ), цементобетонные (ЦБЗ) и заводы железобетонных конструкций (ЖБК).

Откосы пойменных подходов и струенаправляющих дамб наиболее подвержены опасным воздействиям водного потока, особенно с верховой стороны или со стороны русла: волнобой, продольные течения, ледовые воздействия, особенно опасные для речных откосов струенаправляющих дамб.

Откосы пойменных насыпей наиболее часто укрепляют одерновкой (рис. 17.21, а) (при незначительной волне, ледоходе и продольных течениях), каменной наброской (рис. 17.21, б) и капитальными бетонными или железобетонными плитными конструкциями из монолитного бетона или из сборного железобетона (рис. 17.21, в).

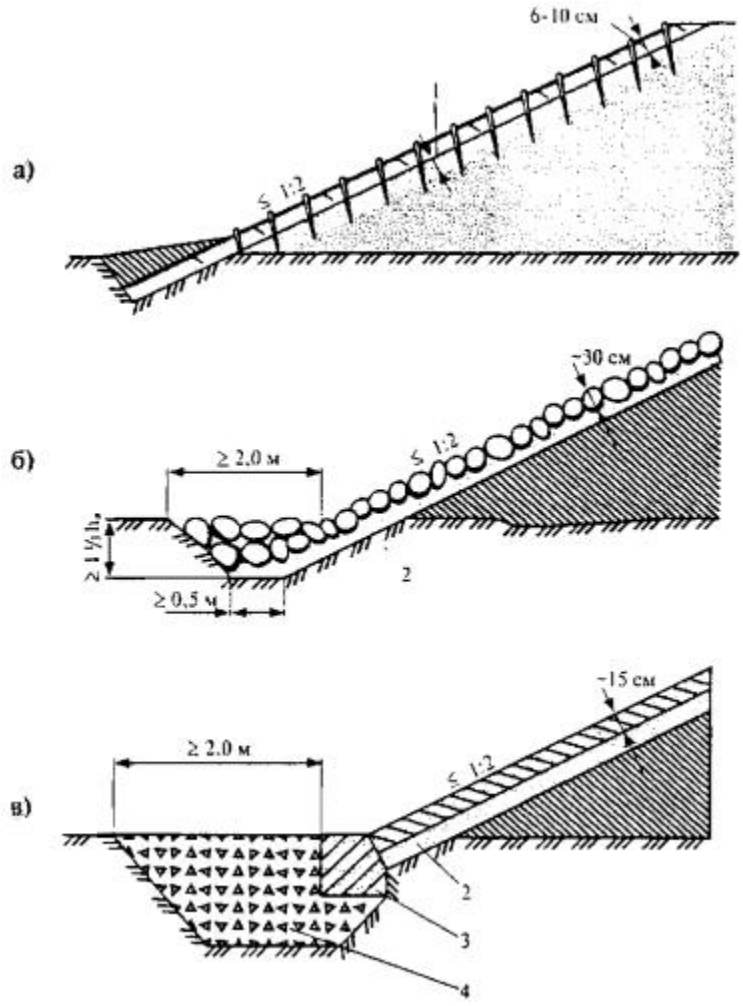


Рис. 17.21. Конструкции укреплений откосов пойменных насыпей:
а - одерновкой; б - каменной наброской; в - плитными конструкциями, h - глубина местного размыва; 1 - обсыпка поверхности откоса песчаных насыпей землей слоем 6-10 см; 2 - слой щебня (гравия) толщиной 15 см или мха толщиной 5 см; 3 - бетонный упор; 4 - рисберма

В настоящее время чаще всего используют конструкции укреплений, обеспечивающие высокую степень индустриализации и механизации работ: монолитные или сборные железобетонные плиты, укладываемые по слою щебеночной или гравийной подготовки или каменные наброски. Для предотвращения заиления подготовки, выполняющей роль фильтра, в последнее время ее стали устраивать по слою геотекстиля, обладающего высоким коэффициентом фильтрации, но не пропускающим мелкие частицы грунта насыпи.

Капитальные плитные конструкции укрепления подтопляемых откосов обязательно рассчитывают на местную их устойчивость при работе совместно с грунтовым основанием под воздействием волнобоя по формуле (17.4).

Подошвы насыпей подходов могут подвергаться воздействию потока с верховой стороны насыпи. Один из наиболее распространенных способов укрепления подошв откосов пойменных насыпей - это устройство каменных рисберм (рис. 17.22, а). Потребные объемы рисберм устанавливают, исходя из ожидаемых размывов у подошвы откосов, а минимальную крупность камня - исходя из расчетных скоростей течения вдоль подошвы. Минимальную крупность камня определяют по ориентировочному выражению:

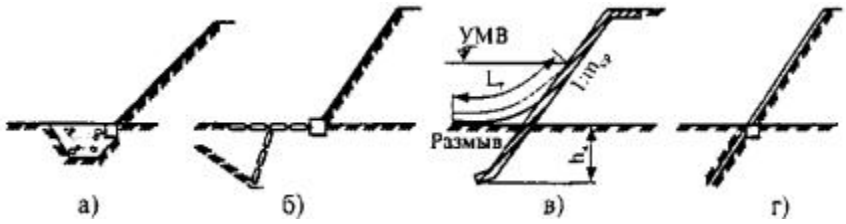


Рис. 17.22. Конструкции укрепления подошв откосов насыпей от размыва:
а - каменная рисберма; б - тюфячная конструкция; в - габионный ковер; г - укрепление по типу «погребенного откоса»; h_b - глубина местного размыва; L - длина тюфяка

$$d = \frac{V^2}{25},$$ где

d - минимальная крупность камня рисбермы, м;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

V - средняя скорость течения вдоль откоса насыпи, м/с.

Следует учитывать, что каменная рисберма способна эффективно защищать подошвы откосов лишь при ожидаемой глубине местного размыва (считая от поверхности земли) не более 3 м. В противном случае необходимо предусматривать иные конструкции укрепления подошв.

Наиболее подвержены размывам верховые части струенаправляющих дамб и траверсов. Местные размывы у голов струенаправляющих дамб нередко приводят к их разрушению. Подошвы голов струенаправляющих дамб и траверсов можно укреплять каменными рисбермами (рис. 17.22, а), тюфячными бетонными или железобетонными конструкциями (рис. 17.22, б), габионными коврами или конструкциями (рис. 17.22, в) и, наконец, капитальными укреплениями типа «**погребенного откоса**».

Каменная рисберма (см. рис. 17.22, а) является весьма распространенным и достаточно эффективным способом защиты подошв откосов от размывов. Однако сфера ее применения ограничена весьма небольшими ожидаемыми глубинами размывов у откосов (до 3 м).

Так называемые «гибкие» железобетонные тюфяки (см. рис. 17.22, б) на самом деле вовсе не являются гибкими и их опускание в ходе размывов сопровождается вывалами грунта из-под укрепления, которые увлекают за собой тюфяк. Он разрывается в продельном и поперечном направлениях и даже отрывается от анкерного бруса. Поэтому железобетонные тюфяки целесообразно укладывать вдоль потока отдельными коврами длиною по 10-15 м «в перехлест», но лучше с погружением сразу же в рабочее положение. Значительно лучше работают специально сконструированные гибкие бетонные покрытия, так называемые «**шоколадки ЦНИИС**» (ВНИИ транспортного строительства), промышленное производство которых уже налажено.

Простыми и по настоящему гибкими являются габионные тюфяки, изготавливаемые из камня, заключенного в металлическую сетку из оцинкованной проволоки (см. рис. 17.22, в). Габионные тюфяки для укрепления подошв откосов подтопляемых насыпей и регуляционных сооружений в настоящее время используют сравнительно редко в связи с большими объемами затрат ручного труда на их изготовление.

Укрепления по типу «**погребенного откоса**» (см. рис. 17.22, г), устраиваемые на всю глубину ожидаемого местного размыва из сборных железобетонных плит, монолитного бетона или асфальтобетона являются наиболее эффективными. Однако при их устройстве ниже уровня меженных вод возникают определенные технологические трудности, к счастью, преодолимые (укладка железобетонных тюфяков по льду замерзшей реки, укладка по спланированному откосу

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

вымораживанием, раскатка гибких защитных покрытий по спланированному подводному откосу и т.д.).

Потребные объемы защитных каменных рисберм, длины габионных тюфяков и глубины заложения укреплений по типу «**погребенных откосов**» определяют, исходя из возможных местных размывов у голов струенаправляющих дамб и траверсов.

Глубины общего размыва определяют одним из следующих способов.

По формуле И.А. Ярославцева:

для связных грунтов

$$h_e = \frac{2,3V_0^2 tg0,5\alpha}{g\sqrt{1+m_0^2}} - 6\frac{V_{нер}^2}{g};$$

для несвязных грунтов

$$h_e = \frac{2,3V_0^2 tg0,5\alpha}{g\sqrt{1+m_0^2}} - 30d;$$

V_0 - скорость набегания потока, для криволинейных струенаправляющих дамб практически равная скорости потока на пойме под мостом, м/с;

а - угол набегания потока на откос;

m_0 - крутизна откоса;

g - ускорение силы тяжести, м/с^2;

$V_{нер}$ - неразмывающая средняя скорость для связных грунтов, в которых развивается местный размыв, м/с;

d - крупность несвязного грунта, принимаемая по наиболее крупным фракциям, содержащимся в размываемом грунте в количестве 15-20 %, м.

При использовании расчетных формул И.А. Ярославцева делается допущение о сохранении той же природы местного размыва и у голов струенаправляющих дамб

(которые рассматриваются как относительно мелкие, но широкие препятствия), что и для глубоких, но относительно узких мостовых опор.

Исследования последних лет, выполненные Мостафой Гхоламом, показали, что природа местного размыва у голов струенаправляющих дамб связана не столько с набеганием потока на голову дамбы, сколько с обтеканием ее пойменным потоком с большими скоростями. При этом у голов дамб всегда образуется сосредоточенный перепад уровней, определяющий соответствующее резкое увеличение скоростей потока.

Учитывая это, величину местного размыва у голов струенаправляющих дамб можно определять по теоретико-эмпирической формуле Мостафы Гхолама:

$$h_в = 0,24\frac{Z^{2,5}}{d^{1,5}} - h_п,$$ где

$Z = 0,01\beta^{3,6}V_{пб}^{1,2}$ - перепад уровней у головы дамбы, м;

b - степень стеснения потока;

$V_{пб}$ - бытовая скорость течения на пойме, м/с;

$h_п$ - глубина потока на пойме перед струенаправляющей дамбой, м;

d - крупность размываемого несвязного грунта (для связных грунтов вводят эквивалентную крупность по сопротивляемости размыву несвязного грунта), м.

Длину гибкого тюфяка определяют по формуле:

$$l_т = h_в\sqrt{1+m_т^2},$$ где

$h_в$ - глубина воронки местного размыва, м;

m_T - крутизна откоса размыва, прикрываемая гибким тюфяком.

Обычно углы наклона тюфяков составляют 60-70°. При расчетах можно принимать $m_T = 1$, откуда $l_T = 1{,}5h_в$.

Наиболее эффективно работают гибкие тюфяки из габионных ковров. Они сразу же прикрывают образующиеся размывы.

Достоинством укреплений тюфяками из сочлененных бетонных блоков является высокая степень индустриализации и механизации работ. Однако между бетонными плитами имеются довольно большие зазоры, поэтому последние укладывают либо на достаточно крупные грунты - гальку, гравий, либо по слою геотекстиля. Кроме того, следует иметь в виду, что в ходе размыва грунт, обрушающийся из-под укрепления, увлекает за собой тюфяк, в результате чего в сочленениях и анкерах возникают значительные разрывающие усилия. Поэтому последние рассчитывают не только на собственный вес тюфяка, но и на разрывающие усилия, возникающие за счет сил трения при обрушении грунта из-под тюфяка. При этом усилие в анкере P_p можно определить по формуле И.А. Ярославцева:

$$P_p = G_T\sqrt{1+f^2},$$ где

G_T - вес тюфяка с учетом сил взвешивания;

f » 0,5 - коэффициент трения тюфяка по грунту.

Так как любые конструкции укреплений могут повреждаться, особенно при проходе высоких паводков, то для обеспечения безаварийной работы всех сооружений мостового перехода требуются постоянные эксплуатационные мероприятия по содержанию и ремонту укреплений.

Для обеспечения выезда на струенаправляющие дамбы машин и механизмов, а также для доставки строительных материалов и конструкций при производстве ремонтно-восстановительных работ ширину струенаправляющих дамб поверху обычно принимают не менее 3,0 м (рис. 17.23).

Для складирования материалов и обеспечения разворота автотранспорта головы дамбы уширяют, а для обеспечения въезда с дороги на дамбу земляное полотно на участке высокой насыпи устраивают с бермами шириною не менее 3,0 м.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

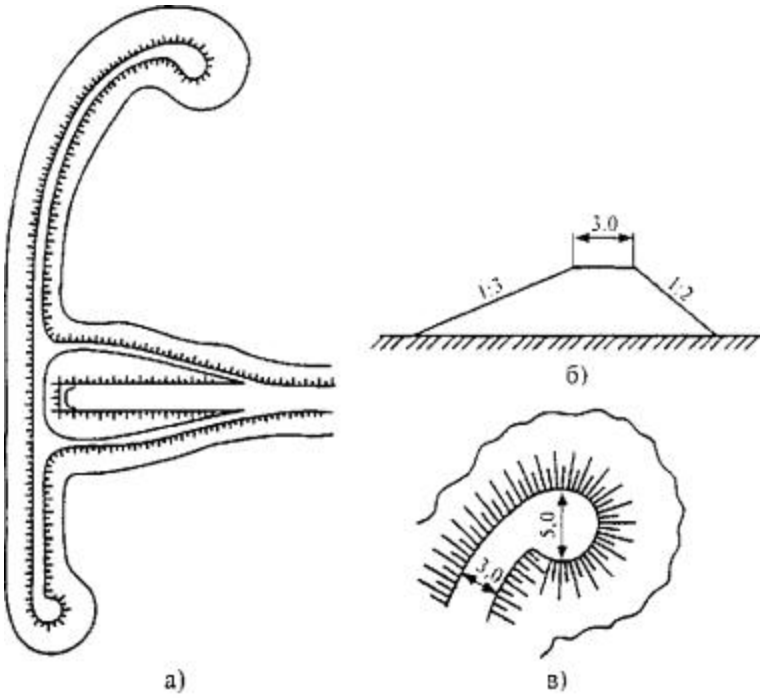


Рис 17.23. Конструкция струенаправляющей дамбы:
а - план дамбы и подходов к мосту на участке сопряжения пойменной насыпи с проездом на мосту; б - поперечный профиль дамбы; в - поперечный профиль подходов

ГЛАВА 18. ПЕРЕСЕЧЕНИЯ И ПРИМЫКАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

18.1. Общие положения и требования по проектированию пересечений и примыканий в одном уровне

Обязательными элементами автомобильных дорог являются пересечения и примыкания в одном и разных уровнях.

Основной особенностью пересечений и примыканий автомобильных дорог в одном уровне является наличие в их пределах значительного числа конфликтных точек, образуемых разветвлением, слиянием и пересечением транспортных потоков разных направлений. Сосредоточение большого числа конфликтных точек на относительно небольшой площади пересечений и примыканий в одном уровне (особенно нерегулируемых) резко повышает вероятность дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

Общее количество конфликтных точек заметно возрастает с увеличением числа полос движения в каждом из направлений. Поэтому планировочные решения

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

пересечений и примыканий должны быть такими, при которых общее число конфликтных точек было бы сведено к возможному минимуму. Радикальным решением по улучшению условий и безопасности движения на пересечениях является строительство развязок движения в разных уровнях. Однако такие решения оказываются, как правило, целесообразными и экономически оправданными на пересечениях автомобильных дорог высоких категорий. В остальных случаях для сокращения числа конфликтных точек предусматривают канализированные пересечения в одном уровне посредством введения островков безопасности для разделения транспортных потоков по направлениям (рис. 18.1).

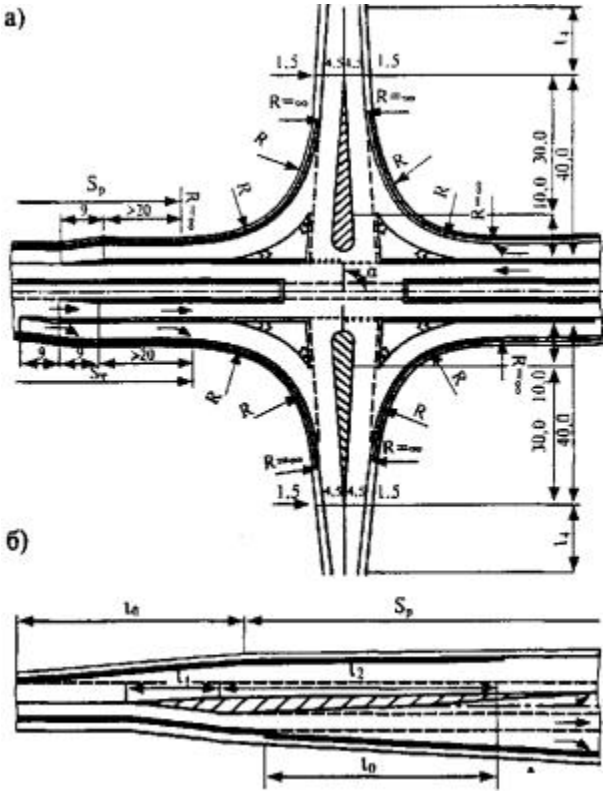


Рис. 18.1. Принципиальное решение в плане пересечения в одном уровне дорог III и IV-V категорий:
а - план пересечения; б - переходно-скоростная полоса

Принципиальные схемы пересечений в одном уровне в зависимости от интенсивности движения по главной и второстепенной дорогам и их категорий осуществляют с использованием типовых проектов (табл. 18.1).

Таблица 18.1.

Схемы пересечений и примыканий дорог в одном уровне

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

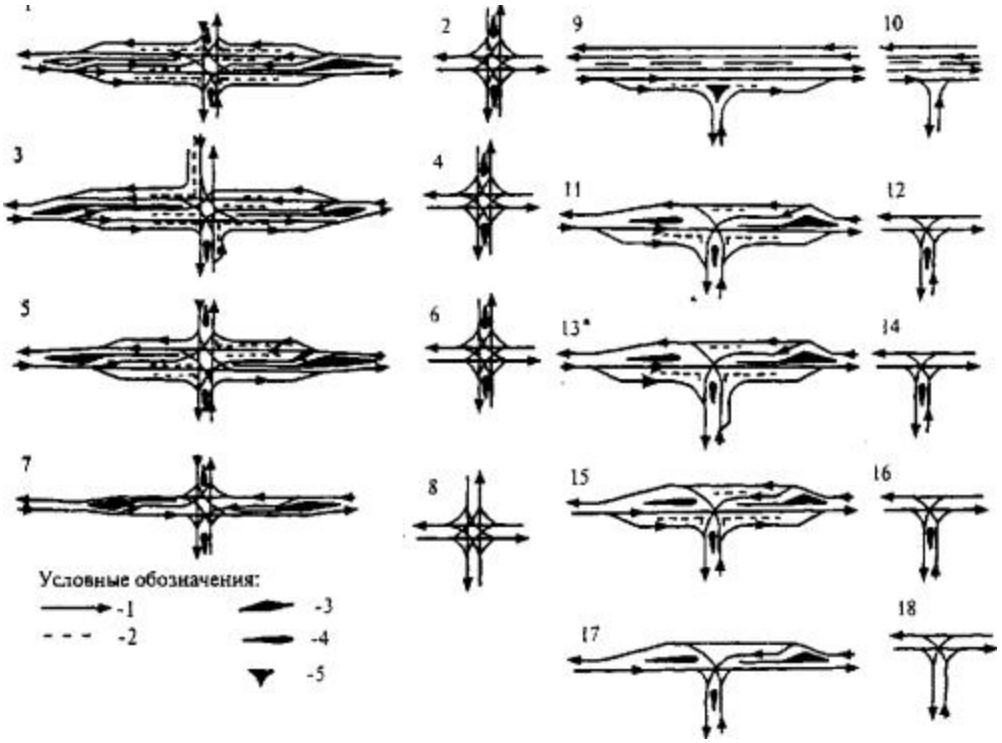
<table>
<tr><td rowspan="4">Категория главной дороги</td><td rowspan="4">Интенсивность движения по лавной дороге, авт./сут</td><td colspan="8">Интенсивность движения автомобилей между главной и второстепенной дорогами, авт./сут</td></tr>
<tr><td colspan="4">Пересечения</td><td colspan="4">Примыкания</td></tr>
<tr><td colspan="8">Категория второстепенной дороги</td></tr>
<tr><td colspan="2">III</td><td colspan="2">IV, V</td><td colspan="2">III</td><td colspan="2">IV, V</td></tr>
<tr><td>1</td><td><u>-*</u>
7000*</td><td colspan="2">-</td><td colspan="2">-</td><td colspan="2">-</td><td>25 и более (фиг. 9)</td><td>Менее 25 (фиг. 10)</td></tr>
<tr><td>II</td><td><u>8000*</u>
3000</td><td colspan="2">-</td><td>50 и более (фиг. 1)</td><td>Менее 50 (фиг. 2)</td><td colspan="2">-</td><td>50 и более (фиг. 11)</td><td>Менее 50 (фиг. 12)</td></tr>
<tr><td>III</td><td>1000</td><td>100 и более (фиг. 3)</td><td>Менее 100 (фиг. 4)</td><td>100 и более (фиг. 5)</td><td>Менее 100 (фиг. 6)</td><td>100 и более (фиг. 13)</td><td>Менее 100 (фиг. 14)</td><td>100 и более (фиг. 15)</td><td>Менее 100 (фиг. 16)</td></tr>
<tr><td>IV</td><td>200</td><td colspan="2">-</td><td>1000** и более (фиг. 7)</td><td>Менее 1000** (фиг. 8)</td><td colspan="2">-</td><td>1000**и более (фиг. 17)</td><td>Менее 1000** (фиг. 18)</td></tr>
</table>

* Интенсивность движения в числителе относится к пересечению, в знаменателе - к примыканию.

** Указана суммарная интенсивность движения, авт./сут, по обеим дорогам.

Примечание. Условные обозначения на рисунках (фиг. 1-18) к табл. 18.1: 1 - полосы движения; 2 - разделительная полоса на дорогах II и III категорий; 3, 4, 5 - направляющие островки с зоной безопасности, каплевидный, треугольный соответственно.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru



При разработке проекта узла пересечения дорог планировочное решение принимают в зависимости от перспектив развития пересекающихся дорог. При этом учитывают следующие факторы: пространственное положение узла пересечения, его нахождение в системе дорожно-транспортной сети, согласованность с другими типами развязок и организацией движения, его видимость, наглядность и понятность водителю. Поэтому при размещении и устройстве пересечений и примыканий на вновь проектируемых и реконструируемых дорогах руководствуются следующими требованиями, направленными в первую очередь на повышение безопасности движения.

1. По трассе проектируемой дороги устанавливают возможные места пересечений, изучают их необходимость и целесообразность, по возможности ограничиваются минимальным их количеством, максимально используя параллельные и внутрихозяйственные дороги. В соответствии со СНиП 2.05.02-85 расстояние между пересечениями должно быть, как правило, не менее 2 км.

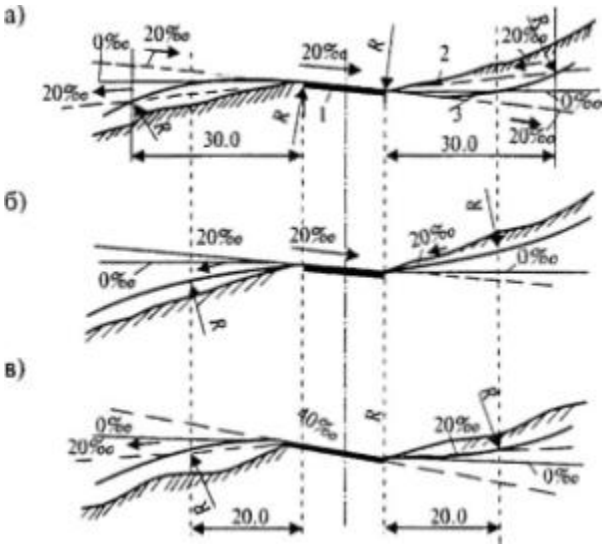
2. В соответствии с категорией проектируемой дороги устанавливают по согласованию с ГИБДД главную и второстепенную дороги, предопределяя расстановку указателей и знаков.

3. По трассе проектируемой дороги предусматривают на примыканиях и пресечениях с другими дорогами по возможности однотипные планировочные решения.

4. При проектировании плана и продольного профиля автомобильной дороги на пересечениях стремятся обеспечить максимальную глубину видимости и наглядность узлов пересечений. Для этого предусматривают: углы пересечений близкие к 90°; расположение пересечений в плане на прямолинейных участках, в профиле - на вогнутых вертикальных кривых и продольных уклонах не более 20 ‰, что требует в ряде случаев изменения продольного профиля второстепенной дороги; пересечение второстепенной дороги в пониженном месте; устранение препятствий из зоны- видимости. При невозможности обеспечения непосредственной видимости пересекаемой дороги в пределах пересечения конструктивно-планировочными решениями обеспечивают зрительное представление о направлении дороги (посадки деревьев, разрывы в притрассовых лесопосадках и т.д.).

5. В пределах пересечений не допускают использования предельных значений продольных и поперечных уклонов, кривых в плане и продольном профиле минимальных радиусов.

Продольный профиль второстепенной дороги должен быть подчинен поперечному уклону проезжей части главной дороги. Возможные решения проектной линии продольного профиля второстепенной дороги показаны на рис. 18.2. При больших продольных уклонах на второстепенной дороге можно отказаться от сопряжения проезжей части главной дороги вертикальной кривой с заданным уклоном и допускать прямое примыкание второстепенной дороги с уклоном, благоприятствующим снижению объемов земляных работ, если разность уклонов в точках сопряжения на превышает 40 ‰ (см. рис. 18.2. б, в). Минимальные радиусы вертикальных кривых для таких решений рекомендуется принимать: для выпуклых кривых 500 м, для вогнутых - 200 м. Однако во всех случаях требуется проверка на условие обеспечения видимости.



Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Рис. 18.2. Принципиальные решения проектной линии продольного профиля второстепенной дороги на ее пересечении с главной дорогой: а - второстепенная дорога сопрягается вертикальной кривой с проезжей частью главной дороги: продольный уклон дороги примыкания равен вместе сопряжения поперечному уклону главной дороги, в некоторых случаях возможен большой объем земляных работ; б - второстепенная дорога сопрягается прямолинейным участком с проезжей частью главной дороги: продольный уклон участка дороги примыкания направлен в сторону, противоположную поперечному уклону главной дороги, решение способствует снижению объемов земляных работ; в - второстепенная дорога сопрягается вертикальной кривой с проезжей частью главной дороги, профильный уклон дороги примыкания равен нулю, решение способствует снижению объемов земляных работ;
1 - проезжая часть главной дороги; 2 - продольный профиль земли; 3 - проектная линия продольного профиля второстепенной дороги

Пересечение считают удобным для движения при условии, если при совершении поворотных маневров большегрузными автомобилями и автопоездами не возникает затруднений. Для этих целей минимальные радиусы закруглений следует назначать не менее 30 м. Для исключения неправильных действий водителей в пределах пересечения оно должно быть предельно понятным водителю.

Расстановку дорожных знаков и указателей на пересечениях производят в соответствии с действующими ГОСТами и правилами.

18.2. Классификация пересечений автомобильных дорог в разных уровнях и требования к ним

Пересечения и примыкания автомобильных дорог в разных уровнях являются наиболее сложными узлами автомагистралей как с точки зрения проектирования, так и с точки зрения их строительства и последующей эксплуатации. Стоимость развязок движения в разных уровнях весьма высока. В связи с этим вопрос создания современной технологии и методов проектирования пересечений и примыканий автомобильных дорог в разных уровнях является весьма актуальным. Реализация современной технологии и методов проектирования развязок движения в разных уровнях на базе использования мошной компьютерной техники, оборудованной необходимыми периферийными устройствами, позволяет получать наилучшие проектные решения при минимальных затратах средств и времени на проектирование.

Согласно действующим нормам на проектирование необходимость строительства пересечений и примыканий автомобильных дорог в разных уровнях предусматривают в следующих случаях:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

при пересечениях автомобильных дорог I категории с дорогами остальных категорий;

при пересечениях дорог II категории с дорогами II и III категорий;

при пересечениях и примыканиях дорог III категории между собой при суммарной расчетной интенсивности движения для обеих дорог более 8000 привиденных ед./сут.

Действующими нормативными документами к проектированию пересечений автомобильных дорог предъявляются следующие требования:

развязки движения в разных уровнях на автомобильных дорогах I - II категорий проектируют таким образом, чтобы были исключены пересечения левоповоротного движения в одном уровне с транспортными потоками основных направлений;

пересечения и примыкания на дорогах I - II категорий предусматривают не чаще, чем через 5 км, а на дорогах III категории - не чаще, чем через 2 км;

элементы ответвлений и примыканий в целях обеспечения комфортабельных и безопасных условий движения разветвляющихся и сливающихся транспортных потоков, а также в целях сокращения площадей, занимаемых транспортным узлом земель, проектируют, исходя из условия движения автомобилей с переменной скоростью. При этом, минимальные радиусы кривых на правоповоротных съездах с дорог I - II категорий назначают, исходя из обеспечения скорости не менее 80 км/ч, а с дорог III категории - не менее 60 км/ч. Минимальные радиусы на левоповоротных съездах с дорог I и II категорий назначают, исходя из обеспечения скорости 50 км/ч и с дорог III категории не менее 40 км/ч;

съезды с дорог I - III категорий и въезды на них осуществляют с устройством переходно-скоростных полос;

ширину проезжей части на всем протяжении левоповоротных съездов принимают 5,5 м, а на правоповоротных 5,0 м. Ширина обочин с внутренней стороны закруглений на съездах должна быть не менее 1,5 м, а с внешней стороны - 3,0 м;

продольные уклоны на соединительных рампах развязок принимают не более 40 ‰. Радиусы вертикальных кривых в продольном профиле назначают в зависимости от расчетной скорости на съездах.

Необходимость строительства развязок движения в разных уровнях определяется требованиями обеспечения непрерывного, безопасного и комфортабельного движения транспортных потоков с высокими скоростями, что может быть достигнуто исключением пересечений транспортных потоков в одном

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

уровне. В отечественной практике проектирования автомагистралей получили распространение в основном транспортные пересечения в двух и значительно реже в трех и четырех уровнях. Наиболее часто устраивают развязки движения в двух уровнях, как наиболее дешевые и в большинстве случаев радикально решающие проблему непрерывного и безопасного движения транспортных потоков на пересечениях и примыканиях автомобильных дорог.

Многообразие местных условий на пересечениях и примыканиях (особенности плана и профиля пересекающихся автомобильных дорог, углы пересечений или примыканий, ситуационные особенности места пересечения, категории пересекающихся дорог и распределение перспективной интенсивности движения по направлениям, топографические, инженерно-геологические, гидрогеологические условия и т.д.) предопределило большое разнообразие возможных типов узлов примыканий и пересечений дорог в разных уровнях. В настоящее время известно около 200 схем развязок в разных уровнях.

Узлы пересечений и примыканий автомобильных дорог в разных уровнях по начертанию в плане и способам организации движения на них можно разделить на следующие группы:

клеверообразные (рис. 18.3);

кольцевые (рис. 18.4);

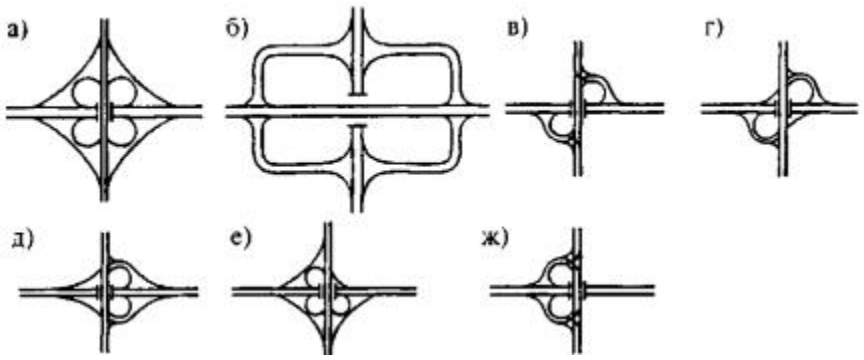
петлеобразные (рис. 18.5);

крестообразные (рис. 18.6);

ромбовидные (рис. 18.7);

сложные пересечения с полупрямыми и прямыми (директивно-направленными) левоповоротными съездами (рис. 18.8);

примыкания (рис. 18.9).



Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Рис. 18.3. Схема клеверообразных транспортных пересечений в двух уровнях:
а - полный клеверный лист; б - обжатый клеверный лист; в, г, д, е, ж - неполный клеверный лист

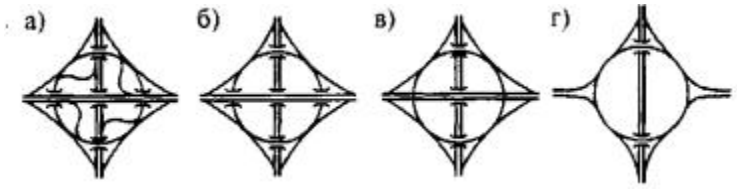


Рис. 18.4. Схемы кольцевых транспортных пересечений в двух уровнях:
а - турбинный тип; б - распределительное кольцо с пятью путепроводами; в - распределительное кольцо с тремя путепроводами; г - распределительное кольцо с двумя путепроводами.

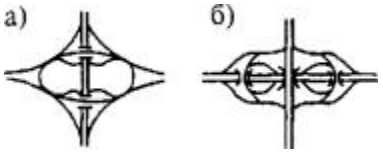


Рис. 18.5. Схемы петлеобразных транспортных пересечений в двух уровнях:
а - двойная петля; б - улучшенная двойная петля

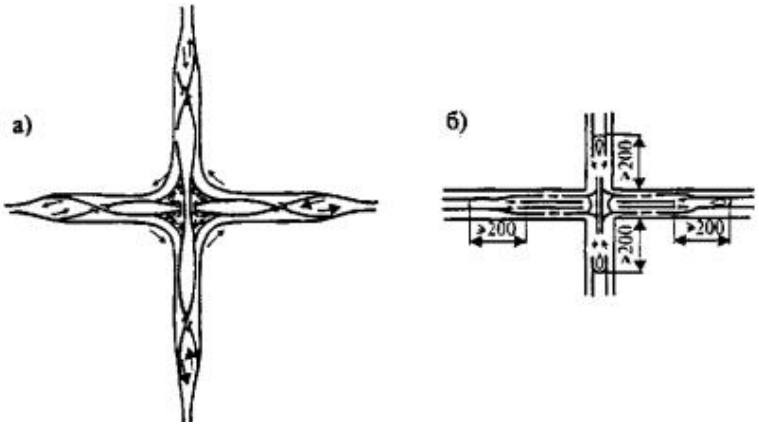
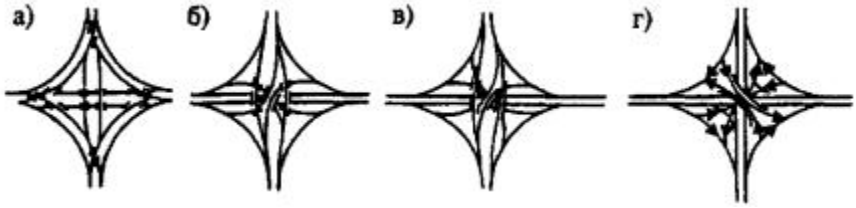


Рис. 18.6. Схема крестообразных транспортных пересечений в двух уровнях:
а - пересечение с пятью путепроводами типа «крест»; б - пересечение с отнесенными левыми поворотами



Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Рис. 18.7. Ромбовидные транспортные пересечения в разных уровнях:
а - с прямыми левыми поворотами; б, в - с полупрямыми левыми поворотами; г - в четырех уровнях

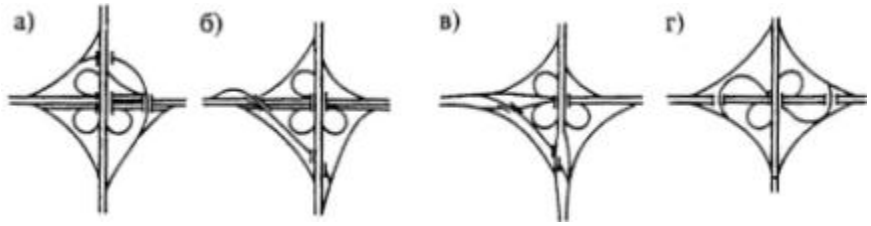


Рис. 18.8. Схемы сложных транспортных пересечений в двух уровнях:
а - с одним полупрямым левоповоротным съездом; б, в - с одним прямым левоповоротным съездом; г - с двумя полупрямыми левоповоротными съездами

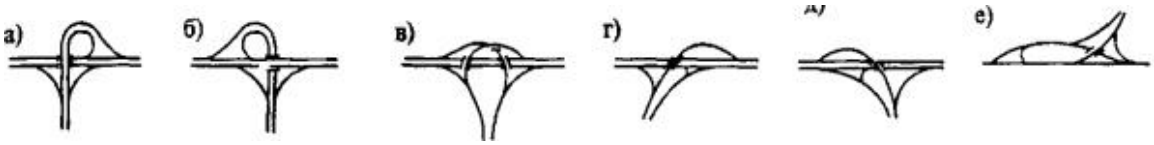


Рис. 18.9. Схемы транспортных примыканий в двух уровнях:
а, б - полное примыкание типа «труба»; в - полное примыкание с двумя полупрямыми левоповоротными съездами; г, д, е - неполные примыкания

В практике отечественного проектирования наибольшее распространение получили клеверообразные пересечения автомобильных дорог в разных уровнях. При этом различают развязки типа «полный клеверный лист», обеспечивающий полную развязку движения по всем направлениям (см. рис. 18.3, а), «обжатый клеверный лист», устраиваемый в стесненных условиях городской застройки (см. рис. 18.3, б) и «неполный клеверный лист», допускающий пересечения в одном уровне левоповоротных транспортных потоков на второстепенных направлениях (см. рис. 18.3, в, г, д, е, ж).

К достоинствам клеверообразных пересечений относят: обеспечение развязки движения транспортных потоков по всем, либо по основным направлениям при двух пересекающихся магистралях; обеспечение безопасности движения; сравнительно невысокая стоимость строительства одного путепровода и соединительных рамп.

Однако клеверообразным узлам пересечений автомобильных дорог присуши и некоторые недостатки, ограничивающие сферу их применения: большая площадь, занимаемая развязкой; значительные перепробеги для левоповоротных транспортных потоков и потоков, осуществляющих разворот; необходимость дополнительных мероприятий для обеспечения безопасного движения пешеходов.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Кольцевые пересечения автомобильных дорог (см. рис. 18.4) характеризуются наибольшей простотой организации движения, однако требуют строительства от двух до пяти путепроводов, а также большой площади отчуждения земель.

Петлеобразные пересечения, например, «двойная петля» (рис. 18.5, а) или «улучшенная двойная петля» (рис. 18.5, б), устраивают при пересечении автомагистралей или магистральных улиц с дорогами второстепенного значения. К недостаткам этого типа пересечений, помимо необходимости строительства двух путепроводов, следует отнести также недостаточное обеспечение безопасных условий движения, так как транспортный поток с главной магистрали вливается в потоки второстепенного направления не с правой, а с левой стороны.

В стесненных условиях городской застройки применяют крестообразные пересечения в разных уровнях, например, по типу «крест» (рис. 18.6, а), пересечение в двух уровнях с отнесенными левыми поворотами (рис, 18.6, б) и т.д. Пересечения типа «крест» с пятью путепроводами применяют в стесненных условиях при пересечении равнозначных магистралей с мощными транспортными потоками. Кроме минимальной площади занимаемых земель такой тип пересечения характеризуется минимальными перепробегами для лево- и правоповоротного движения, однако требует сооружения пяти путепроводов (правда, меньшей ширины, чем для развязки типа «клеверный лист») и исключает возможность разворота в пределах транспортного узла. Пересечение в двух уровнях с отнесенными левыми поворотами нередко применяют в условиях сложившейся городской застройки на главных магистралях с небольшими размерами левоповоротного движения.

Ромбовидные развязки (см. рис. 18.7) устраивают на пересечениях равнозначных магистралей со значительными размерами движения по всем направлениям. Занимая умеренную площадь, такие развязки практически исключают перепробеги для лево- и правоповоротных транспортных потоков, однако необходимость строительства большого числа путепроводов определяет весьма их высокую стоимость.

Сложные пересечения с полупрямыми и прямыми левоповоротными съездами устраивают на пересекающихся автомагистралях при наличии одного (см. рис. 18.8, а, б, в) или нескольких (см. рис. 18.8, г) мощных левоповоротных транспортных потоков, когда строительство обычного съезда (см. рис. 18.3, а) предопределяет неоправданные потери, связанные с перепробегом автомобилей. Сокращение или исключение перепробегов достигается путем устройства соответственно полупрямых, либо прямых левоповоротных съездов, что предопределяет заметное увеличение строительной стоимости транспортной развязки в связи с необходимостью строительства двух дополнительных путепроводов.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Примыкания автомобильных дорог в разных уровнях различают полные (см. рис. 18.9, а, б, в), обеспечивающие развязку движения по всем направлениям, и неполные, имеющие зоны пересечения транспортных потоков в одном уровне (см. рис. 18.9, г, д) или зоны переплетения (рис. 18.9, е). В практике отечественного проектирования автомобильных дорог наибольшее распространение получили примыкания в разных уровнях типа «труба» (см. рис. 18.9, а, б). Этот тип примыкания обеспечивает развязку движения во всех направлениях при отчуждении сравнительно небольшой площади земель и невысокой строительной стоимости. Однако примыкание типа «труба» имеет существенный недостаток - не обеспечивает возможность разворота.

18.3. Элементы пересечений автомобильных дорог в разных уровнях

Любое пересечение автомобильных дорог сколь угодно сложного очертания в плане может быть представлено сочетанием весьма ограниченного числа геометрических элементов (рис. 18.10), классификация которых предложена В.А. Федотовым.

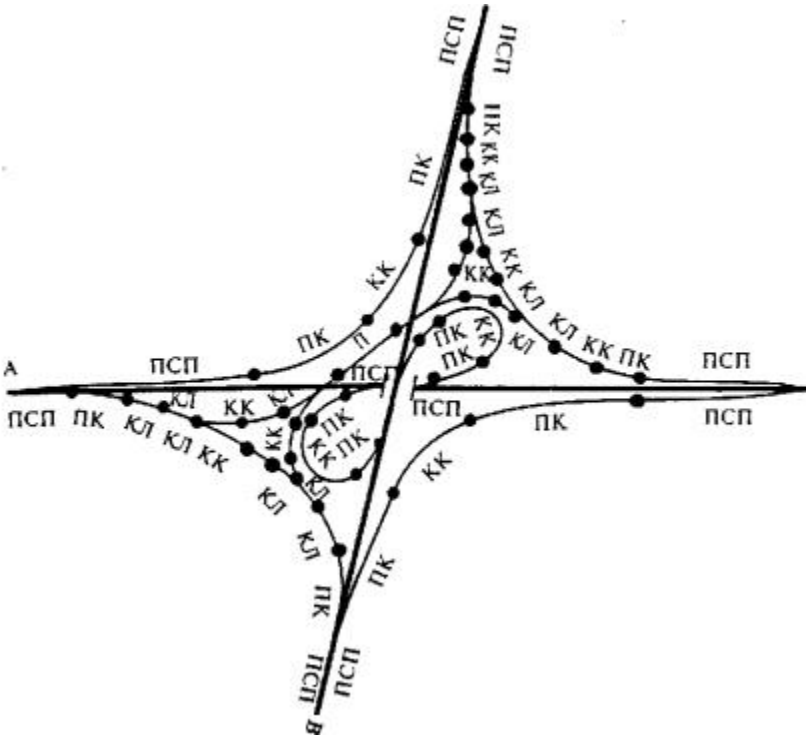


Рис. 18.10. Геометрические элементы пересечений автомобильных дорог в разных уровнях:
ПСП - переходно-скоростная полоса; ПК- переходная кривая; КЛ - клотоида; КК - круговая кривая; П- прямая

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Переходно-скоростная полоса (ПСП). Элементы пересечений рассчитывают на меньшие скорости движения автомобилей (см. разд. 18.1), чем на пересекающихся дорогах. Для осуществления безопасного въезда автомобилей на пересечение, а также для выезда с пересечения на дорогу устраивают дополнительную полосу, называемую переходно-скоростной, на длине которой осуществляется торможение автомобилей до безопасной скорости въезда на пересечение либо ускорение автомобилей до скорости транспортного потока на дороге. Длину переходно-скоростных полос определяют из условия торможения (или разгона) от скорости V_1 на автомагистрали до скорости V_2 входа на пересечение:

$$L = \frac{V_1^2 - V_2^2}{26a},$$ где

V_1, V_2 - скорости на автомагистрали и на входе на пересечение соответственно, км/ч;

a - ускорение автомобилей, принимаемое в пределах 0,8 - 1,2 м/с^2 при разгоне и 1,75 - 2,5 м/с^2 при торможении.

Согласно действующим Строительным нормам и правилам длину переходно-скоростных полос полной ширины (при 0-м продольном уклоне) принимают:

на дорогах I и II категорий для разгона - 180 м; для торможения - 100 м; отгон уширения - 80 м;

на дорогах III и IV категорий для разгона - 130 м; для торможения - 75 м; отгон уширения - 60 м.

Переходная кривая (ПК). Для обеспечения плавного перехода автомобиля от прямого участка переходно-скоростной полосы (R = ¥) к участку соединительной рампы с максимальной кривизной ($R = R_к$) и, наоборот, из условия постепенного изменения центробежного ускорения применяют переходные кривые. В отличие от закруглений перегонных участков автомагистралей, где в качестве переходных кривых, как правило, используют клотоиду, характеризуемую линейным законом изменения кривизны и нарастания центробежного ускорения и отвечающую условиям движения по ней автомобилей с постоянной (расчетной) скоростью, на участках ответвлений и примыканий развязок движения в разных уровнях применяют особые типы переходных кривых, законы изменения кривизны которых наилучшим образом отвечают условиям движения автомобилей с переменной скоростью. Эти типы переходных кривых будут подробно рассмотрены в следующей главе.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Клотоида (КЛ) также находит применение при проектировании соединительных рамп транспортных развязок, главным образом, правоповоротных и директивно-направленных.

Круговая кривая (КК). Участки соединительных рамп с максимальной кривизной описывают в плане по круговым кривым. При этом автомобили в пределах этих участков движутся с минимальной постоянной скоростью.

Прямая (П). Как и при проектировании плана автомагистралей, при трассировании правоповоротных и директивно-направленных соединительных рамп прямую также нередко используют как самостоятельный элемент трассы. При этом прямая сопрягается со смежными круговыми кривыми обычно посредством клотоид.

Наиболее сложными и ответственными местами развязок движения в разных уровнях являются зоны ответвлений и примыканий право и левоповоротных соединительных рамп между пересекающимися автомагистралями (рис. 18.11). Конструктивные решения участков ответвлений и примыканий во многом определяют безопасность движения, пропускную способность и генеральные размеры всей развязки в целом.

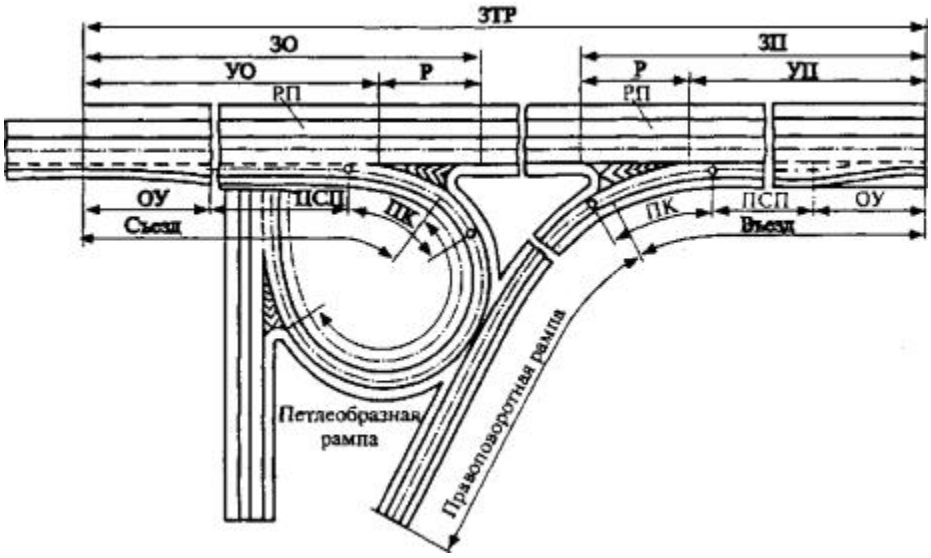


Рис. 18.11. Элементы пересечений на ответвлениях и примыканиях:
ЗТР - зона транспортной развязки; ЗО - зона ответвления; УО - участок ответвления; ЗП - зона примыкания; УП - участок примыкания; РП - разделительная полоса; ОУ - отгон уширения; Р - участок разделения кромок и бровок

Зона транспортной развязки (ЗТР) определяется положением створов начала отгона уширения.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Зона ответвления (ЗО) - участок на съезде с автомагистрали от створа начала отгона уширения переходно-скоростной полосы до створа конца разделения кромок проезжих частей.

Зона примыкания (ЗП) - участок на въезде на автомагистраль от створа конца разделения кромок до створа начала отгона уширения переходно-скоростной полосы.

Участок ответвления (УО) - участок на съезде с автомагистрали от створа начала отгона уширения переходно-скоростной полосы до створа начала разделения кромок.

Участок примыкания (УП) - участок на въезде на автомагистраль от створа начала разделения кромок до створа начала отгона уширения переходно-скоростной полосы.

Отгон уширения (ОУ) - участок перехода от неуширенной проезжей части автомагистрали до начала переходно-скоростной полосы полной ширины.

Участок разделения кромок и бровок (Р) - участки съездов и въездов, в пределах которых осуществляется разделение кромок и бровок автомагистрали и соединительной рампы.

Планировочные решения развязок движения в разных уровнях включают определенный набор соединительных рамп между пересекающимися автомобильными дорогами. По В.А. Федотову, в зависимости от вида осуществляемых маневров и характера очертания в плане различают следующие виды соединительных рамп (рис. 18.12):

для движения при смене направлений направо - правоповоротные рампы (ППР);

для движения при смене направлений налево - Петлеобразные рампы (ПЕР), правосторонние рампы (ПСР), левосторонние рампы (ЛСР), право-левосторонние рампы (ПЛСР), лево-правосторонние рампы (ЛПСР), кольцевые рампы (КР).

Использование перечисленных типов соединительных рамп дает возможность построения практически любой развязки. Например, применение четырех рамп типа ППР и четырех рамп типа ПЕР приводит к классической схеме «клеверного листа» и т.д.

18.4. Задачи, решаемые при проектировании развязок движения в разных уровнях

Несмотря на известную общность задач, решаемых при проектировании развязок движения в разных уровнях и автомобильных дорог, проектирование

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

развязок имеет ряд специфических особенностей. Так, например, если автомобильная дорога является линейным сооружением, то развязки движения размещаются на площадях, размеры которых могут достигать 50 га и более. Многообразие схем развязок, вариантный выбор планировочных и конструктивных решений с учетом местных условий и пространственной геометрии пересекающихся дорог при наличии комплекса ограничений в элементах плана и продольного профиля приводят к решению задач, не свойственных для автомобильной дороги как таковой.

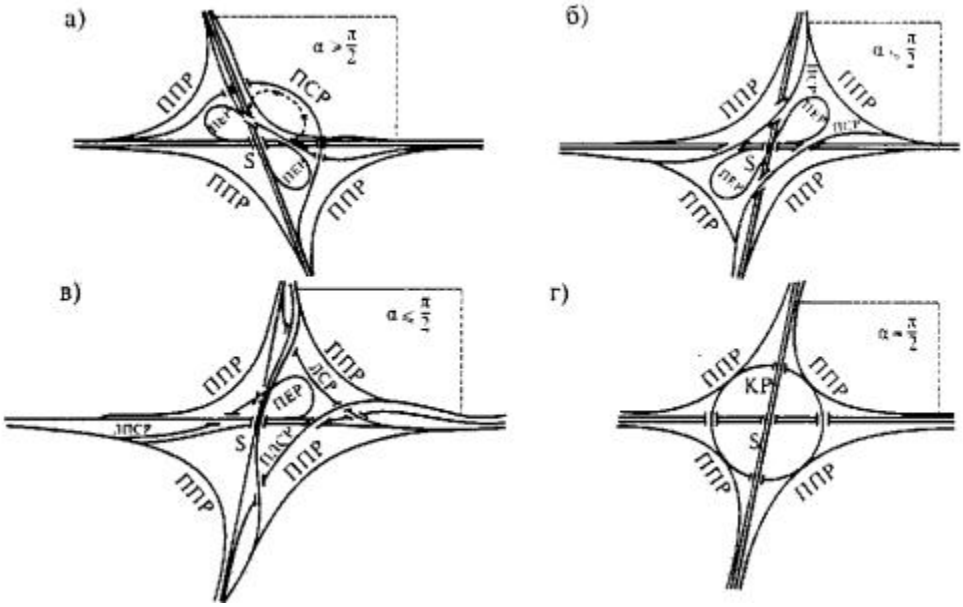


Рис. 18.12. Соединительные рампы сложных транспортных развязок

В последние годы получили большое развитее как в России, так и за рубежом технология и методы автоматизированного проектирования развязок движения в разных уровнях. Этому обстоятельству во многом способствовало, с одной стороны, внедрение вычислительной техники в практику проектирования и, с другой, изучение режимов движения автомобилей на существующих транспортных развязках, позволяющее устанавливать особенности функционирования сложных участков развязок и делать выводы в части необходимости изменения тех или иных параметров и даже принципов решения отдельных задач.

Несмотря на многочисленные выполненные за истекшие полстолетия исследования вопросов повышения надежности функционирования элементов развязок, инженерные расчеты при сложившейся традиционной технологии проектирования выполняют обособленно, без пространственной взаимоувязки элементов и контроля за проявлением физических показателей движения, во многом определяющих уровни удобства и безопасности движения и пропускную способность пересечений и примыканий. Общая картина развязок движения в

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

разных уровнях в их пространственном воплощении намного сложнее схематизированных представлений элементов в отдельных плоскостях. Математическое описание взаимодействия геометрии соединительных рамп с сопрягаемыми участками пересекающихся автомагистралей в трехмерном пространстве с одновременным контролем за изменением физических параметров движения (продольные скорости движения и ускорения, степень изменения центробежного ускорения с постоянной и переменной скоростью, изменение угловой скорости поворота автомобиля вокруг продольной оси при движении на вираже и т.д.) приводит к комплексному проектированию, практическая реализация которого возможна лишь при использовании современной компьютерной техники.

Проектирование развязок движения в разных уровнях представляет собой чрезвычайно многодельный процесс (разработка одного проекта пересечения занимает до 5 месяцев), что в рамках традиционной технологии практически исключает вариантный поиск оптимального решения. В связи с этим использование компьютерной техники в расчетах целесообразно на всех стадиях проектирования. Применение компьютеров при проектировании развязок движения в разных уровнях обеспечивает экономический эффект, который выражается в следующем:

снижение сроков, трудоемкости и стоимости проектирования. Использование современных компьютеров, оснащенных быстродействующими и высокоточными графопостроителями планшетного типа и мониторами, позволяет автоматизировать трудоемкие процессы расчета элементов транспортных развязок при решении их в комплексной постановке, подсчет объемов работ, транспортно-эксплуатационных расходов, а также расчеты, выполняемые при технико-экономическом сравнении вариантов планировочных и конструктивных решений, автоматизировать процесс получения проектно-сметной документации в виде готовых чертежей, таблиц, смет и т.д.;

снижении сметной стоимости строительства развязок движения в разных уровнях до 10 % и более. Развязки в разных уровнях весьма дорогостоящие сооружения, и вопрос возможного снижения их строительной стоимости является весьма актуальным. Возможность проработки при автоматизированном проектировании в сжатые сроки большого числа вариантов планировочных и конструктивных решений позволяет выбрать лучший из них в отношении капиталоемкости строительства;

повышении качества проектных решений. Анализ в режиме диалога с компьютером вариантов решения развязок движения позволяет выбирать решения, обеспечивающие необходимую пропускную способность пересечения, наилучшие уровни удобства и безопасности движения, минимальные транспортно-эксплуатационные затраты и т.д.;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

исключении ошибок при проектировании. В ходе эскизной проработки развязок движения в разных уровнях на ранних стадиях проектирования в случае использования традиционной технологии (без пространственной взаимоувязки элементов и контроля физических параметров движения) нередко допускаются грубые просчеты, требующие на последующих стадиях детального проектирования вынужденного изменения принципиальных решений планировки пересечения и не предусмотренного ранее увеличения сметной стоимости строительства.

Применение компьютерной техники для решения транспортных развязок движения в разных уровнях не может идти по пути формального заимствования методов традиционной технологии. Прежде всего, это относится: к сопряжению элементов в плане и продольном профиле; к использованию различных типов переходных кривых; к представлению рельефа й геологического строения местности в виде цифровых и математических моделей; к расчету кромок проезжей части, параллельных и непараллельных оси и уширений; к установлению пространственного положения элементов сооружения и т.д. Все расчеты в комплексной постановке должны быть взаимосвязаны.

Вопросы комплексного, автоматизированного проектирования развязок движения в разных уровнях получили в последние годы развитие в работах Союздорпроекта (канд. техн. наук В.А. Федотов), в которых, в частности, обобщен и в значительной степени развит зарубежный опыт проектирования, строительства и эксплуатации развязок. В отечественных системах автоматизированного проектирования автомобильных дорог САПР-АД этому важному вопросу посвящены специальные системы и пакеты прикладных программ. Технологическая схема комплексного пространственного проектирования развязок движения на пересечениях и примыканиях автомобильных дорог в разных уровнях с применением компьютерной техники представлена на рис. 18.13.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

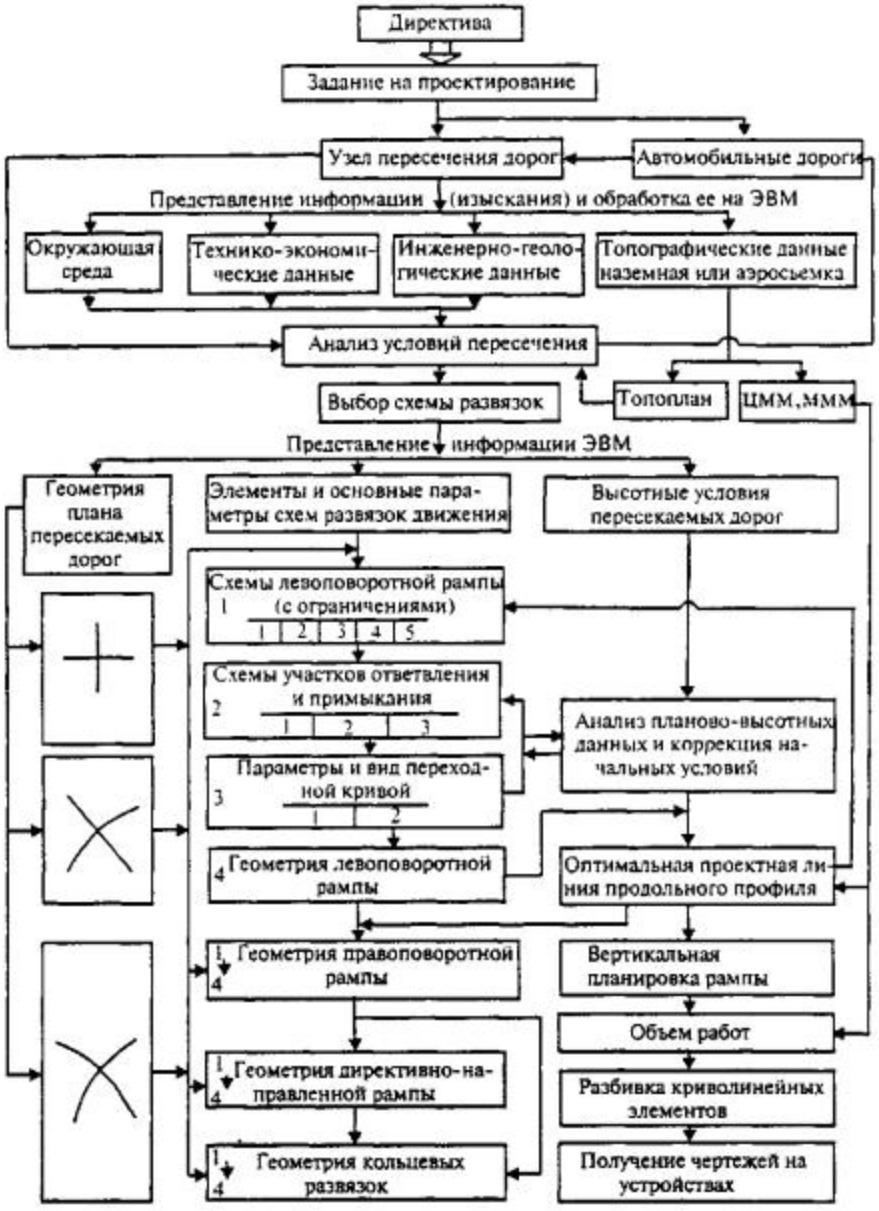


Рис. 18.13. Технологическая схема комплексного автоматизированного проектирования развязок движения на пересечениях автомобильных дорог в разных уровнях

В соответствии с технологической последовательностью комплексного проектирования пересечений и примыканий автомобильных дорог в разных уровнях последовательно или одновременно решаются следующие основные группы задач:

сопряжение геометрических элементов плана в осях и кромках проезжих частей;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

установление проектной линии продольного профиля по соединительным рампам;

решение вертикальной планировки;

вычисление объемов земляных, укрепительных работ, работ по строительству дорожной одежды и искусственных сооружений;

определение сметной стоимости строительства;

определение транспортно-эксплуатационных расходов и приведенных затрат; графическое, табличное и текстовое оформление проектного материала.

18.5. Анализ условий пересечений при проектировании развязок

При выборе типа развязки необходимо иметь следующие данные: категории пересекающихся дорог;

картограмму интенсивности и состав движения по направлениям на первую очередь строительства и на перспективу;

план прилегающей к пересечению территории в координатах и соответствующие ему цифровую и математическую модели местности;

материалы, характеризующие геологические и гидрогеологические условия прилегающей к пересечению местности, а также соответствующие цифровые и математические модели геологического и гидрогеологического строения местности;

данные по плану, глубинам проложения и техническим характеристикам подземных коммуникаций;

данные о пространственной геометрии пересекающихся дорог (план, продольные и поперечные профили);

данные о конструкции дорожной одежды на пересекающихся дорогах;

данные об условиях и размерах движения пешеходов;

прочие требования, вытекающие из особенностей местных условий.

На основе перечисленных данных проектируют схему организации движения на транспортном пересечении с учетом наилучших уровней удобства и безопасности движения, обеспечения необходимой пропускной способности, а также минимальной стоимости строительства и транспортно-эксплуатационных расходов.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Важные требования к выбору типа развязок предъявляют со стороны архитектурно-композиционной увязки сооружения с прилегающей к узлу застройкой и окружающим ландшафтом.

На выбор типа развязок, планировочные и конструктивные решения их элементов оказывают существенное влияние следующие основные факторы.

Категория пересекающихся дорог. При выборе схемы транспортного узла стремятся, прежде всего, обеспечить непрерывность движения по направлению пересекающейся дороги более высокой категории.

С категорией пересекающихся дорог связаны расчетные скорости движения на соединительных рампах, которые в свою очередь определяют допустимые радиусы закруглений в плане левоповоротных и правоповоротных соединительных рамп, а также допустимые радиусы вертикальных выпуклых и вогнутых кривых продольных профилей по соединительным рампам. В зависимости от категории пересекающихся дорог назначают длину переходно-скоростных полос на съездах и въездах, а также длину отгона уширений.

И, наконец, связанное с категорией пересекающихся дорог соотношение скоростей на съезде и на участке соединительной рампы с максимальной кривизной в плане требует таких планировочных и конструктивных решений, при которых были бы обеспечены необходимые уровни удобства и безопасности движения.

Таким образом, только лишь изменение категории пересекающихся дорог при равных прочих условиях может сильно деформировать планировочное решение развязки и привести к иным конструктивным решениям.

Интенсивность и состав движения. Интенсивность движения, распределение ее по направлениям и состав движения оказывают определяющее влияние на выбор типа пересечения или примыкания в разных уровнях, а также на планировочные и конструктивные решения его элементов. Одно из основных требований, предъявляемых к развязкам движения в разных уровнях, - бесперебойность работы в любой период года, месяца, дня недели и часа суток. Поэтому в транспортных расчетах принимают максимальные размеры движения по всем направлениям в час «пик» для наиболее напряженного сезона года и дня недели.

Для выбора схемы пересечения или примыкания удобно пользоваться графическим изображением интенсивности движения в виде картограмм транспортных потоков с указанием их размеров в приведенных единицах (рис. 18.14). Для этой цели фактическую интенсивность движения в физических единицах приводят к интенсивности однородного транспортного потока, представленного лишь легковыми автомобилями:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

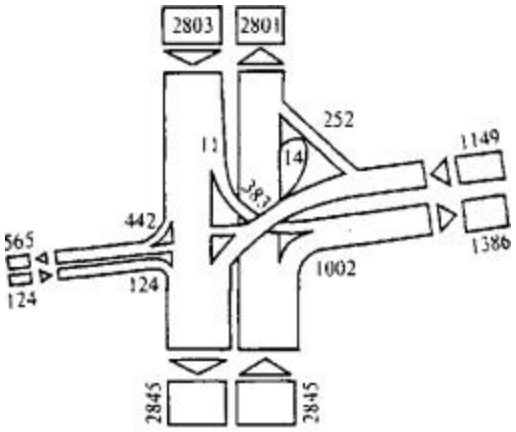


Рис. 18.14. Картограмма интенсивности движения на транспортном пересечении автомобильных дорог в час «пик»

$$N_{пр} = \sum_{i=1}^{n} a_i N_i$$ где

N_i - интенсивность движения автомобиля *i*-й марки, авт./ч;

a_i - коэффициент приведения, определяемый для каждого вида транспортных средств соответственно:

Легковые автомобили.....1

Грузовые автомобили грузоподъемностью, т:

до 3.....1,5

5.....2

8.....2,5

свыше 8.....3,5

Автобусы.....2,5

Троллейбусы.....…...3

Сочлененные автобусы и троллейбусы…...4

Мотоциклы и мопеды.....0,5

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Картограммы интенсивности движения, построенные на различные расчетные годы, позволяют решать вопросы стадийности строительства, когда по мере роста интенсивности предусматривают возможность превращения развязок неполного типа в узлы пересечений, обеспечивающие полную развязку движения по всем направлениям без конфликтных точек.

План прилегающей территории. Ситуационные особенности прилегающей к транспортному узлу территории (сложившаяся городская застройка, железные дороги, территории народнохозяйственных объектов, ценные сельскохозяйственные угодья и т.д.) могут сильно деформировать конфигурацию соединительных рамп в плане при соответствующем ухудшении физических параметров движения транспортных потоков и связанных с ними уровней удобства и безопасности движения. Если эти параметры выходят за пределы допустимого, требуется изменение типа развязки с использованием решения, приемлемого в рамках конкретных ситуационных ограничений.

Рельеф прилегающей к пересечению местности не только во многом определяет объемы земляных работ, но и в ряде случаев может оказать влияние на выбор типа главного искусственного сооружения развязки (путепровод, тоннель).

Геологические и гидрогеологические условия. Геологические и гидрогеологические особенности местности, прилегающей к транспортному узлу, нередко предопределяют выбор типа искусственного сооружения и подходов к нему (путепровод или тоннель, насыпь или эстакада и т.д.). Геологические и гидрогеологические условия оказывают влияние на глубину фундирования опор путепроводов, на выбор типа пролетных строений (разрезное, неразрезное), конструкцию подпорных стенок, определяют необходимость организации водоотвода в тоннелях и т.д. Все это в конечном итоге влияет на сметную стоимость строительства развязки в целом.

Подземные коммуникации. Учет расположения подземных коммуникаций приобретает особое значение при проектировании развязок движения в разных уровнях в сложившихся городах, характеризуемых густой сетью магистральных трубопроводов, кабелей, воздушных коммуникаций и т.д. В этих условиях во многих случаях вариант строительства путепровода оказывается предпочтительнее тоннеля.

Пространственная геометрия пересекающихся дорог оказывает в ряде случаев определяющее влияние на выбор схемы развязки и основные планировочные и конструктивные решения ее элементов. Углы пересечения автомобильных дорог, условия пересечения (когда одна или обе пересекающиеся магистрали расположены на кривых в плане), продольные и поперечные профили автомагистралей являются жесткими техническими ограничениями, в рамках которых требуется найти решение, отвечающее всем действующим техническим нормативам. Эта задача часто оказывается неразрешимой при традиционной

технологии. Программные обеспечения современных САПР-АД, как правило, дают возможность строгого аналитического решения развязок движения практически при любых сочетаниях плана и профиля пересекающихся дорог.

Пешеходное движение. Проблема учета при проектировании пересечений и примыканий в разных уровнях безопасного движения пешеходов обычно возникает в городах. При наличии на транспортном узле пешеходных переходов в одном уровне исключается непрерывность движения транспортных потоков и резко снижается эффективность работы развязок движения в целом. В таких случаях предусматривают дополнительные мероприятия, заключающиеся в устройстве внеуличных пешеходных переходов.

На выбор того или иного типа пересечения или примыкания в разных уровнях оказывает влияние также много других факторов, таких как размеры капиталовложений, транспортно-эксплуатационные расходы, приведенные затраты, эффективность капиталовложений, соображения возможности стадийного строительства без бросовых затрат, пропускная способность узла, скорости транспортных потоков, уровни удобства и безопасности движения, перепробеги левоповоротного движения и т.д.

18.6. Пропускная способность развязок в разных уровнях и оценка безопасности движения

Одним из важнейших критериев, предопределяющих выбор того или иного типа пересечения в разных уровнях, является пропускная способность транспортного узла. Под пропускной способностью пересечения понимают максимально возможное количество автомобилей, поступающее на транспортный узел и выходящее за его пределы по всем направлениям в единицу времени. Пропускная способность развязок в целом определяется пропускной способностью их отдельных участков и элементов. Основными лимитирующими участками являются: участки слияния транспортных потоков при въезде с соединительных рамп на основные полосы движения; участки совмещенного транзитного и левоповоротного движения перед выездом на рампу и левоповоротного после выезда с рампы в зоне путепровода на пересечениях типа «клеверный лист»; участки автомагистралей за примыканием правоповоротных рамп; участки выхода с основных полос на правоповоротные рампы.

Наиболее узкими местами развязок движения в разных уровнях являются участки выезда с рамп на основные полосы пересекающихся автомагистралей, которые во многом определяют не только пропускную способность пересечения, но и уровни удобства и безопасность движения. При интенсивности по правой внешней полосе автомагистрали, близкой к максимальной пропускной способности, условия движения на съезде резко осложняются, возникают очереди автомобилей, создающие заторы на дороге.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Выезд на основную полосу движения может происходить при четырех режимах движения транспортных потоков: вливание с ходу (уровень удобства А); вливание с притормаживанием (уровень удобства Б); вливание автомобилей отдельными пачками с задержками на ожидание (уровень удобства В); вливание автомобилей в условиях образования очередей и заторов на съезде (уровень удобства Г).

По данным наблюдений А.П. Шевякова, значения пропускной способности въездов для среднестатистического состава движения, характерного для дорог России, представлены в табл. 18.2.

Таблица 18.2.

Пропускная способность въездов развязок движения

Уровень удобства	Интенсивность движения по правой полосе главной дороги, авт./ч	Пропускная способность въезда, авт./ч	
		при наличии переходно-скоростной полосы	без переходно-скоростной полосы
А	100	300	850
	300	330	625
Б	500	790	500
	700	740	425
В	900	700	325
Г	1000	610	220

Для оценки характеристик движения на транспортных пересечениях при различном распределении интенсивностей по направлениям д-р техн. наук В.В. Сильянов использовал метод математического компьютерного моделирования транспортных потоков, в основе которого лежат характерные расчетные схемы слияния транспортных потоков. Задаваясь различной плановой конфигурацией

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

съездов, различными параметрами переходно-скоростных полос, можно всесторонне оценить их влияние на условия движения транспортных потоков на участках съездов.

При оценке пропускной способности всего пересечения в целом решают экстремальную задачу линейного программирования. При этом функцию цели представляют в следующем виде (рис. 18.15):

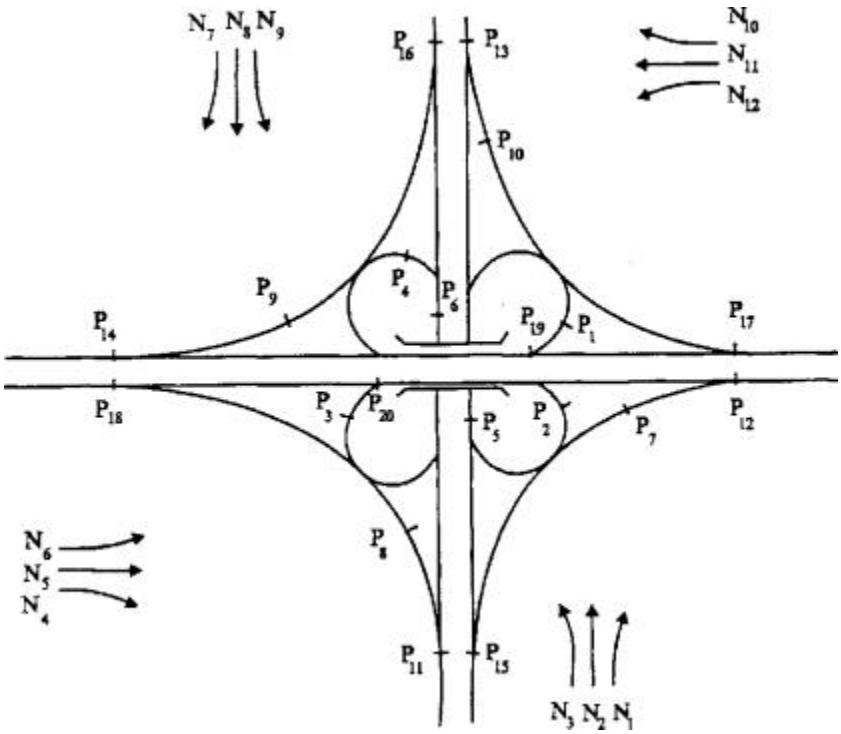


Рис. 18.15. Схема к расчету пропускной способности пересечений в разных уровнях (на примере неверного листа)

$P = N_1 + N_2 + ... + N_{12} \Rightarrow \max$
(18.1)

при выполнении следующих ограничений:

$N_3 £ P_1$; $N_2 + N_3 + N_6 £ P_5$; $N_7 £ P_9$;

$N_6 £ P_2$; $N_8 + N_9 + N_{12} £ P_6$; $N_{10} £ P_{10}$;

$N_9 £ P_3$; $N_1 £ P_7$; $N_8 + N_4 + N_{12} £ P_{11}$;

$N_{12} £ P_4$; $N_4 £ P_8$; $N_1 + N_5 + N_6 £ P_{13}$; $N_7 + N_{11} £ P_{14}$;

$N_1 + N_2 + N_3 £ P_{15}$; $N_4 + N_5 + N_6 £ P_{18}$;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$N_7 + N_8 + N_9 £ P_{16}$; $N_3 + N_{11} £ P_{19}$;

$N_{10} + N_{11} + N_{12} £ P_{17}$; $N_9 + N_5 £ P_{20}$; где

P - пропускная способность пересечения в целом, авт./ч;

N_1,..., N_{12} - интенсивности движения по соответствующим направлениям, авт./ч;

P_1, ..., P_{20} - пропускные способности соответствующих элементов пересечения, авт./ч.

Задача расчета пропускной способности развязки движения в разных уровнях сводится к отысканию максимума функции (18.1) в рамках перечисленных ограничений на основе решения задачи линейного программирования (симплекс-метод). Пропускную способность при этом вычисляют для многих вариантов планировки развязки и вариантов конструктивных решений отдельных ее элементов.

Одним из важнейших показателей, предопределяющих выбор той или иной схемы развязок в разных уровнях (например, полной и неполной), является безопасность движения на транспортном пересечении;

Основными факторами, влияющими на безопасность движения на пересечениях как в одном, так и в разных уровнях, являются:

интенсивность движения на пересекающихся направлениях. Это один из главных факторов, определяющих вероятность появления аварийной ситуации на пересечении. При этом аварийность оказывается тем более высокой, чем больше суммарная интенсивность движения на пересекающихся направлениях;

состав движения. Чем более неоднороден по составу транспортный поток, тем больше аварийность на транспортном пересечении;

углы пересечения дорог, создающие различные условия для разных направлений движения на пересечении, определяя одно наиболее опасное направление движения;

планировочное решение пересечений. Значения радиусов закруглений лево- и правоповоротного движения, наличие или отсутствие переходно-скоростных полос в значительной степени влияют на условия и безопасность движения на пересечении;

количество и тип конфликтных точек. В общем случае на пересечении в одном уровне можно выделить 32 конфликтных точки (рис. 18.16): 8 конфликтных точек разделения потоков (1), 8 точек слияния (2) и 16 конфликтных точек пересечения

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

транспортных потоков (3). Из них наиболее опасными являются конфликтные точки пересечения (3), меньшей степенью опасности характеризуются точки разделения потоков (1) и наименьшей опасностью создания аварийных ситуаций характеризуются точки слияния (2).

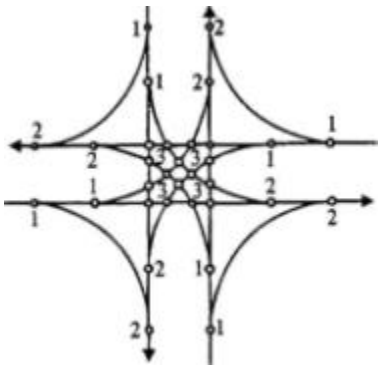


Рис. 18.16. Схема расположения конфликтных точек на пересечении в одном уровне:
1 - точки разветвления; 2 - точки слияния; 3 - точки пересечения;

Строительство пересечения в разных уровнях, например, по типу полного «клеверного листа» сразу же исключает 16 наиболее опасных конфликтных точек (3), резко снижая вероятность возникновения аварийных ситуаций на пересечении. С другой стороны, строительство неполной транспортной развязки, допускающей пересечения транспортных потоков в одном уровне на второстепенных направлениях, приводит к появлению конфликтных точек пересечения (3).

Общее количество дорожно-транспортных происшествий на транспортное пересечение за один год может быть оценено по формуле д-ра техн. наук Е.М. Лобанова:

$$G = \sum_{i=1}^{n} K_i M_i N_i \frac{25}{K_2} 10^{-7},$$ где

(18.2)

n - число конфликтных точек;

K_i - относительная аварийность (количество дорожно-транспортных происшествий на 10 млн. прошедших автомобилей) в *i*-й конфликтной точке транспортной развязки в разных уровнях, определяемая по табл. 18.4), а на второстепенных направлениях неполных транспортных развязок - по табл. 18.3;

M_i, N_i - интенсивности движения взаимодействующих в i-й конфликтной точке транспортных потоков, авт./сут;

$K_г$ - коэффициент годовой неравномерности движения:

Месяцы года.....	I	II	III	IV	V	VI
$K_г$.....	0,025	0,03	0,045	0,07	0,10	0,15
Месяцы года.....	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$K_г$.....	0,165	0,14	0,12	0,10	0,035	0,02

Для вновь проектируемых дорог для заданных размеров среднегодовой среднесуточной интенсивности движения принимают $K_г = 0,0834$.

Степень опасности различных типов развязок движения в разных уровнях оценивают по формуле:

$$K_a = \frac{GK_2 10^{-7}}{(M+N)25},$$ где

G - количество дорожно-транспортных происшествий на пересечении данного типа за год, определяемое по формуле (18.2);

M - суммарная интенсивность движения автомобилей по главной дороге, авт./сут;

N - то же, для второстепенной дороги, авт./сут.

Таблица 18.3.

Относительная аварийность в конфликтных точках на второстепенных направлениях неполных транспортных развязок

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Взаимодействие потоков	Необорудованное пересечение	Канализированное пересечение
	Относительная аварийность	
Разделение двух потоков	0,0015	0,0010
Пересечение двух левоповоротных потоков	0,0020	0,0005
Слияние двух поворачивающих потоков	0,0025	0.0012

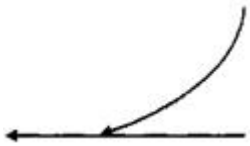
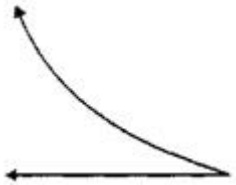
Для вновь проектируемых дорог выбирают такой тип пересечения в разных уровнях и предусматривают такие планировочные и конструктивные решения его элементов, при которых значение К будет меньше или равно 5, т.е. число дорожно-транспортных происшествий на транспортном узле не должно превышать 5 на 10 млн. прошедших автомобилей.

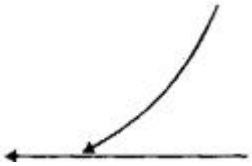
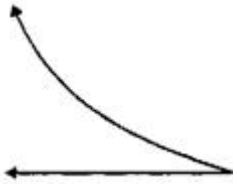
Таблица 18.4.

Относительная аварийность в конфликтных точках развязок движения

Тип съезда	Направление движения	Характеристика съезда	Относительная аварийность	
			Переходно-скоростные полосы отсутствуют	Переходно-скоростные полосы имеются

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Левоповоротные съезды пересечений типа "клеверный лист"		R=30-45 м. Преходная кривая*.	0,00065	0,00035
		R=45-60 м. Преходная кривая*.	0,0003	0,0002
		R более 60 м. Преходная кривая*.	0,0002	0,0001
		R=30-45 м. Преходная кривая*.	0,0019	0,0001
		R=45-60 м. Преходная кривая рассчитана на постоянную скорость.	0,0009	0,0001
		Съезд на спуске.		
		R более 60 м Преходная кривая ПЕРС***. Съезд на спуске.	0,0006**	0,0005**

Правоповоротные и полупрямые левоповоротные съезды		R=45-60 м. Преходная кривая*. R более 60 м. Преходная кривая*.	0,00025 0,0002	0,00015 0,0001
		R=45-60 м. Преходная кривая рассчитана на постоянную скорость. R=60-120 м. Преходная кривая ПЕРС***. R более 120 м. Преходная кривая рассчитана на постоянную скорость.	0,0005 0,00035 0,00025	0,0003 0,0002 0,00015
Полупрямые левоповоротные съезды		Разделение двух второстепенных поворачивающих потоков в процессе движения по съезду	0,0002	0,00015
		Слияние двух второстепенных поворачивающих потоков в процессе	0,00015	0,0001

		движения по съезду		

* При отсутствии переходной кривой относительная аварийность принимается в 1,5 раза большей.

** Для съездов с R=45-60 м, рассчитанных на постоянную скорость, но расположенных на подъеме, берется это же значение относительной аварийности.

*** ПЕРС - переходная кривая, рассчитанная на переменную скорость движения.

18.7. Технико-экономическое сравнение вариантов развязок движения

Возможность рассмотрения при автоматизированном проектировании для одного и того же транспортного узла большого числа типов развязок движения, а также большого числа вариантов планировочных и конструктивных решений элементов развязок ставит перед инженером-дорожником проблему сравнения конкурирующих вариантов по различным экономическим и техническим показателям.

Выбор оптимального варианта развязки позволяет при умеренных капиталовложениях в строительство эффективно организовать перевозки грузов и пассажиров и обеспечивает получение единовременного и ежегодного экономического эффекта в результате: снижения транспортно-эксплуатационных расходов; увеличения скоростей движения транспортных потоков; сокращения потерь времени при простоях автомобилей на пересечении; сокращения времени пребывания в пути пассажиров и грузов; снижения потерь народного хозяйства из-за дорожно-транспортных происшествий.

Технико-экономическое сравнение вариантов пересечений, особенно на ранних стадиях проектирования при выборе принципиальных решений, выполняют в следующей последовательности:

в соответствии с перспективной интенсивностью движения, ее распределением по направлениям и местными специфическими условиями назначают соответствующее число приемлемых для данных условий типов развязок движения (в частности, могут быть рассмотрены развязки полные и неполные);

для каждого типа развязки устанавливают ряд подвариантов конструктивных и планировочных решений, подсчитывают объемы работ и определяют строительную стоимость;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

решают вопрос необходимости стадийности строительства в соответствии с ростом интенсивности по возможности без бросовых затрат. При решении в пользу стадийного строительства расчетный период суммирования затрат подразделяют на этапы;

для каждого года эксплуатации определяют интенсивность движения, потери времени на пересечении, средние скорости транспортных потоков, количество дорожно-транспортных происшествий и вычисляют транспортно-эксплуатационные расходы;

определяют суммарные приведенные затраты по каждому из вариантов решения развязки и принимают к строительству вариант, характеризуемый наименьшей их суммой. Все варианты сравнивают в пределах участков пересекающихся дорог в границах, определяемых вариантом с наибольшими линейными размерами.

При расчетах суммарных приведенных затрат по вариантам учитывают следующие их составляющие:

общий объем капиталовложений в строительство, включая стоимость сноса зданий и сооружений, стоимость отчуждения земель под развязку и т.д.;

капитальные вложения в автомобильный транспорт, необходимые для выполнения расчетного объема грузо- и пассажироперевозок;

автотранспортные расходы;

расходы по текущему ремонту и содержанию развязки;

затраты, связанные со временем нахождения пассажиров в пути следования;

потери, связанные с дорожно-транспортными происшествиями.

Таким образом, суммарные приведенные затраты по каждому варианту решения развязки определяются:

$$P_{пр} = \sum_{1}^{N} K_0 (1 + E_{нп})^t + \sum_{1}^{T_o} \frac{K_{0t}}{(1 + E_{нп})^t} + K_0^{(a)} + \sum_{1}^{T_o} \frac{K_t^{(a)}}{(1 + E_{нп})^t} + \sum_{1}^{T_o} \frac{Э_t^{(рс)}}{(1 + E_{нп})^t} +$$

$$+ \sum_{1}^{T_o} \frac{Э_t^{(тр)}}{(1 + E_{нп})^t} + \sum_{1}^{T_o} \frac{Э_t^{(e)}}{(1 + E_{нп})^t} + \sum_{1}^{T_o} \frac{Э_t^{(дтп)}}{(1 + E_{нп})^t}, \text{ где}$$

N - число лет строительства;

K_0 - первоначальные капитальные вложения в строительство с разбивкой по годам;

K_{0t} - капитальные вложения в t-м году при стадийном строительстве,

$K_0^{(a)}$ - единовременные затраты на приобретение подвижного состава для осуществления объема грузо и пассажироперевозок, соответствующего началу эксплуатации развязки;

$K_t^{(a)}$ - дополнительные вложения в автомобильный транспорт в *t*-м году сообразно росту объемов перевозок;

$Э_t^{(рс)}$ - затраты в *t*-м году на текущий ремонт и содержание пересечения;

$Э_t^{(тр)}$ - автотранспортные расходы в *t*-м году;

$Э_t^{(в)}$ - потери, связанные с временем следования в пути пассажиров в *t*-м году;

$Э_t^{(дтх)}$ - потери, связанные с дорожно-транспортными происшествиями;

T_p - расчетный год сравнения вариантов;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$E_{нп}$ = 0,08 - нормативный коэффициент приведения разновременных затрат*.

* Глава подготовлена с использованием материалов Справочника инженера-дорожника (Проектирование автомобильных дорог: Справ. инж.-дор./ Под ред. д-ра техн. наук Г.А.Федотова. - М.: Транспорт, 1989. - 438 с).

ГЛАВА 19. ОСОБЕННОСТИ ИЗЫСКАНИЙ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОРОГ НА МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ (ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ) ГРУНТАХ

19.1. Распространение вечной мерзлоты на территории Российской Федерации

Проектирование и строительство автомобильных дорог в зоне вечной мерзлоты началось в 60-х годах XX столетия, связано с освоением целинных и залежных земель и особенно усилилось после открытия нефтяных и газовых месторождений в Западной Сибири.

Дорожное строительство в районах распространения вечной мерзлоты имеет целый ряд особенностей, связанных со сложностью природных условий и с трудностями социально-экономического характера России, особенно ее удаленных регионов:

прежде всего, это наличие огромных территорий, занятых озерами, болотами, марями и многолетнемерзлыми грунтами (ММГ);

практически повсеместное отсутствие качественных дорожно-строительных материалов: песчано-гравийных, щебеночных и других каменных материалов, необходимых для строительства дорог;

широкое распространение глинистых пылеватых грунтов, неблагоприятных для дорожного строительства;

очень короткий теплый период года (менее 2,5-4,5 месяцев) для ведения работ по строительству дорог;

суровые длинные зимы (до 7-9 месяцев) с очень низкими отрицательными температурами воздуха, доходящими до минус 60°-70° С и ниже, не позволяющие практически вести дорожно-строительные работы;

наличие в северных и центральных районах с ММГ жильных и погребенных льдов, вытаивание которых приводит к значительным термокарстовым просадкам и

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

катастрофическим провалам как местности, так и полотна дорог и других насыпных дамб, площадок и т.д.;

распространение мерзлотно-геоморфологических образований: бугры пучения, морозобойные трещины, формы рельефа, поверхностные надпочвенные образования в результате нивации и солифлюкции, а также наледи и термокарстовые явления;

значительная удаленность от экономически развитых районов страны и слабое развитие транспортной сети (менее 0,1-0,3 км на 1000 квадратных км территории), вследствие чего стоимость дорожного строительства в три раза, а в отдельных районах Крайнего Севера в пять-шесть раз выше, чем в Центральных районах Европейской территории Российской Федерации;

высокая стоимость рабочей силы на Крайнем Севере (в 3,4-4,8 раза больше), которая зависит не только от повышенной трудоемкости работ, но и повышенных тарифных ставок, льгот для работников и их семей;

дорожное строительство в районах Крайнего Севера нельзя вести методами и той же техникой, как в более южных зонах, особенно, если учесть уязвимость экологии Севера.

На нашей планете вечномерзлые (ВМ), многолетнемерзлые (ММ) и мерзлые (М) породы (грунты) являются закономерными естественно - историческими образованиями, которые характеризуются определенными законами возникновения, существования, развития и распространения.

На территории бывшего СССР площадь, занимаемая вечномерзлыми и многолетнемерзлыми грунтами, составляет 11,454 млн. км^2 (рис. 19.1), при этом в современной Российской Федерации она превышает 65 % ее территории, в том числе занимает 85 % территории Сибири, 95 % республики Саха (Якутии) и т.д. (табл. 19.1).

Таблица 19.1

Распространение вечной мерзлоты на территории бывшего СССР

Географические зоны	Площадь, занимаемая вечномерзлыми грунтами, км^2	Процент ко всей зоне вечной мерзлоты СССР	Преобладающие почва, грунты
Горная тундра	1 486 000	13	Скальные обломочные

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Тундра	1 570 000	13,7	Торфяно-глеевые, суглинистые, сильно льдонасыщенные
Лесотундра	261 000	2,3	Те же, в горах - скелетные
Лесная зона	7 308 000	63,8	Те же
Лесостепь	153 000	1,3	В поймах торфяно-подзолистые, влажные
Степь	276 000	2,4	Сухие суглинистые, супесчаные
Пустыни	400 000	3,5	Те же
ВСЕГО в СССР	11 454 000	100	

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

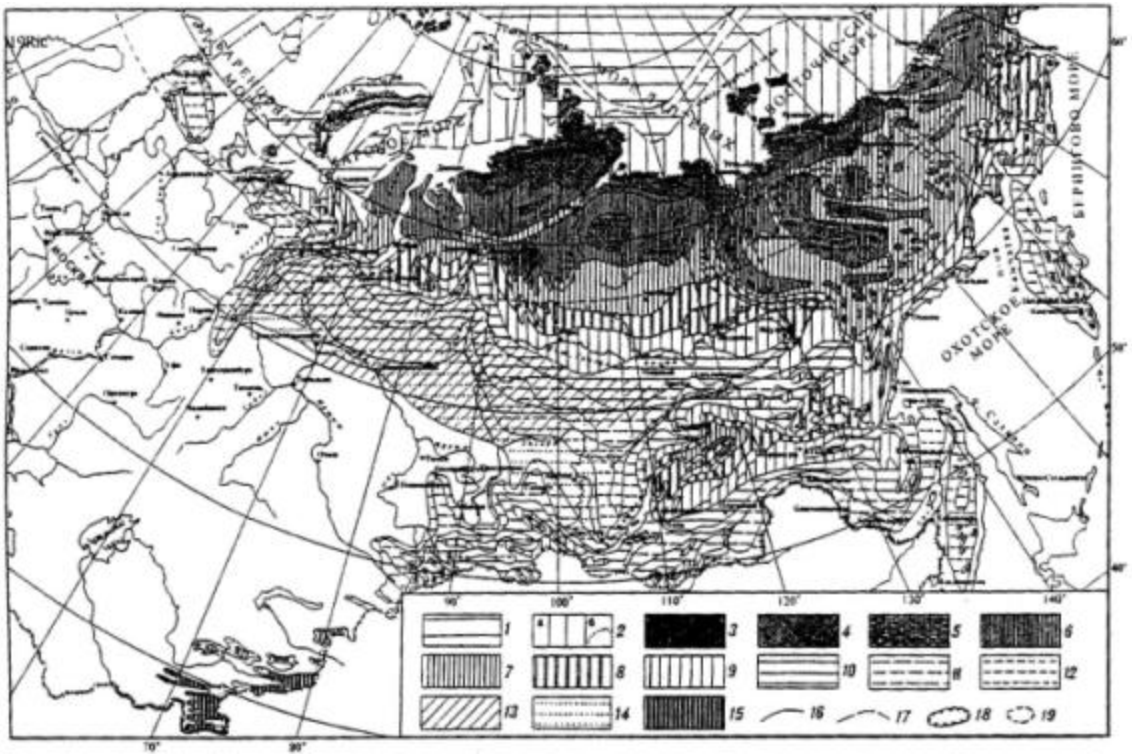


Рис. 19.1. Схематическая карта распространения многолетнемерзлых грунтов по данным кафедры геокриологии МГУ им. М. В. Ломоносова. Условные обозначения:
1-2 - зоны отрицательно-температурных соленых вод - криопэгов: 1 - вне области многолетнемерзлых пород (ММП); 2 - с островным (а) и сплошным (б) распространением реликтовых ММП (по Я.В. Неизвестнову); 3-9 - северная геокриологическая зона сплошного распространения ММП со среднегодовыми температурами пород ($t_{ср}$) и мощностью мерзлых толщ (М): 3 - $t_{ср}$ ниже минус 13°С, М > 800 м; 4 - $t_{ср}$ от минус 11 до минус 13°С, М = 500-700 м; 5 - $t_{ср}$ от минус 9 до минус 11°С, М = 400-600 м, в горных хребтах до 1 000 м и более; 6 $t_{ср}$ от минус 7 до минус 9°С, М = 300-500 м, в горных хребтах до 500-900 м; 7 - $t_{ср}$ от минус 5 до минус 7°С, М = 200-400 м, в горных хребтах до 300-500 м; 8 - $t_{ср}$ от минус 3 до минус 5°С; М = 200-400 м; 9 - $t_{ср}$ от минус 1 до минус 3°С, М = 100-300 м; 10-12 - южная геокриологическая зона: 10 - прерывистого (70-80 % площади занято ММП); 11 - островного (40-60 %); 12 - редкоостровного (5-10 %) распространения ММП: 10-19 ММП от 0 до минус 2°С, М до 100 м, реже до 200-300 м, $t_{ср}$ талых пород от +1 до 0°С; 11 - $t_{ср}$ ММП от 0 до минус 1°С, М до 50-70 м, реже до 100-200 м, $t_{ср}$ талых пород от +2 до 0°С; 12 - $t_{ср}$ ММП от 0 до минус 0,5°С, М до 15-20 м, реже до 50 м, $t_{ср}$ талых пород от +4 до 0°С; 13 - зона распространения двухслойных толщ ММП (по В.В. Баулину, Н.Г. Оберману); 14 - зона систематического сезонного промерзания пород с редкими островами (до 5 %) ММП и перелетками, $t_{ср}$ ММП от 0 до минус 0,5°С, М до 10-20 м; 15 - высокогорные районы с большим диапазоном изменений $t_{ср}$ (от 0 до минус 13°С и ниже) и ММП (до 1 000 м и более); 16 - граница между геокриологическими

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

зонами и подзонами; 17 - граница между зонами криопэгов; 18 - граница распространения сингенетически промерзших отложений с повторножильными льдами; 19 - граница субгляциальной криолитозоны мощностью от 0 до 500 м и более, t_{cp} ММП от 0 до минус 12°С

Главной особенностью территорий зоны вечной мерзлоты является то, что их освоение сопровождается образованием термокарстовых озер из-за таяния мерзлых грунтов и вытаивания жильных и погребенных льдов при нарушении мохорастительного покрова.

Передвижение по таким местам с тяжелой техникой наносит непоправимый ущерб территориям, это ограничивает возможные сроки сообщения между населенными пунктами.

Почти полное отсутствие дорог на большей части территории Сибири и Крайнего Севера затрудняет развитие этих регионов и доставку любых грузов, даже самых необходимых, жизненно важных продуктов жизнедеятельности местного и приезжего населения. Связь между населенными пунктами бывает возможной только по зимним дорогам (автозимникам, ледовым переправам).

19.2. Дорожно-климатическое районирование первой зоны - зоны вечной мерзлоты России

Разнообразие природно-климатических условий России учитывают с помощью дорожно-климатического районирования (ДКР), получившего в разные периоды отражение в нормативных документах (ВСН 84-62, ВСН 84-75, ВСН 46-83, СНиП 2.05.02-85, ВСН 84-89, ОДН 218.046-01 и др. [11, 15, 16, 24, 26, 29]. Многолетний опыт применения существующего дорожно-климатического районирования выявил, что оно не удовлетворяет в полной мере практике изысканий, проектирования дорог, особенно в районах с наличием многолетнемерзлых грунтов и требует дальнейшего уточнения и детализации. Целесообразно территорию России разделить на два региона [12, 13, 19, 21, 22, 47]:

1-й основной, особенностью которого является сезонное промерзание грунтов (~ 30-35 % территории России);

2-й, в котором поверхностный слой грунтов протаивает летом на некоторую глубину (сезонное оттаивание грунтов), а остальную часть года находится в мерзлом состоянии (~ 65-70 % территории России занимает вечная мерзлота (рис. 19.1) [33].

Линией раздела регионов следует считать границу распространения многолетнемерзлых грунтов на территории России.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В Северном полушарии Земли вечная мерзлота занимает более 22 млн. км:, из которых на долю территории бывшего СССР приходилось более половины (11,454 млн. км:), а в современной Российской Федерации превышает 65 % ее территории, в том числе занимает 85 % территории Сибири, 95 % республики Саха-Якутия [33] (см. рис. 19.1, табл. 19.1).Изучение природных условий зоны вечной мерзлоты показало, что на ее территории отчетливо выражено зональное изменение основных физико-географических факторов. Это диктует необходимость деления территории зоны вечной мерзлоты на подзоны. На основе исследований, проведенных Омским филиалом СоюздорНИИ (на дорогах Сибири и Крайнего Севера, в Якутии, Бурятии и других регионах с участием МАДИ (д-р техн. наук, проф. Н.А. Пузаков), ОмСХИ (д-р с/х наук, проф. В.С. Мезенцев), ВОЛАТТ (д-р техн. наук, проф. И.А. Золотарь) и результатов многолетних наблюдений (мониторинг дорог) за мерзлотным режимом на постах и опытных участках автомобильных дорог, зона вечной мерзлоты была разделена на фи характерные подзоны.

В настоящее время границы этих подзон значительно уточнены (рис. 19.2) автором настоящего раздела с учетом последних карт мерзлотоведов (рис. 19.1) на основе исследований проф. В.А. Давыдова (рис. 19.2). При этом названия подзон были сохранены аналогично предыдущим публикациям и нормативно-техническим документам (ВСН 84-75, ВСН 84-89) [29], однако при этом значительно уточнены границы подзон с конкретным указанием географических названий мест («Малая»* таблица районирования, табл. 19.2) [47]:

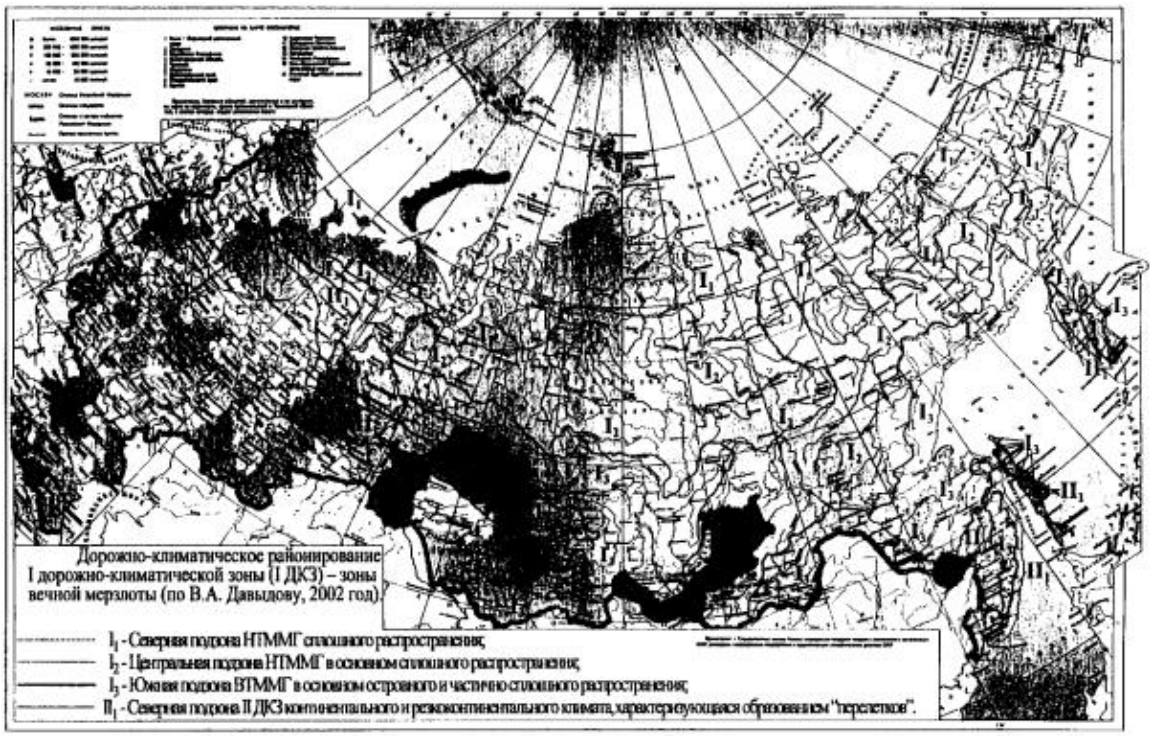


Рис. 19.2. Схематическая карта дорожно-климатического районирования зоны вечной мерзлоты (по В.А. Давыдову)

Первая подзона I_1 - Северная подзона низкотемпературных многолетнемерзлых грунтов (НТММГ) сплошного распространения с высокой влажностью грунтов сезонноотаивающего слоя (влажность грунтов выше предела текучести, > $W_{тек}$);

Вторая подзона I_2 - Центральная подзона (НТММГ) сплошного распространения с умеренной влажностью грунтов сезонноотаивающего слоя, $W_{отн}$ = (0,7-1) $W_{тек}$;

Третья подзона I_3 - Южная подзона высокотемпературных многолетнемерзлых грунтов (ВТММГ) сплошного и островного распространения с умеренной влажностью грунтов сезонноотаивающего слоя, $W_{отн}$ = (0,7-1) $W_{тек}$.

В связи со значительной громоздкостью (из-за перечисления множества населенных пунктов и географических названий) «Большая» таблица дорожно-климатического районирования здесь не приведена в полном объеме: она имеется в научном отчете отдела № 31 ГП «Росдорнии». Выполнить это деление на подзоны в настоящее время представилось возможным, учитывая исследования мерзлотоведов, наличие карт распространения многолетнемерзлых грунтов на территории бывшего СССР, например, в 1991 году была подготовлена обобщенная карта «Геокриологическая карта СССР» (масштаб 1:2 500 000), разработанная кафедрой геокриологии МГУ им. М.В. Ломоносова. Основными разработчиками и составителями карты являются: Э.Д. Ершов, К.А. Кондратьева, С.А. Замолотчикова, Н.И. Труш, Е.Н. Дунаева, А.В. Гаврилов, В.Е. Афанасенко, С.Ф. Хруцкий и др. [33].

В основу дорожно-климатического районирования положены факторы, оказывающие решающее влияние на устойчивость дорожных конструкций в данной зоне:

вид грунта сезонноотаивающего слоя и его влажность;

характер распространения многолетнемерзлых грунтов и их температура;

мощность слоя сезонного оттаивания;

среднегодовые температуры воздуха;

рельеф местности;

гидрология.

Совокупность этих признаков обусловлена сочетанием климатических, грунтово-гидрогеологических и мерзлотных особенностей и присуща в

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

определенной степени природным ландшафтам и рельефу земной поверхности. Действительно, каждый природный ландшафт является уникальным, обладающим неповторимой в целом совокупностью физико-географических условий, а также типичным и наиболее распространенным комплексом природных и территориальных особенностей. Поэтому для выделения границ подзон за основу взяты границы зональных типов ландшафтов.

В схеме деления территории зоны вечной мерзлоты на дорожно-климатические подзоны (см. рис. 19.2) принята нумерация подзон I_1, I_2, I_3, обозначающая: первую подзону первой дорожно-климатической зоны (ДКЗ); вторую подзону первой ДКЗ; третью подзону первой ДКЗ. Такая нумерация подзон позволяет сохранять общепринятые названия дорожно-климатических подзон (см. ВСН 84-89, ОДН 218.046-01 и др.). Характеристика природных условий и примерные географические границы районов приведены в «Малой» таблице районирования, табл. 19.2 [47]:

Таблица 19.2.

Характеристика и границы подзон I дорожно-климатической зоны (ДКЗ) - зоны вечной мерзлоты России («Малая таблица»)

Подзоны 1 ДКЗ - зоны вечной мерзлоты	Характеристика природных мерзлотно-грунтовых условий	Примерные границы подзон
1	2	3
I_1 - Северная подзона низкотемпературных многолетнемерзлых грунтов (НТММГ) сплошного распространения	Сплошное распространение многолетнемерзлых (вечномерзлых) грунтов мощностью от 200 до 900 м и более. Среднегодовая температура вечномерзлых грунтов колеблется от минус 3-5 до минус 12°С и ниже. Глубина сезонного оттаивания от 0,2 до 2 м (преимущественно менее 1 м). Высокое содержание в вечномерзлых грунтах льдов	Включает зону тундры и лесотундры с пятнистым микрорельефом. Северная подзона включает Крайний Север Архангельской и Мурманской областей, сев. оконечность п-ова Канин (в т.ч. возв. Канин Камень), Земли Франца-Иосифа, Новую Землю, о. Колгуев, центральные и северные части Малоземельской и Большеземельской тундры. Крайний Север Ненецкого

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

	различных типов и их неглубокое залегание. Грунты глинистые, пылеватые, иловатые, тундровые и болотные со среднегодовой суммарной влажностью более предела текучести. Рельеф - равнины и низменности.	национального округа (Нарьян-Мар), о. Вайгач, п-ов Югорский (р-н Амдермы). хр. Пай-Хой. о. Белый, п-ов Ямал. Полярный Урал, северную часть Ямало-Ненецкого автономного округа, п-ов Тазовский, п-ов Гыданский. Гыданскую гряду, п-ов Явай, п-ов Мамонта, о. Сибирякова. острова Шокальского. Олений, Сибирякова. Диксон. п-ов Таймыр, горы Бырранга. Таймырский (Долгано-Ненецкий) авт. округ. Крайний Север Западно-Сибирской равнины. Северо-Сибирскую низменность. Игарку, Норильск, Талнах. северную часть плато Путорана. о-ва Арктического института, о-ва Сергея Кирова, архипелаг Норд Шельда, Северную Землю, п-ов Челюскин, северную часть Средне-Сибирского плоскогорья, Анабарское плато, Крайний Север Саха-Якутии, Центрально-Якутскую равнину (северную часть Ленского бассейна стока, севернее Кыстатыама), о-ва Де Лонга, о-ва Анжу, Новосибирские о-ва, Ляховские о-ва, Берег Ойогос-Яр, Яно-Индигирскую низменность, Яно-Индигирские бассейны стока, Момо-Селенняхскую впадину, хр. Иргичинский,

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

		хр. Селенняхский, хр. Нэмкученский, хр. Кюн-Тас, кряж Полоусный, Кондаковское плоскогорье, кряж Улахан-Сис, кряж Суор-Уята, Алазейское плоскогорье, Колымскую низменность. Медвежьи острова, кряж Осалинский, Юкагирское плоскогорье, хр. Олойский, хр. Анюйский, Анадырское плоскогорье, Чукотский авт. округ., хр. Пэнульней, Чукотское нагорье, хр. Эквыватапский, о. Врангеля. Чукотский п-ов, хр. Пэнульней, бассейн стока р. Анадырь, Анадырскую низменность, северные офоги Корякского нагорья.
Центральная подзона I_2 - низкотемпературных многолетне -мерзлых грунтов (НТММГ) в основном сплошного распространения	В основном сплошное распространение многолетнемерзлых грунтов - ММГ (вечномерзлых - ВМГ) мощностью от 50 до 400 м. Среднегодовая температура ММГ грунтов колеблется от минус 1 до минус 5°С. Глубина сезонного оттаивания грунтов от 0,8 до 3 м. Грунты скальные, щебенистые, гравийно-галечниковые и глинистые со среднегодовой суммарной относительной влажностью от 0,7 до предела текучести, $W_{отн}$ = (0,7-1) $W_{тек}$. Рельеф в основном гористый, частично нагорья и	Включает частично тундру, таежную зону, зону смешанных лесов (Сибири), лесостепи и частично степи (р-ны Прибайкалья, южную часть Забайкалья, южные р-ны Читинской области), огромные горные территории (Средней и Восточной Сибири, Дальнего Востока). Центральная подзона включает северо-восточную часть Кольского п-ова (Мурманская обл.), северную часть Архангельской обл., центральные и южные р-ны Ненецкого авт. округа,

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

	сглаженный равнинный. Интенсивное развитие криогенных процессов	северные р-ны Республики Коми, Приполярный Урал, центральные и южные р-ны Ямало-Ненецкого авт. округа, Полуйскую возвышенность, северные и центральные р-ны Ханты-Мансийского авт. округа. Сибирские увалы, Верхнетазовскую возвышенность, зону смешанных лесов Западно-Сибирской равнины, центральную и южную части плато Путорана, Средне-Сибирское плоскогорье. Приленское плато, Становое нагорье, хр. Становой, хр. Верхоянский, хр. Сунтар-Хаята, хр. Черского, лесостепи и частично степи (р-н Прибайкалья, юг Забайкалья и далее уходит в Монголию), западную, северную и центральную части Читинской обл., северную часть Амурской обл.; западные, центральные, южные и восточные р-ны Саха-Якутии; северные, западные, центральные р-ны Хабаровского края; западные, центральные, северные р-ны Магаданской обл., Корякский авт. округ, южную и восточную части Корякского нагорья.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

		Центральная подзона с севера ограничена первой подзоной.
I_3 - Южная подзона высокотемпературных многолетнемерзлых грунтов (ВТММГ) частично сплошного (северные р-ны подзоны), в основном островного распространения (южные р-ны подзоны)	Преимущественно островное распространение многолетнемерзлых грунтов - ММГ (вечномерзлых - ВМГ) мощностью от 50 до 100 м. Среднегодовая температура ММГ выше минус 1°С. Глубина сезонного оттаивания достигает 3,5-4 м и более. Грунты пылеватые, глинистые, песчаные, торфоглинистые в западной части подзоны и щебенистые, галечниковые и глинистые в восточной части подзоны со среднегодовой суммарной относительной влажностью от 0,7 до предела текучести, $W_{отн}$ = (0,7-1) $W_{тек}$. Рельеф равнинный в западной части подзоны и горный или холмистый - в восточной.	Включает таежные, лесостепные и степные зоны, побережье Охотского моря (восточные районы Магаданской обл., северные и восточные районы Хабаровского и Приморского краев), северную и центральную часть п-ова Камчатка. Южная подзона расположена севернее южной географической границы зоны вечной мерзлоты на Кольском п-ове и далее в Европейской части России, на Дальнем Востоке и севернее южной государственной границы с Казахстаном, Монголией и Китаем в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Включает северную и центральную часть п-ова Камчатка, северную часть о-ва Сахалин, горы Сихотэ-Алинь (Приморский и Хабаровский края). Имеются высокотемпературные многолетнемерзлые грунты (ВТММГ) на Курильских о-вах: Атласова, Парамушир. Онекотан, Симушир, Уруп, Итуруп, Кунашир и др.
II_1 - Северная подзона	Образование перелетков, нередко возникающих на	Прилегающая к южной географической границе

II ДКЗ	глубине сезонно замерзающих слоев грунта в районах с континентальным и резкоконтинентальным климатом, с отрицательной среднегодовой температурой воздуха (ниже минус 0°С).	зоны вечной мерзлоты. Северная подзона IIДКЗ включает юго-западную часть Мурманской области, северо-восточную часть Архангельской обл., центральные и восточные районы Республики Коми, северные районы Свердловской области, юго-западные районы Ханты-Мансийского авт. округа, центральные и восточные районы Тюменской обл., северные р-ны Омской обл., западно-центрально-восточные районы Томской области, юго-западный район Красноярского края. В Еврейском авт. округе, в Хабаровском и Приморском краях все площади, не занятые ММГ, до границ с Китаем и Кореей; в южных районах п-ова Камчатка, в центральных и южных районах о-вов Сахалин и Курильских, все площади, не занятые ММГ.

Примечания:

1. Границы намечены примерно, их следует корректировать в процессе проектно-изыскательских работ в соответствии с характеристикой условий местности и многолетнемерзлых грунтов (см. текст и настоящую таблицу); Огромнейшие территории, занятые многолетнемерзлыми (вечномерзлыми) грунтами, могут иметь дополнительные уточнения по отдельным регионам;

2. В горных районах в связи с вертикальной зональностью необходимо учитывать изменения природно-климатических условий по мере увеличения высоты пояса;

3. В гористой местности многолетнемерзлые грунты обычно встречаются на заболоченных участках, на склонах северной экспозиции и в пониженных затененных местах.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Наиболее неблагоприятной для дорожного строительства является первая Северная подзона (I_1), где широко распространены жильные и погребенные льды, близко залегающие к поверхности земли. Здесь, в большинстве мест необходимо проектировать и строить дороги с минимальным нарушением естественного режима территории, используя, как правило, первый принцип (с вариантами) проектирования и строительства дорог, т.е. сохранение мерзлоты в основании насыпи в течение всего периода эксплуатации дороги.

Природно-климатические условия второй Центральной подзоны (I_2) более стабильны, предсказуемы и позволяют проектировать земляное полотно по второму принципу с допущением оттаивания грунтов основания под насыпью и учетом возникающих при этом деформаций дорожного покрытия.

Третья Южная подзона (I_3) высокотемпературных многолетнемерзлых грунтов (пород) - ММГ (ММП), в основном, островного распространения кажется наиболее благоприятной для дорожного строительства, однако это обманчивое впечатление. Здесь очень трудно определить наличие и характер мерзлоты: вечномерзлые грунты встречаются или в виде сплошной высокотемпературной вечной мерзлоты, или в виде отдельных мерзлых островов среди талой толщи грунта.

В горных районах в связи с вертикальной зональностью необходимо учитывать изменение природно-климатических условий по мере увеличения высоты пояса. В гористой местности вечномерзлые грунты обычно встречаются на заболоченных участках, склонах северной экспозиции и в пониженных затененных местах.

Земляное полотно на участках островной мерзлоты следует проектировать и строить по третьему принципу, т.е. с обеспечением предварительного оттаивания грунтов основания под насыпью (примерно за год до возведения земляного полотна) и подготовки дорожной полосы, включая осушение.

Кроме того, выделена Северная подзона II ДКЗ - (II_1), примыкающая к южной границе с наличием вечной мерзлоты островного типа, с высокотемпературными пластично мерзлыми грунтами (см. рис. 19.2). Здесь происходит образование «перелетков», нередко возникающих на глубине сезонно замерзающих слоев грунта в районах с континентальным и резко-континентальным климатом, с отрицательной среднегодовой температурой воздуха (ниже минус 0°С).

Для более детальной характеристики условий района проложения трассы автомобильной дороги принято делить его на участки (типы местности) по характеру поверхностного стока и степени увлажнения. Такое деление на типы местности возможно также для зоны вечной мерзлоты с учетом дополнений, отражающих специфические, мерзлотно-грунтовые условия этой зоны (табл. 19.3), которые в свою очередь, определяют выбор и расчет дорожных конструкций.

Таблица 19.3.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Типы местности по характеру поверхностного стока, степени увлажнения и мерзлотно-грунтовым условиям

Типы местности	Условия увлажнения	Характерные признаки
1-й (сухие места)	Без избыточного увлажнения. Поверхностный сток обеспечен. Естественная относительная влажность грунтов менее 0,8 от предела текучести.	Каменистые возвышенности, крутые склоны сопок, песчаные и гравийно-галечниковые косы с мощностью сезонно оттаивающего слоя более 2,5 м. Грунты гравийно-галечниковые, песчаные, а также супесчаные, глинистые, непросадочные и малопросадочные*.
2-й (сырые места)	Избыточное увлажнение в отдельные периоды года. Поверхностный сток не обеспечен. Естественная относительная влажность грунтов от 0.8 до предела текучести.	Плоские водоразделы, пологие склоны гор и их шлейфы с мощностью сезонно оттаивающего слоя от 1,0 до 2,5 м. Грунты глинистые, просадочные*.
3-й (мокрые места)	Избыточное постоянное увлажнение. Водоотвод не обеспечен. Надмерзлотные и длительно стоящие (более 20 суток) поверхностные воды. Естественная относительная влажность грунтов выше предела текучести.	Мари, заболоченные тальвеги, замкнутые впадины с развитым мохоторфяным покровом и малой мощностью (до 1 м) сезонно оттаивающего слоя. Грунты глинистые, сильно просадочные и чрезмерно просадочные*, содержащие в пределах двойной мощности сезонно оттаивающего слоя линзы льда толщиной более 10 см.

*) Грунты подразделяются по категориям просадочности:

I категория - условно непросадочные при относительной степени просадочности d = 0-0,01;

II категория - малопросадочные - при d = 0,01-0,1;

III категория - просадочные - при d = 0,1-0,4;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

IV категория - сильно просадочные - при d = 0,4-0,6;

V категория - чрезмерно просадочные - при d = 0,6-1,0.

Степень просадочности d определяется по формуле:

$$\delta = \frac{(\gamma_{TH} - \gamma_M)}{\gamma_{TH}},$$ где

g_{TH} - объемный вес скелета талого грунта, оттаявшего под нагрузкой 1 кгс/см^2 = 9,80665×10^4 н/м^2;

g_M - объемный вес скелета грунта в мерзлом состоянии, г/см^3.

Таким образом, территория многолетнемерзлых пород для целей транспортного строительства разделена на фи подзоны: Северная подзона низкотемпературных многолетнемерзлых грунтов (НТММГ) сплошного распространения, Центральная подзона низкотемпературных многолетнемерзлых грунтов (НТММГ) преимущественно сплошного распространения и Южная подзона высокотемпературных многолетнемерзлых грунтов (ВТММГ) преимущественно островного распространения.

В Северной и Центральной подзонах в основном это сливающаяся мерзлота, а в Южной - несливающаяся (рис. 19.3).

Это районирование может быть названо макрорайонированием, более детальное микрорайонирование следует разрабатывать в процессе изысканий вдоль трассы будущей дорога с учетом конкретных мерзлотно-грунтовых и инженерно-геологических условий.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

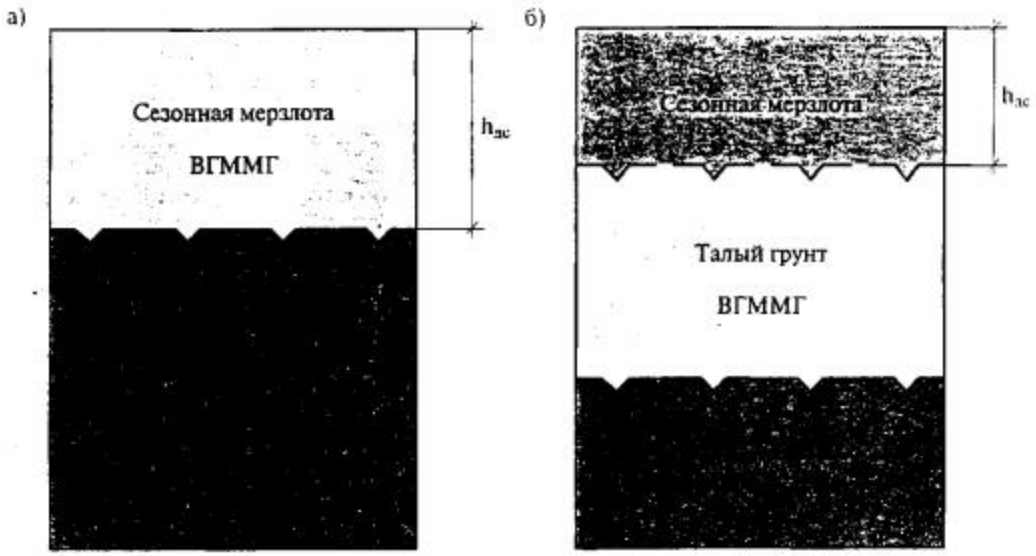


Рис. 19.3. Сливающаяся (а) и несливающаяся (б) мерзлота

19.3. Принципы проектирования и строительства дорог на многолетнемерзлых грунтах

Многолетний опыт строительства железных и автомобильных дорог на многолетнемерзлых грунтах в России, затем в СССР, а позднее в США и Канаде доказал целесообразность и правильность проектирования и строительства земляного полотна в насыпях (выемки составляют менее 2-3 %) из несцементированных обломочных грунтов. Применение несцементированных обломочных грунтов в качестве материала для земляного полотна еще не решает проблему его прочности и в то же время приводит к высокой стоимости строительства дорог.

Особенно неблагоприятной для дорожного строительства является первая Северная подзона, где широко распространены тундровые, переувлажненные (более предела текучести), глинистые, тонкодисперсные грунты с наличием жильных и погребенных льдов, близко залегающих к поверхности земли. Здесь в большинстве мест необходимо проектировать и строить дороги со строгим сохранением естественного режима местности, используя, как правило, первый принцип проектирования и строительства дорог, предусматривающий поднятие верхней поверхности многолетнемерзлых грунтов в насыпь и сохранение их в мерзлом состоянии в течение всего периода эксплуатации дороги. Следует широко использовать естественные и различные искусственные теплоизоляционные материалы. При этом при проектировании, а затем и при строительстве автомобильных дорог насыпь необходимо доводить до такой высоты, чтобы не было оттаивания грунтов в ее основании, то есть при $H_{от} = 0$.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Этого достигают путем сохранения условия, при котором отрицательная среднегодовая температура в основании насыпи

$\left(t_{ср\,год}^{осн}\right)$ будет ниже температуры замерзания грунта ($q_{зг}$) - условие для 1 принципа сохранения мерзлоты [31, 45]:

$$t_{ср\,год}^{осн} \le \theta_{зг},$$

Природные условия второй Центральной подзоны создали меньшую влажность местности и позволяют проектировать земляное полотно по второму принципу, предусматривающему частичное оттаивание грунтов основания с учетом возникающих при этом деформаций. В этом случае возникает возможность значительного удешевления стоимости строительства за счет использования глинистых местных грунтов взамен дорогих привозных, несцементированных, обломочных (дренирующих) грунтов.

При проектировании и строительстве дорог по второму принципу высота насыпи определяется [39, 40] с учетом возникающих деформаций (осадок) поверхности покрытия, принимаемых по ВСН 46-83 и по рекомендациям проф. Н.А. Пузакова. При этом высота насыпи для дорог с цементобетонным покрытием должна быть выше, чем

$H_{\min}^{ц/б}$, при которой оттаявший слой основания

$H_{осн}^{I}$ даст такую величину осадки земляного полотна, чтобы у покрытия была осадка меньше или равная допустимой величине

$(S_p^1 \le 2\ см)$. Для дорог с асфальтовым покрытием высота насыпи должна быть выше

$H_{\min}^{а/б}$, при которой величина оттаявшего слоя основания

$H_{ост}^{д}$ даст величину осадки поверхности покрытия меньше или равную допустимой величине

($S_{р}^{а/б} \leq$ от 4 и до 6 см - в зависимости от типа асфальтового покрытия).

Таким же образом определяется высота насыпи

$H_{\min}^{пер} \leq H_{ост}$, при которой фактическая осадка покрытия

$S_{ф}^{пер} \leq S_{доп}^{пер} = 10$ см для переходных типов покрытия. Аналогично для низших типов покрытия высота насыпи

$H_{\min}^{низ}$ £ такой $H_{от}$, при которой

$S_{ф}^{низ} \leq S_{доп}^{низ} = 15$ см. (рис. 19.4).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

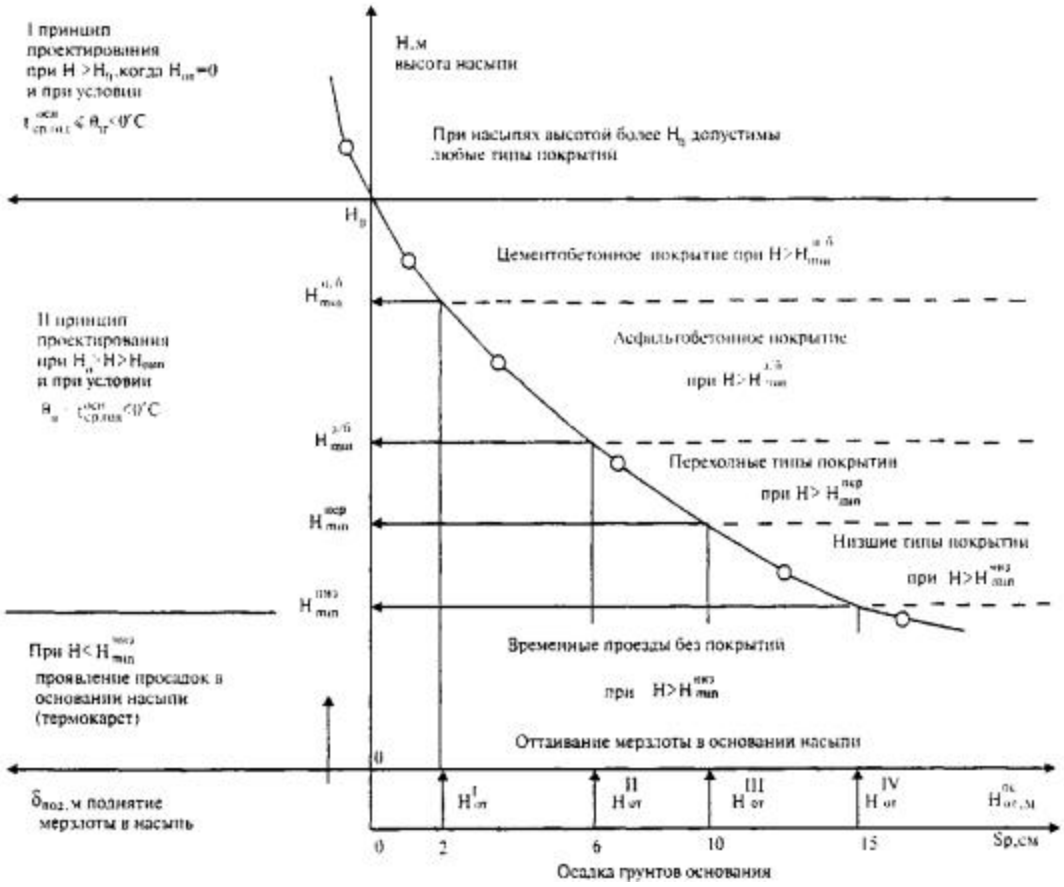


Рис. 19.4. График зависимости осадки (S_p) и глубины оттаивания основания (

$H_{от}^{рс}$) от высоты насыпи (И)

Однако при любом типе покрытия или вообще без покрытия высота насыпи не должна быть меньше определенной величины (

$H_{min}^{низ}$), иначе земляное полотно разрушится в результате термокарстовых процессов. Условием сохранения многолетней мерзлоты в основании насыпи на определенной глубине от поверхности, но не глубже, чем

$H_{от}^{IV}$, является сохранение отрицательной среднегодовой температуры грунтов основания насыпи

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$\theta_{3z} < t_{ср\,год}^{осн} < 0^{\circ}C,$$

Это условие сохранения температурного режима для обеспечения II принципа проектирования и строительства дорог в районах ММГ (ВМГ) [39, 40].

Третья Южная подзона на первый взгляд более благоприятна для дорожного строительства. Здесь многолетнемерзлые грунты встречаются или в виде сплошной высокотемпературной мерзлоты, или в виде отдельных мерзлых островов среди талой толщи грунта. Эта подзона изобилует холмистым, гористым и горным рельефами с широким распространением щебенистых, дресвяных, галечниковых и иногда глинистых грунтов. При этом, земляное полотно на участках островного распространения многолетнемерзлых грунтов следует сооружать из местных дренирующих грунтов по третьему принципу, предусматривающему обеспечение предварительного оттаивание грунтов основания и осушения дорожной полосы до возведения насыпи.

Условием обеспечения III принципа проектирования и строительства дорог является сохранение положительной среднегодовой температуры грунта в основании насыпи [39, 40]:

$$t_{ср\,год}^{осн} > 0^{\circ}C,$$

В окончательном виде принципы проектирования и строительства автомобильных дорог на многолетнемерзлых грунтах можно сформулировать следующим образом (В.А. Давыдов, А.А. Малышев, И.А. Золотарь, Н.А. Пузаков и др. [13, 22]; В.А. Давыдов [19, 21, 31, 45]):

первый принцип - это сохранение многолетнемерзлых грунтов в основании земляного полотна в течение всего периода эксплуатации дороги (рис. 19.5).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

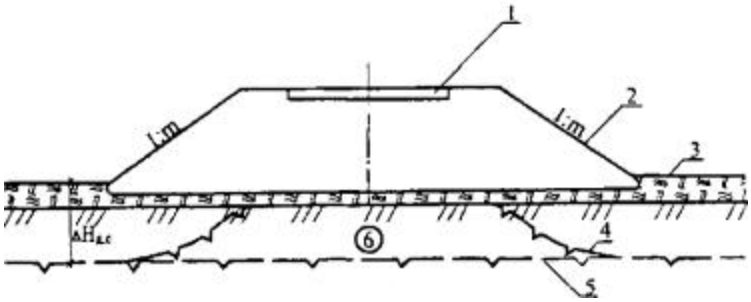


Рис. 19.5. Конструкция автомобильной дороги в особо сложных условиях при проектировании по первому принципу проектирования и последующего строительства с сохранением мерзлоты в основании насыпи:
1 - дорожная одежда; 2 - насыпь; 3 - мохорастительный покров; 4 - ВГММГ после строительства дороги; 5 - ВГММГ до строительства; 6 - новообразованная мерзлота под насыпью

второй принцип - допущение частичного оттаивания многолетнемерзлых грунтов в основании земляного полотна на величину, определяемую расчетом по допустимым деформациям дорожных покрытий (рис. 19.6).

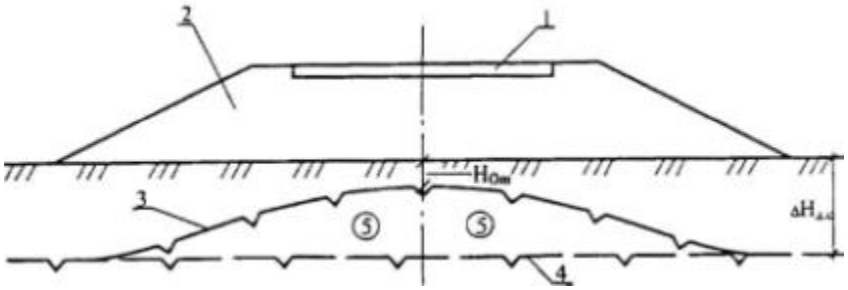


Рис. 19.6. Конструкция автомобильной дороги в сложных условиях при проектировании по второму принципу проектирования и последующего строительства с допущением оттаивания мерзлоты в основании насыпи и учетом деформаций дорожных покрытий:
1 - дорожная одежда; 2 - насыпь; 3 - ВГММГ после постройки насыпи; 4 - ВГММГ до постройки насыпи; 5 - новообразованная мерзлота

третий принцип - предварительное оттаивание многолетнемерзлых грунтов за год до начала строительства дороги, подготовка и осушение придорожной полосы (рис. 19.7).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

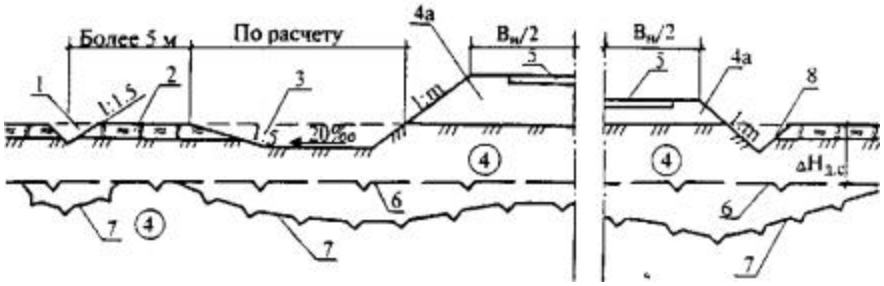


Рис. 19.7. Конструкция автомобильной дороги в условиях островной высокотемпературной мерзлоты при проектировании по третьему принципу проектирования с предварительным оттаиванием многолетней мерзлоты в основании насыпи и осушением придорожной полосы:
1 - водоотводная канава; 2 - мохорастительный покров; 3 - резерв; 4 - грунт легкоосушаемый; 4-а насыпь из легкоосушаемых грунтов; 5 - дорожная одежда; 6 - ВГММГ до строительства дороги; 7 - ВГММГ после постройки дороги; 8 - кювет

В связи со значительными трудностями сооружения земляного полотна в рассматриваемой зоне из-за отсутствия качественных грунтов следует тщательнее проводить изыскания, подробнее и на широкой полосе изучать грунты вдоль трассы дороги, получать более надежные данные по качественной характеристике грунтов и материалов. Это позволит правильно определять конструкции земляного полотна, в меньших объемах применять привозные дорогостоящие грунты и устанавливать оптимальную высоту насыпи по трём критериям:

по наличию многолетней мерзлоты в основании насыпи на определенной глубине; определяется по температурному режиму многолетнемерзлых и сезонно мерзлых грунтов и по их физическому состоянию - мерзлое или талое, что определяют принципы проектирования и строительства дорог (см. рис. 19.5-19.7) [46];

по снегонезаносимости дорожной конструкции - см. СНиП 2.05.02-85, раздел 6;

по условиям увлажнения местности (при трех типах местности-сухие, сырые и мокрые места (см. табл. 19.3) настоящей главы, СНиП 2.05.02-85, табл. 21, плюс 0,3-0,5 м выше по рекомендации проф. В.А. Давыдова.

19.4. Особенности водно-теплового режима естественных грунтов и земляного полотна автомобильных дорог в районах вечной мерзлоты

Своеобразные гидрогеологические условия в сочетании с суровыми природно-климатическими факторами зоны вечной мерзлоты предопределяют особый водно-тепловой режим земляного полотна автомобильных дорог [19, 21].

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Промерзание в зоне вечной мерзлоты происходит с двух сторон: сверху - за счет отрицательных температур воздуха, снизу - за счет охлаждения от толщи многолетнемерзлых грунтов.

Таким образом, в зоне вечной мерзлоты в течение всего теплого времени года в земляном полотне или в его основании находится мерзлый, практически несжимаемый слой грунта на незначительной глубине оттаивания (до 1,5-2,5 м). Процесс промерзания земляного полотна и основания в зоне вечной мерзлоты (рис. 19.8) подобен схеме процесса оттаивания в средней полосе страны. В обоих случаях имеет место двустороннее направление потоков: холода - в зоне вечной мерзлоты, тепла - в средней полосе страны.

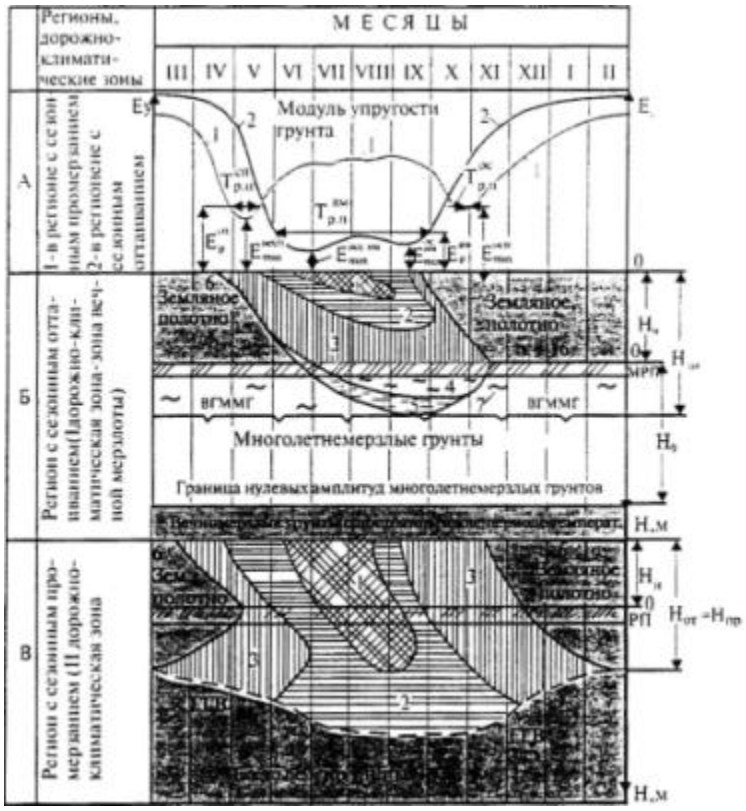


Рис. 19.8. Схема годового цикла водно-теплового режима земляного полотна и основания в районах вечной мерзлоты и сезонного оттаивания грунтов:
А - изменение модуля упругости грунта земляного полотна в годовом периоде; Б и В - схемы протаивания, промерзания и увлажнения соответственно в I и во II ДКЗ. 1 - сухой талый грунт; 2 - влажный талый грунт; 3 - талый грунт повышенной влажности; 4 - переувлажненный талый грунт; 5 - надмерзлотная вода; 6 - твердомерзлый грунт; 7 - прослойки и линзы льда; $H_н$ - высота насыпи; $H_{от}$ - мощность слоя оттаивания (промерзания); $H_о$ - глубина расположения границы нулевых амплитуд; ГГВ - горизонт грунтовых вод

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Как установлено (Н.А. Цытович и др. [7, 8, 9]), модули деформации и упругости мерзлых глинистых грунтов имеют высокие значения, а талых - в несколько раз (иногда в десятки раз) меньше. В переходном состоянии от мерзлого к талому величина модуля упругости может иметь различные промежуточные значения, которые уменьшаются как за счет перехода мерзлого состояния грунта в талое, так и за счет более глубокого расположения мерзлого слоя грунта. Это положение имеет большое практическое значение для проектирования и строительства дорог в указанных районах, так как регулированием глубины расположения многолетнемерзлого слоя грунта можно повышать величину эквивалентного модуля упругости грунта земляного полотна, увеличивая, таким образом, прочность всей дорожной конструкции.

Оттаивание земляного полотна и основания в зоне вечной мерзлоты протекает по схеме (см. рис. 19.8, б), подобной схеме промерзания в районах сезонного промерзания, например, во II дорожно-климатической зоне (рис. 19.8, в). При этом имеет место одинаковое направление потоков тепла (в зоне вечной мерзлоты) и потоков холода (в районах сезонного промерзания). В рассматриваемой зоне оттаивание происходит сверху и продолжается в течение всего теплого периода года, пока не будет установлено динамическое равновесие между потоками тепла сверху от атмосферы и потоками холода снизу от многолетнемерзлых грунтов.

Многолетние исследования на дорогах Саха-Якутии и Бурятии позволили проследить за изменением модулей деформации и упругости в процессе оттаивания, которые определяли с помощью пресса и жестких металлических штампов диаметрами 20, 25 и 34 см [13, 19, 21, 22].

При $H_{от} = 0$, то есть, когда грунт был мерзлым, модули упругости, по данным наших опытов, имели огромную величину: $E_y = 2 \cdot 10^2 - 25 \cdot 10^2$ МПа, а $E_д = 0{,}4 \cdot 10^2 - 5 \cdot 10^2$ МПа. При глубине оттаивания 4-5 см модуль упругости составлял уже 180-219 МПа, а деформации - 63-35 МПа.

Затем, по мере увеличения глубины оттаивания грунта, величина его эквивалентного модуля упругости быстро уменьшалась. Это происходило вследствие перехода грунта из мерзлого состояния в талое (за счет разрушения в нем льдоцементирующих связей) и удаления от поверхности более прочного мерзлого грунта.

При глубине оттаивания, равной 3-4 диаметрам штампа, модули упругости достигали минимальных значений, близких по абсолютной величине к модулям упругости талого грунтового полупространства. Таким образом, при глубине оттаивания более 4 диаметров штампа влияние мерзлого слоя практически прекращается (составляет менее 4-5 %).

Это явление необходимо учитывать при расчетах прочности дорожных конструкций. На величину модулей деформации и упругости кроме влажности и

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

плотности глинистого грунта значительное влияние оказывает положение мерзлого слоя при оттаивании, ограничивающего зону обжатия грунта. Вопрос о распределении напряжений и деформаций до настоящего времени наиболее полно разработан только применительно к упругому изотропному полупространству при действии статических нагрузок. Величины сжимающих напряжений, возникающих на контакте грунтового слоя и жесткого основания, исследовались за рубежом (Мелан, Био, Маргерр и др.) и в нашей стране (О.Я. Шехтер, К.Е. Егоров, М.И. Горбунов-Посадов и др.). Получены аналитические решения и разработаны приемы численного определения напряжений и деформаций.

Согласно этим решениям, а так же опытным данным О.Ф. Никитина в ХАДИ, В.А. Давыдова в Омском филиале Союздорнии (1964-1976 гг.) и др. установлено, что величина осадки в системе с несжимаемым основанием меньше, чем в однородном полупространстве. Была получена картина распределения сжимающих напряжений в слое грунта ограниченной толщины на несжимаемом основании. При этом установлено, что наличие практически жесткого несжимаемого слоя вызывает концентрацию напряжений по оси нагрузки. Оттаивание грунта создает сложную многослойную систему, которую с некоторыми допущениями можно принять как двухслойную.

Величину эквивалентного модуля упругости системы - талый (верхний) плюс мерзлый (нижний) слой - можно определить, условно принимая мерзлый слой грунта несжимаемым. В этом случае влияние нижнего более прочного и жесткого слоя уменьшает осадку под грузом верхнего талого грунта, повышая, таким образом, прочность системы - упруго пластичный слой грунта плюс жесткое несжимаемое основание. Это явление можно учесть, используя решение К.Е. Егорова, основанное на формуле Маргерра:

$$\beta = \int_0^{\infty} I_0(r/H)t \times I_1(R/H)t \times Sh^2 t / (Sht \times Cht + t) \times dt / t,$$

где

R - радиус штампа, см;

r - расстояние от центра круглого штампа до точки, перемещения которой определяют, см;

I_0 - функция Бесселя нулевого порядка первого рода;

I_1 - функция Бесселя нулевого порядка второго рода;

Sh, Ch - соответственно гиперболические синус и косинус;

H - мощность талого слоя грунта, см;

t - произвольный параметр интегрирования.

Для точек, расположенных под центром нагруженной площадки - $r = 0$ и $I_0 = 0$.

Коэффициент влияния жесткого несжимаемого слоя (А) на величину модуля упругости является обратной величиной коэффициента *b*:

$$A = 1/\beta = 1/\int_0^{\infty} I_1 \times (R/H) \times t \times [(Sh^2 t/(Sht \times Cht + t)] \times dt/t,$$

(19.1)

Таким образом, влияние мерзлого слоя на прочность оттаивающего грунта может быть определено по формуле (19.1) или по графику (рис. 19.9).

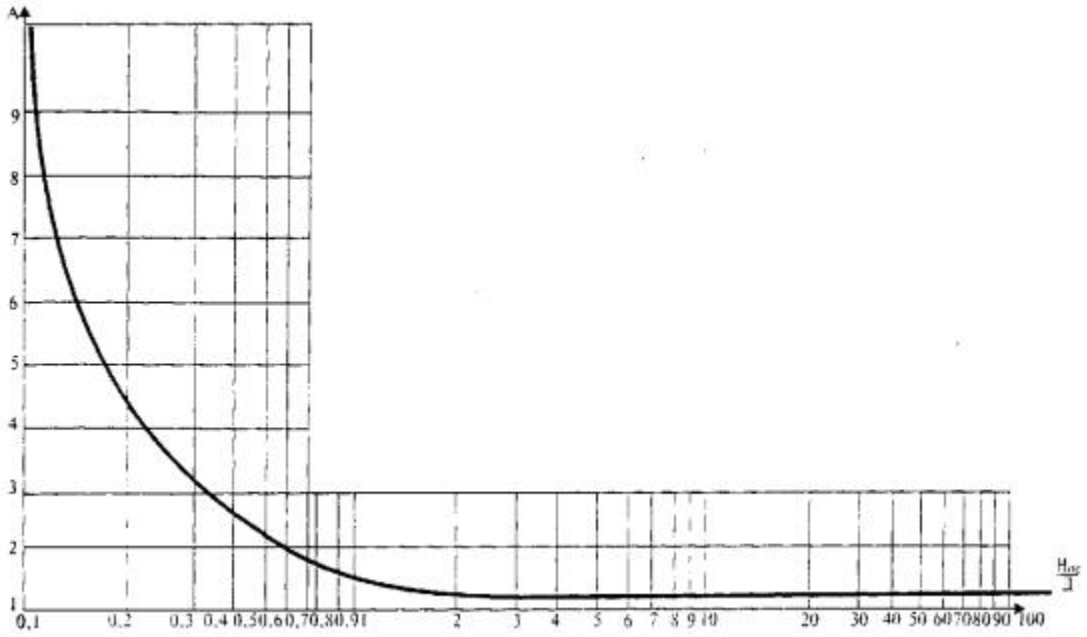


Рис. 19.9. График для определения коэффициента влияния мерзлого слоя *A* на величину модуля упругости (деформации) в зависимости от относительной глубины залегания мерзлого слоя

В грунтах земляного полотна и основания, как правило, влажность по глубине не однородна (в верхних слоях - меньше, а в нижних - больше) и в течение всего периода оттаивания имеет непостоянные значения (см. рис. 19.8, б). Указанную

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

закономерность для естественных условий зоны вечной мерзлоты отмечали многие мерзлотоведы и проф. Н.А. Пузаков, однако практических рекомендаций по ее учету при оценке прочности грунтов не было сделано.

Характерные эпюры распределения влажности по глубине оттаявшего слоя в расчетный период (весна - лето) были установлены В.А. Давыдовым [13] в процессе обследования автомобильных дорог в районах с многолетнемерзлыми грунтами. В начале оттаивания земляного полотна происходит увлажнение активного верхнего слоя грунта (весенний период), затем, по мере опускания границы оттаивания вниз, вслед за горизонтом мерзлоты опускается свободная влага под действием гравитационных сил.

В летний период за счет испарения с поверхности и инфильтрации просыхают верхние слои земляного полотна, а в нижних слоях на границе с мерзлым грунтом наблюдается максимальная влажность, нередко достигающая предела текучести. Такое распределение влажности обусловливает неравнопрочность грунтов по глубине, что необходимо учитывать в расчетах прочности дорожных конструкции. По фактическим данным натурных исследований (В.А. Давыдов, 1966) было установлено, что при глубине оттаивания более величины, равной 3 диаметрам штампа, влажность грунта распределяется по экспоненциальной зависимости. Следовательно, зная влажность верхнего и нижнего слоев, можно по зависимости $E = f(W)$ определить соответствующие значения модулей упругости или деформации любого слоя грунта. При этом целесообразно использовать метод вычисления осадок и напряжений отдельных слоев, основанный на решении задач по законам теории упругости. Многослойную систему дорожной конструкции можно рассматривать как упругое неоднородное полупространство, состоящее из однородных слоев, связанных между собой условием непрерывности напряжений и перемещений. Каждый из слоев характеризуют определенной толщиной, модулем упругости (деформации) и коэффициентом Пуассона. Величину эквивалентного модуля упругости на поверхности неоднородного по глубине земляного полотна можно получить, используя решение Б.И. Когана, разработанное для конструирования дорожных одежд. На основе этого решения была разработана номограмма (В.А. Давыдов, 1974).

В общем виде график изменения модуля упругости грунта

$(E_y^{общ})$ или модуля деформации

$(E_\delta^{общ})$ от глубины оттаивания с учетом мерзлого слоя и неоднородного увлажнения по глубине может быть описан Уравнением В.А. Давыдова:

$$E_y^{общ} = E_y^0 \left[1 + в_y / (H / Д) + c_y / (H / Д)^2\right],$$

$$E_д^{общ} = E_д^0 \left[1 + в_д / (H / Д) + c_д / (H / Д)^2\right],$$ где

выражение в квадратных скобках названо обобщенным коэффициентом влияния мерзлого слоя грунта и неоднородного увлажнения его по глубине A_y, $A_д$;

E_y^0, $E_д^0$ - модуль упругости или деформации однородного массива грунта при определенных значениях его оптимальной влажности и максимальной стандартной плотности;

$в_y$, $в_д$, c_y, $c_д$ - коэффициенты, зависящие от типа грунта, величины относительной деформации и других факторов (табл. 19.4 для $в_д$, $c_д$);

Таблица 19.4.

Опытные значения модуля деформации при критических значениях глубины оттаявшего слоя ($H_{от}$) грунта

Грунт	Относительная деформация	$E_д^0$	$в_д$	$c_д$	Критические точки	
					$E_д^{min}$	$H_{кр}/Д$
Супеси	Экспериментальные средние кривые					

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

	0,01	42	-2,42	5,07	30	4,5
	0,02	30,5	-2,23	4,8	22	4
	0,03	22	-2,23	3,9	15	3,5
Супеси	Экспериментальные минимальные (нижние) кривые					
	0,01	30	-4,2	7,3	12	3,5
	0,02	23	- 3,7	6,2	10	3,3
	0,03	16	-3	4,5	8	3
Суглинки и глины	Экспериментальные средние кривые					
	0,01	34	- 3,3	6,6	20	4
	0,02	27	- 3,1	5,5	15	3,5
	0,03	20	- 3	4,5	10	3
Суглинки и глины	Экспериментальные минимальные (нижние) кривые					
	0,01	20	-4,2	6,3	6	3
	0,02	15	-3,7	5,2	5	2,8
	0,03	10	- 3	3,75	4	2,6

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

На рис. 19.10 приведен пример зависимости общего модуля деформации грунта (супеси) земляного полотна на одном из опытных участков, построенных на автомобильной дороге в Бурятии.

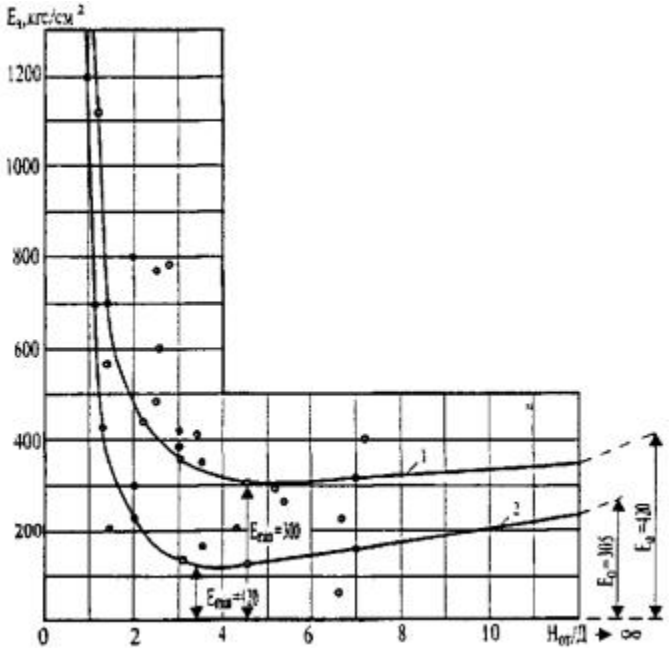


Рис. 19.10. Изменение модуля деформации оттаивающего супесчаного грунта (при $l_0 = 0{,}01$) на одном из опытных участков дороги в Бурятии:
1 - для средних значений; 2 - для минимальных значений

По исследованиям Н.А. Пузакова, В.Ф. Бабкова, С.А. Голованенко, И.А. Золотаря, В.М. Сиденко и др. (1960 - 1971 гг.) снижение прочности грунтов земляного полотна (модулей упругости и деформации) в районах сезонного промерзания происходит весной на незначительный срок

$T^{с.м.}_{р.м.}$, исчисляемый 5-15 днями в IV ДКЗ и 15-30 днями во II и III дорожно-климатических зонах.

По исследованиям В.А. Давыдова (1964 - 2005 гг.) в зоне вечной мерзлоты прочность земляного полотна в течение весенне-летнего периода понижается до очень малых величин

$(E^{вес}_{min}, E^{ос}_{min})$, а продолжительность расчетного периода

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$T^{вл.}_{рн.}$ увеличивается до 1,5-2 месяцев и более, то есть практически достигает 0,7 - 0,9 всего теплого времени года. Этот существенный фактор - длительность ослабленного (расчетного) состояния грунтов земляного полотна - необходимо учитывать в расчетах прочности дорожных одежд, что повысит надежность и долговечность всей дорожной конструкции.

19.5. Особенности расчета дорожных конструкций нежесткого типа в условиях вечной мерзлоты

При расчете прочности конструкции дорожных одежд в зоне вечной мерзлоты следует учитывать основные факторы водно-теплового режима земляного полотна, руководствуясь в основном ВСН 46-83 (в части проектирования дорожных одежд в зоне вечной мерзлоты), и ВСН 84-75, а также ОДН 218.046-01.

При этом дорожная конструкция (земляное полотно в комплексе с дорожной одеждой) должна удовлетворять трём условиям:

$E^{общ} \geq E^{тр}$,

$s_r <= R_u$,

$T_a <= [T_{доп}]$, где

$E^{общ}$ - общий модуль упругости дорожной конструкции;

$E^{тр}$ - требуемый модуль упругости дорожной конструкции, определяемый в зависимости от расчетной нагрузки, состава и интенсивности перспективного движения;

s_r - наибольшее растягивающее напряжение при изгибе в материале рассматриваемого слоя одежды;

R_u - предельно допустимое растягивающее напряжение при изгибе в материале конструктивного слоя с учетом усталостных явлений;

T_a - наибольшее активное напряжение сдвига в грунте или слабо связном материале конструктивного слоя одежды, которое слагается из активных напряжений сдвига от временной нагрузки и веса вышележащих слоев;

$T_{доп}$ - допустимое активное напряжение сдвига в грунте земляного полотна или в несвязном конструктивном слое дорожной одежды.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Величины $E^{тр}$; s_r; R_u; T_a; $T_{доп}$ определяют в соответствии с указаниями ОДН 218.046-01;

$E^{общ}$ - требуемый общий модуль упругости дорожной конструкции определяют по формуле:

$$E^{общ} \geq E_{min} K_{пр}^{тр},$$

E_{min} - минимальный требуемый общий модуль упругости конструкции, МПа;

$K_{пр}^{тр}$ - требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба, принимаемый в зависимости от требуемого уровня надежности.

Требуемый модуль упругости дорожной конструкции для условий ММГ определяют по формуле:

$$E_{об}^{вм} \geq E_{min} K_{пр}^{тр} K_d^{гр},$$

$E_{об}^{вм}$ - требуемый общий модуль упругости дорожной конструкции в условиях вечной мерзлоты (ВМ) с учетом длительности расчетного периода;

$K_d^{гр}$ - коэффициент, учитывающий длительность расчетного периода для районов с наличием многолетнемерзлых грунтов.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Средние значения коэффициента

$K_d^{ср}$ для трёх дорожно-климатических подзон 1 ДКЗ - зоны вечной мерзлоты приведены в табл. 19.5, обоснованные исследованиями В.А. Давыдова.

Таблица 19.5.

Значения

$K_d^{ср}$ - коэффициента длительности расчетного периода при наличии многолетнемерзлых грунтов

Грунты, тип местности по условиям увлажнения	I_1 - Северная подзона	I_2 - Центральная подзона	I_3 - Южная подзона
Болота, 3-й тип - мокрые места	1,60	1,40	1,60
Заболоченные, 2-й тип - сырые места	1,40	1,35	1,40
Глинистые с ММГ, 2-й тип - сырые места	1,25	1,20	1,30
Глинистые с ММГ, 1-й тип - сухие места	1,20	1,15	1,20

Нормативные нагрузки для дорог общей сети (I-V категорий) и для городских дорог принимают по ОДН 218.046-01.

На подъездных и внутренних дорогах промышленных предприятий нормативную нагрузку принимают на основе технико-экономических расчетов из условия пропуска принятых расчетных типов автомобилей и автопоездов.

Влияние мерзлого слоя на прочность земляного полотна при известной глубине оттаивания дорожной конструкции учитывают по формуле:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$E_y = A_y E_y^0,$$

$$E_д = A_д E_д^0,$$ где

E_y, ($E_д$) - общий модуль упругости (деформации) оттаявшего грунтового массива;

$E_y^0, (E_д^0)$ - расчетное значение модуля упругости (деформации) грунта, определяемое при известной расчетной влажности и соответствующей плотности (в т.ч. могут быть определены по графикам рис. 19.11, 19.12);

A_y, ($A_д$) - комплексные коэффициенты, учитывающие влияние мерзлого слоя в зависимости от глубины оттаивания (ее абсолютного значения $H_{от}$ или относительной величины $H_{от}/Д$) и неоднородное увлажнение земляного полотна и сезонноотаивающего слоя по глубине; определяют в процессе экспериментальных работ или с использованием обобщенных данных, приведенных в табл. 19.6.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

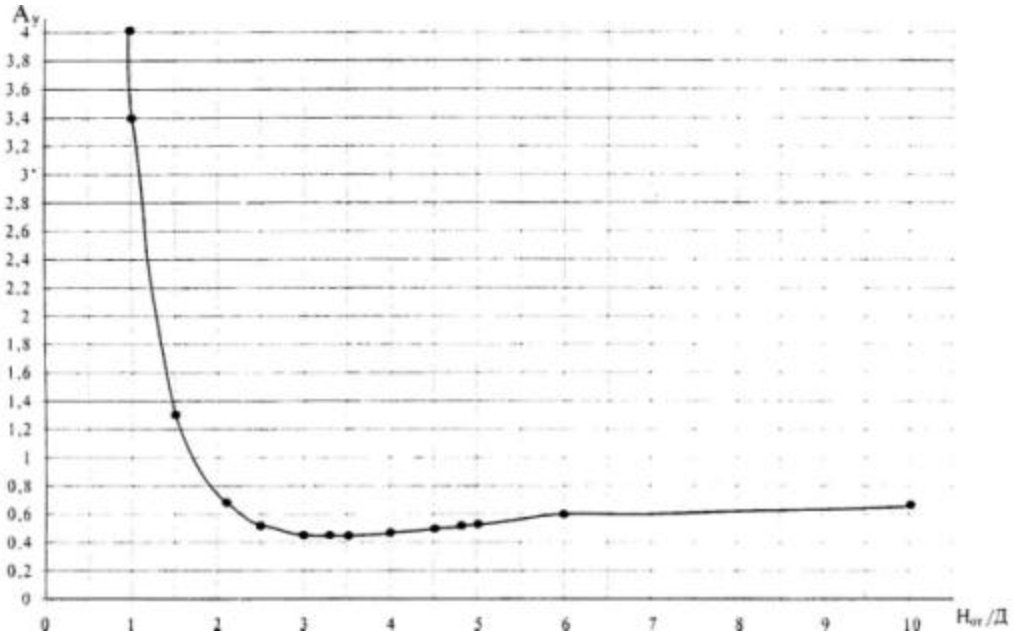


Рис. 19.11. Зависимость комплексного коэффициента A_y от относительной глубины оттаявшего слоя грунта $H_{от}/Д$ для супесей

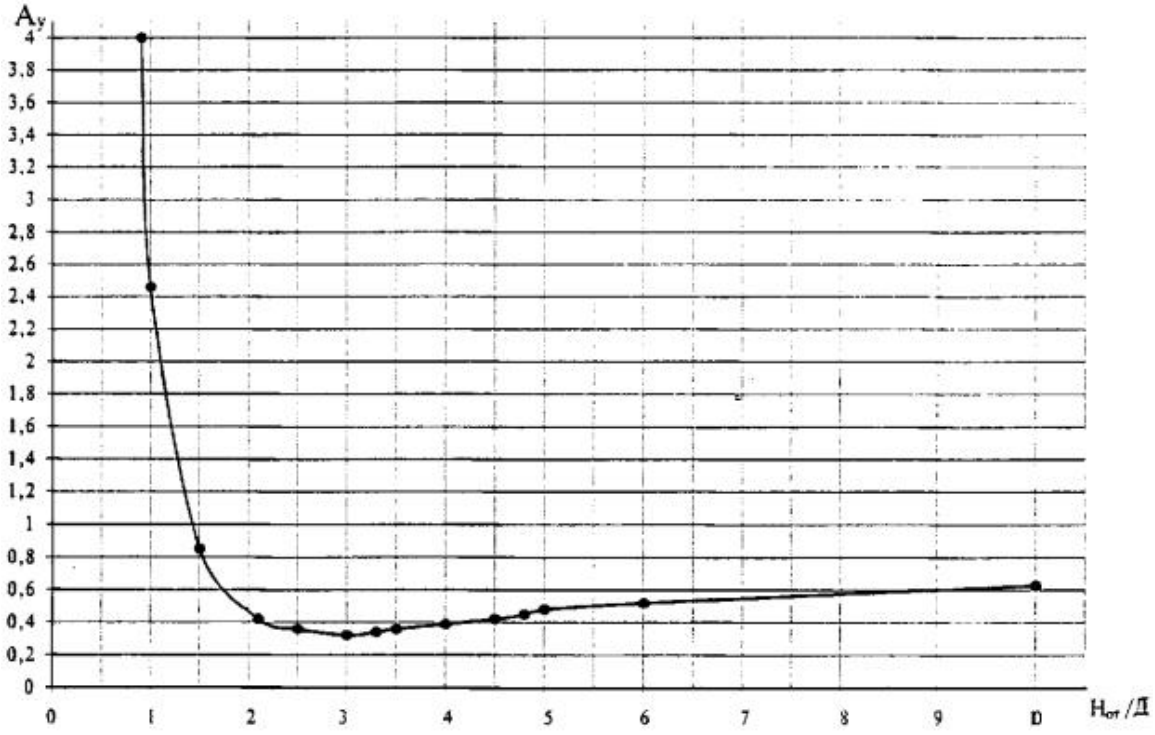


Рис. 19.12. Зависимость комплексного коэффициента A_y от относительной глубины оттаявшего слоя грунта $H_{от}/Д$ для суглинков и глин

Таблица 19.6.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Значения комплексных коэффициентов (A_y и $A_д$), учитывающих влияние мерзлого слоя и неоднородное увлажнение по глубине на модули упругости и деформации оттаивающего грунтового массива

Относительная глубина оттаивания	Значения коэффициентов A_y и $A_д$ для грунтов:			
	Супеси		Суглинки и глины	
$H_{от}/Д$	A_y	$A_д$	A_y	$A_д$
$H_{от}$ = 0 мерзлый грунт	> 5000	>4000	>4000	>5000
0,125	354,1	362,2	292,2	304,2
0,25	83,5	85,4	67,0	69,4
0,5	17,8	18,4	15,0	14,4
1,0	3,4	3,5	2,46	2,5
1,5	1,28	1,31	0,85	0,86
2,1	0,67	0,65	0,42	0,42
2,5	0,50	0,51	0,36	0,35
3,0	0,44	0,45	0,32	0,34
3,3	0,43	0,45	0,34	0,36
3,5	0,44	0,46	0,37	0,37

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

4,0	0,45	0,46	0,39	0,40
4,5	0,48	0,49	0,42	0,43
4,8	0,50	0,50	0,45	0,46
5,0	0,50	0,51	0,48	0,47
6,0	0,57	0,55	0,52	0,52
10	0,65	0,69	0,63	0,68
¥- талый грунт	0,99	1,0	0,92	1,0

Расчетные прочностные и деформативные характеристики различных материалов принимают по ОДН 218.046-01, а грунтов естественного основания по СНиП 2.02.04-88 или частично по табл. 19.7. Расчетные значения прочностных характеристик *C* и *j* грунтов естественного основания принимают по СНиП 2.02.04-88 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах».

Таблица 19.7.

Значения E_y и E_∂ естественных грунтов основания

Грунт основания	Расчетные значения, МПа	
	Модуль упругости	Модуль деформации
Суглинок пылеватый	9-15	3-6
Супесь пылеватая	11-12	3-8

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Песок мелкий пылеватый	14-26	7-12
Суглинок с примесью до 20 % щебня	15-24	7-9
Суглинок с примесью до 50 % щебня	19-28	9-12

Примечание. Значения модулей деформации приведены по данным Н.А. Пузакова, а модулей упругости по данным В.А. Давыдова.

В процессе этих работ также установлены эмпирические зависимости модулей деформации и модулей упругости от их влажности (см. рис. 19.11 и 19.12).

Зависимость модуля деформации грунтов от их влажности может быть выражена уравнением:

$$E_{\partial(\lambda\sigma)} = E^{mex}_{\partial(\lambda\sigma)} / W^{n}_{omn},$$ где

(19.2)

$E_{\partial(\lambda\sigma)}$ - модуль деформации грунта при определенных значениях относительной деформации (l = 0,01; 0,02; 0,03 и т.д.), МПа и относительной влажности $W_{отн}$;

$E^{mex}_{\partial(\lambda\sigma)}$ - значение модуля деформации грунта, которое соответствует влажности предела текучести, МПа;

n - безразмерный коэффициент, зависящий от типа грунта и его физико-механических свойств.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Значения модулей деформации грунтов на пределе текучести и коэффициентов п устанавливают экспериментально. Выполненная статистическая обработка многочисленных экспериментальных данных позволила установить значения

$E_{\partial(\lambda\sigma)}^{мех}$ и n для характерных грунтов зоны вечной мерзлоты (табл. 19.8).

Таблица 19.8.

Значения модуля деформации грунта на пределе текучести

Грунты	l = 0,01		l = 0,02		l = 0,03	
	$E_{\partial(\lambda\sigma)}$	N	$E_{\partial(\lambda\sigma)}$	N	$E_{\partial(\lambda\sigma)}$	N
Единицы измерений	МПа	-	МПа	-	МПа	-
Супеси	6	2,42	5	2.07	4,5	1,62
Суглинки и глины	5	2,32	4,5	1,8	3.6	1,18

Модуль упругости грунтов земляного полотна является более стабильной характеристикой. Он в меньшей мере зависит от относительной деформации грунта. Основное влияние на величину модуля упругости грунта оказывает его влажность. Статистическая обработка фактических данных по определению модуля упругости E_y грунта позволила вывести аналогичную зависимость:

$$E_y = E_y^{мех} / W_{отн}^m, \text{ где} \quad (19.3)$$

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

E_y - значение модуля упругости грунта, МПа, соответствующее определенной влажности $W_{отн}$;

$E_y^{тек}$ - значение модуля упругости грунта, соответствующее влажности предела текучести грунта, МПа;

$W_{отн}$ - относительная влажность грунта;

m - безразмерный коэффициент, зависящий от вида грунта.

Формулы (19.2) и (19.3) справедливы в пределах значений относительной влажности грунта от 0,2 до 1,0 $W^{тек}$. Значения модулей упругости и на пределе текучести грунта

$E_y^{тек}$ и коэффициента m устанавливают экспериментально. На основании статистической обработки многочисленных экспериментальных данных значения

$E_y^{тек}$ и m для характерных грунтов зоны вечной мерзлоты приведены в табл. 19.9.

Таблица 19.9.

Значения модуля упругости грунта на пределе текучести

Грунт	$E_y^{тек}$, МПа	m
Супеси	18	1,59
Суглинки и глины	10,6	2,40

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Расчетные значения модулей упругости и деформации, сцепления и угла внутреннего трения земляного полотна автомобильных дорог установлены работами В.А. Давыдова (1974, 1977, 1979, 1981, 2001- 2005 гг.) на основе фактического материала, полученного при многолетних обследованиях дорог и обработанных методами математической статистики (табл. 19.10).

Таблица 19.10.

Расчетные прочностные и деформативные показатели грунтов земляного полотна автомобильных дорог для:

Грунты земляного полотна	Дорожное покрытие															
	Капитальный тип				Облегченный тип				Переходный тип				Низший тип			
	обеспеченность расчетных показателей (ОРП) земляного полотна															
	3 % или 1:33 (ВП*)				5 % или 1:20 (ВП*)				10 % или 1:10 (ВП*)				16,6 % или 1:6 (ВІ			
Тип конструкции - Насыпи	E_y, МПа	$E_д$, МПа	C, МПа	j, °С	E_y, МПа	$E_д$, МПа	C, МПа	j, °С	E_y, МПа	$E_д$, МПа	C, МПа	j, °С	E_y, МПа	$E_д$, МПа	C, МПа	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
I_1 - Северной подзоны низкотемпературных многолетнемерзлых грунтов (ММГ) сплошного распространения,																
1-й тип местности - сухие места																
Супеси легкие	42	12	0,04	34	50	15	0,045	37	57	15	0,05	43	61	18	0,052	

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Оптимальные грунтовые смеси	42	11	0,02	34	51	15	0,046	37	58	16	0,030	42	61	17	0,053
Пески пылеватые	41	12	0,03	32	52	21	0,039	36	43	12,5	0,045	38	52	11	0,047
Супеси тяжелые	42	11	0,02	31	52	22	0,038	35	42	12,3	0,025	39	54	12	0,048
Суглинки легкие и тяжелые	42	11	0,04	32	53	23	0,054	44	29,5	12	0,068	47	33	15	0,074
Глины	41	12	0703	32	53	15	0,055	45	29,5	14	0,068	46	35	16	0,075
Суглинки легкие пылеватые	41	12	0,02	33	54	15	0,018	42	19,3	8,5	0,028	19	18	10	0,038
Суглинки тяжелые пылеватые	42	13	0,02	31	51	15	0,017	43	19,2	8,6	0,029	19	19	8	0,035
Супеси пылеватые	42	11	0,03	32	51	16	0,029	43	19,1	8,7	0,030	18	21	9	0,034
Супеси тяжелые пылеватые	41	12	0,04	32	52	22	0,030	42	19,0	9,3	0,031	19	22	4	0,033
2-й тип местности - сырые места															

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Супеси легкие	40	11	0,03	32	47	13	0,040	35	55	13,5	0,045	41	58	16	0,047
Оптимальные грунтовые смеси	41	10	0,025	29,5	50	14	0,043	36	56	14	0,042	41	59	16,5	0,050
Пески пылеватые	39	11	0,028	31	51	20	0,035	34	41	11,5	0,041	36	50	10	0,045
Супеси тяжелые	40	10	0,018	30	50	21	0,036	33	40	11	0,022	37	52	10,5	0,043
Суглинки легкие и тяжелые	39	9,5	0,034	31	51	20	0,051	42	27,5	10,5	0,075	43	32	13,5	0,067
Глины	39	10,5	0,027	29	51	14,5	0,046	43	28	13,5	0,078	44	33	14,5	0,071
Суглинки легкие пылеватые	38,8	11	0,018	30,5	52	13	0,016	40,5	18,5	7,4	0,025	18,5	17	9,3	0,033
Суглинки тяжелые пылеватые	41	11,8	0,017	30,2	49,5	14	0,020	41,5	18,2	8,2	0,024	18	18	7,2	0,031
Супеси пылеватые	41,5	10,5	0,025	31,5	50	15,3	0,025	42,2	18,2	8,3	0,027	16,5	19,5	8,5	0,032
Супеси тяжелые пылеватые	39,5	11,5	0,06	31,5	50,5	21,5	0,027	41,5	17,5	8,5	0,028	17,8	20,5	4,2	0,031

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

3-й тип местности - мокрые места															
Супеси легкие	30	9	0,020	28	40	10	0,035	31	49	11	0,039	38	48	12	0,040
Оптимальные грунтовые смеси	31	7	0,018	29,5	42	11,5	0,037	32	51	13	0,035	39	49	13	0,043
Пески пылеватые	29,5	6,8	0,019	29	43	18,5	0,030	33	38	10,2	0,037	32,5	43	7	0,041
Супеси тяжелые	32	7,5	0,015	27	41,5	18,0	0,031	31	34	9,5	0,018	30,6	41	7,8	0,038
Суглинки легкие и тяжелые	28,5	8,1	0,017	28	43	15	0,042	33	22,5	8,7	0,065	36	29	9,5	0,051
Глины	29	9,2	0,012	25	41,5	11,5	0,034	34	23,4	11,5	0,067	37	30,5	10,3	0,065
Суглинки легкие пылеватые	29,5	8,4	0,014	26,5	42,3	12,3	0,014	29,5	14,7	5,8	0,019	14,6	12,6	7,5	0,027
Суглинки тяжелые пылеватые	35	10,5	0,013	26,0	40,8	13,1	0,012	30,3	14,,1	6,7	0,018	14	14,5	5,8	0,025
Супеси пылеватые	34,5	8,2	0,020	27,5	41,5	14,5	0,021	32,5	14,3	6,5	0,025	12,5	15,7	6,5	0,026

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Супеси тяжелые пылеватые	32,5	9,5	0,031	28,0	42,3	20,5	0,018	31,3	13,6	6,8	0,021	13,8	16,8	3,8	0,021
I_2 - Центральной ползоны низкотемпературных ММГ преимущественно сплошного распространени															
1-й тип местности - сухие места															
Супеси легкие	42	12	0,04	34	50	15	0,045	37	57	15	0,05	43	61	18	0,052
Оптимальные грунтовые смеси	42	11	0,02	32	51	15	0,046	37	58	16	0,030	42	61	17	0,053
Пески пылеватые	41	12	0,03	32	52	21	0,039	36	43	12,5	0,045	38	52	11	0,047
Супеси тяжелые	42	11	0,02	31	52	22	0,038	35	42	12,3	0,025	38	54	12	0,048
Суглинки легкие и тяжелые	42	11	0,04	32	53	23	0,054	44	29,5	12	0,068	47	33	15	0,074
Глины	41	12	0,03	32	53	15	0,055	45	29,5	14	0,068	46	35	16	0,075
Суглинки легкие пылеватые	41	12	0,02	33	54	15	0,018	42	19,3	8,5	0,028	19	18	10	0,038

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Суглинки тяжелые пылеватые	42	13	0,02	31	51	15	0,017	43	19,2	8,6	0,029	19	19	8	0,035
Супеси пылеватые	42	11	0,03	32	51	16	0,029	43	19,1	8,7	0,030	18	21	9	0,034
Супеси тяжелые пылеватые	41	12	0,04	32	52	22	0,030	42	19,0	9,3	0,031	19	22	11	0,33
2-й тип местности - сырые места															
Супеси легкие	37,5	10	0,037	33	42	11	0,043	34	47	12,5	0,046	35	50	13	0,048
Оптимальные грунтовые смеси	36,5	10	0,035	30	43	12	0,041	32	45	11,5	0,042	33	47	12	0,046
Пески пылеватые	24	7	0,026	22	28	8	0,027	25	32	13,6	0,031	28	33	9,5	0,036
Супеси тяжелые	23	7	0,025	24	28	7,6	0,028	28	31	13,8	0,028	27	32	9	0,035
Суглинки легкие и тяжелые	16	8	0,029	33	27	7	0,039	38	19,6	7,6	0,049	40	20	8	0,058
Глины	16	5	0,028	38	23	7,7	0,040	39	19,7	7,8	0,046	42	21	8	0,055

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Суглинки легкие пылеватые	12,5	6,5	0,012	10	13	6,5	0,028	12	14	7	0,018	14	15	7,5	0,026
Суглинки тяжелые пылеватые	12,7	7	0,018	10	13,8	6,8	0,027	12	14,8	6,8	0,017	14,3	16	7,8	0,028
Супеси пылеватые	14	7,2	0,022	12	13,7	6,9	0,026	13,6	14,9		0,016	14,5	17	8,0	0,029
Супеси тяжелые пылеватые	13	7,3	0,023	25	13,6	7,3	0,024	13,8	14,3	6,3	0,020	15	18	8,5	0,030
3-й тип местности - мокрые места															
Супеси легкие	33	8,5	0,035	31	36	9,6	0,032	32	42,5	11	0,42	34	46	12	0,046
Оптимальные грунтовые смеси	32	8,3	0,040	25	35	9,0	0,05	32	41,5	10	0,041	36	48	14	0,05
Пески пылеватые	21	6,5	0,014	18	25	7	0,022	21	28,5	8,5	0,025	22	31	9	0,03
Супеси тяжелые	23	6,3	0,013	19	28	7	0,023	20	30	8,3	0,028	23	34	10	0,032
Суглинки легкие и тяжелые	12	8	0,024	23	17	6,9	0,024	30	19	7,2	0,028	32	20	8	0,032

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Глины	10	5,4	0,018	28	18	8,5	0,022	31	21	7,4	0,027	33	21	7,5	0,031
Суглинки легкие пылеватые	10	4,5	0,010	8	13	5,6	0,013	10	13	6,5	0,014	11	14	6,5	0,022
Суглинки тяжелые пылеватые	12	7	0,008	8	12,5	4,5	0,015	9	13,5	6,3	0,012	10	14,4	7,3	0,015
Супеси пылеватые	11	6	0,008	8	11,6	7	0,010	9	14	6,8	0,015	12	14,8	8,2	0,014
Супеси тяжелые пылеватые	10,4	8	0,010	7	13,6	7,8	0,012	11	15,3	7,5	0,017	15	15,6	9,4	0,014
I_3 - Южной подзоны высокотемпературных ММГ преимущественно островного и частично сплошно распространения															
1-й тип местности - сухие места															
Супеси легкие	44	12	0,042	35	57	15	0,048	37	70	18	0,054	42	75	20	0,060
Оптимальные грунтовые смеси	43	11,5	0,028	34	59	16	0,049	38	68	19	0,036	41	77	19	0,064
Пески пылеватые	43	14	0,038	35	60	24	0,042	38	68	15	0,048	37	70	18	0,052

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Супеси тяжелые	44	13	0,035	33	58	26	0,040	36	64	14,2	0,046	36	65	16	0,050
Суглинки легкие и тяжелые	44	12	0,055	45	59	27	0,060	46	34	14,5	0,085	48	38	15	0,090
Глины	43	13	0,060	47	60	17	0,058	44	32,5	12,5	0,095	49	39,5	16,5	0,095
Суглинки легкие пылеватые	52	15	0,024	34	58	18	0,02	45	20,5	10,5	0,030	24	22	11	0,045
Суглинки тяжелые пылеватые	53	16	0,026	33	54	20	0,020	46	20,3	10,7	0,030	22	24	10	0,038
Супеси пылеватые	54	14	0,032	35	56	24	0,032	46	20,1	10,8	0,033	21	26	12	0,036
Супеси, тяжелые пылеватые	52	15	0,044	33	57	30	0,034	45	20,0	11,4	0,035	23	28	14	0,040
2-й тип местности - сырые места															
Супеси легкие	40	12	0,040	34	46	12	0,044	36	53	14	0,048	37	57	15	0,053
Оптимальные грунтовые смеси	40	11	0,036	32	44	11	0,042	35	50	13,4	0,044	35	52	14	0,050

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Пески пылеватые	28	7,5	0,026	36	36	10	0,030	34	38	9,5	0,035	34	40	10	0,040
Супеси тяжелые	27	8	0,024	35	34	9,5	0,028	32	36	9	0,030	33	38	9,5	0,039
Суглинки легкие и тяжелые	18	7,5	0,030	34	22	7,5	0,042	38	20	8	0,050	42	21	8,5	0,060
Глины	17,5	7	0,028	34	24	7,3	0,040	37,5	21	8,5	0,048	41	22	8,2	0,058
Суглинки легкие пылеватые	13,5	6,5	0,015	13	14	7	0,016	14,5	15,5	7,5	0,025	16	16	8	0,032
Суглинки тяжелые пылеватые	13	6,3	0,017	14	13,5	6,8	0,015	14	15	7,2	0,024	15	15,5	7,8	0,030
Супеси пылеватые	14,5	6,1	0,016	15	14,5	6,9	0,018	15	15,5	7,8	0,026	17	17,8	7,9	0,032
Супеси тяжелые пылеватые	14,2	6	0,019	13	14,4	6,7	0,016	14,8	15,2	7,5	0,030	18	17,4	7,7	0,034
3-й тип местности - мокрые места															
Супеси легкие	38	9	0,035	34	44	11,5	0,040	35	50	13	0,044	36	53	14	0,048

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Оптимальные грунтовые смеси	37	9	0,033	32	42	11,8	0,038	33	48	14	0,040	34	50	15	0,046
Пески пылеватые	24	7	0,018	20	26	7,5	0,026	22	30	9	0,025	29	33	9,5	0,033
Супеси тяжелые	26	7	0,017	21	30	8,8	0,027	23	33	10	0,027	30	31	10,8	0,035
Суглинки легкие и тяжелые	14	6	0,025	30	18	7	0,028	32	21	8,5	0,030	34	22	9	0,035
Глины	12	6,6	0,022	30	21	9,5	0,026	32	23	9	0,029	35	24	10,2	0,034
Суглинки легкие пылеватые	11	5	0,012	10	12	6	0,014	11	14	6,5	0,015	12	15	7	0,026
Суглинки тяжелые пылеватые	11,8	5,6	0,010	9	13,3	5,8	0,016	10	15,1	6,4	0,017	11	15,6	7,6	0,020
Супеси пылеватые	10,5	7,4	0,009	8	11,8	8,1	0,012	11	14,6	8,6	0,014	13	15,1	8,8	0,018
Супеси тяжелые пылеватые	11,3	7,9	0,008	8,9	14,2	8,4	0,014	12	15,8	8,8	0,016	14	16,5	9,8	0,019

*ВП - вероятность понижения расчетных прочностных и деформативных показателей грунтов (или повышения, например, для расчетной влажности грунта): ВП 1 % - или 1:100, т.е. 1 раз за 100 лет; ВП 2 % - или 1:50, т.е. 1 раз за 50 лет возможно понижение (или повышение) расчетных показателей грунтов и т.д. (см. заголовок таблицы).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Примечания: 1. Значения модулей упругости и модулей деформации грунтов, а также показателей сдвига (*C* и *j*) даны для однородных по зерновому составу грунтов мощностью не менее 0,8 м при требуемом коэффициенте уплотнения с учетом капитальности дорожного покрытия, дорожно-климатической подзоны и от расположения слоя грунта в насыпи по высоте, учитывающего его увлажнение от природных условий. Высота насыпи должна удовлетворять всем 3-м критериям: по сохранению многолетнемерзлых грунтов на уровне, соответствующем принятому принципу проектирования и строительства на ММГ, определяемому по теплотехническому расчету - $H_м$; по увлажнению местности - $H_{ув}$; по снегонезаносимости - $H_{сн}$.

2. Табличные значения прочностных и деформативных показателей грунтов земляного полотна дорог могут быть скорректированы при наличии расчетных значений влажности грунтов земляного полотна дорог, определенных на основе статистической обработки результатов многолетних наблюдений непосредственно на дорогах, на постах и опытных участках автомобильных дорог (по конкретным регионам, областям, районам).

19.6. Особенности изысканий для строительства дорог на многолетнемерзлых грунтах

В процессе изысканий, при проектировании и строительстве дорог и площадок под аэродромы, здания и сооружения необходимо тщательно учитывать особенности природно-климатических условий рассматриваемой зоны, которые могут характеризоваться следующими показателями: видом и влажностью грунтов сезонноотаивающего слоя; физико-механическими свойствами грунтов, их составом и сложением; мощностью сезонноотаивающих и сезоннопромерзающих слоев; мерзлотно-геологическими (криогенными) процессами (бугры пучения, термокарст, солифлюкция, наледи и т.д.) с выявлением причин их образования; температурным режимом грунтов; наличием и видом грунтовых (надмерзлотных и межмерзлотных) вод; климатическими показателями района строительства.

В зависимости от изученности местности в топографическом, инженерно-геологическом и гидрогеологическом отношениях может быть применен тот или иной вид аэросъемки или весь их комплекс.

Преобладающее значение имеют аэрометоды на стадии рекогносцировочных изысканий для обоснования инвестиций (ОИ) основных конкурирующих вариантов трассы дороги или площадок для размещения и строительства аэродромов, крупных промышленных объектов, зданий или сооружений.

Наземные инженерно-геологические и топографические изыскания целесообразно выполнять сразу на значительной территории или на значительном протяжении намечаемых к строительству объектов (всех намечаемых трасс дорог и площадок) мобильными комплексными экспедициями, состоящими из нескольких изыскательских партий или отрядов.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Это диктуется экономической целесообразностью: в связи с труднодоступностью этих районов, потребностью большого количества разнообразной техники, приборов и оборудования, проведение наземных изысканий вызывает значительные затраты на организацию экспедиционных баз, на заброску изыскательских топографических и геологических партий, отрядов и групп, обеспечение их продовольствием, снаряжением, транспортом, связью и горючим.

Инженерные изыскания на трассе автомобильных дорог выполняют в соответствии с настоящим документом, а также с общими требованиями Строительных норм и правил по проектированию и строительству, СНиП 2.02.04-88, СНиП 2.05.02-85 и др. документов.

Разработку предпроектной и проектной документации на строительство автомобильных дорог и сооружений на них осуществляют в соответствии с действующим законодательством по стадиям:

программа развития дороги (ПРД);

обоснование инвестиций (ОИ) или технико-экономическое обоснование (ТЭО);

инженерный проект (ИП) или рабочий проект (РП);

рабочая документация (РД).

Подготовку документации, обосновывающей новое строительство или реконструкцию автомобильной дороги, выполняют с учетом оценки воздействия дороги на окружающую среду (ОВОС).

Проектно-сметную документацию разрабатывают по заданию Заказчика на объем, очередность и стадии, указываемые в Задании.

Проектно-изыскательская организация (конкретно ГИП) совместно с Заказчиком обязаны учесть в задании все сопутствующие работы, обеспечивающие устойчивость, надежность и работоспособность проектируемых сооружений, включая научное сопровождение на всех стадиях проектирования, строительства и эксплуатации дороги и всех сопутствующих зданий и сооружений.

Пояснительная записка должна содержать ссылку на технико-экономическую часть (ТЭЧ) предыдущей стадии (ТЭО, ОИ) или другой обосновывающий документ в части назначения и обоснования основных параметров проектируемой дороги: варианты плана трассы, расчетная скорость движения, параметры плана и продольного профиля и т.д. При отсутствии ТЭЧ предыдущей стадии все вышеуказанное следует обосновывать в инженерном проекте (ИП).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

После утверждения одобренных обоснований инвестиций (ОИ) выполняют разработку проектной документации на новое строительство или на реконструкцию автомобильной дороги.

Стадийность проектно-изыскательских работ (табл. 19.11) устанавливают на основе технико-экономического обоснования строительства дороги (титула), для составления которого проводят экономические и рекогносцировочные изыскания.

Таблица 19.11.

Стадийность проектно-изыскательских и опытных работ с научным сопровождением хода изысканий, проектирования, строительства, реконструкции, ремонта и эксплуатации автомобильных дорог

Стадии работ и предоставляемые документы	Стадии технических изысканий	Периоды изыскательских и опытных работ	Подразделения и организации, выполняющие работы	Организаци принимающ работы
1	2	3	4	5
Задание на обоснование инвестиций (О И) строительства, реконструкции или ремонта объекта: - определение цели инвестирования; - разработка ходатайства о намерениях; - ориентировочные объемы инвестиций; - источники финансирования			Заказчик и специализированная проектная организация, имеющая соответствующую лицензию на право ведения и производства данного вида деятельности в соответствии с действующим законодательством	Утверждающ инстанция

Программа развития строительства, реконструкции или ремонта дороги (ПРД): - определение технических решений и объемов строительных работ; - определение стоимости программы развития дороги (ПРД); - общественный и экономический эффект реализации программы; - год начала и окончания реализации программы	Без полевых работ		Заказчик и проектная организация по согласованию с органами государственного и местного самоуправления и уполномоченные этими органами организации государственного контроля (надзора)	Утверждающ инстанция
Обоснование инвестиций (ОИ) или технико-экономическое обоснование (ТЭО) необходимости строительства, реконструкции и ремонта дороги: Необходимый объем, перечень материалов и	На этом этапе используют имеющиеся архивные материалы инженерных изысканий, проработанные и ранее оформленные с разработкой обоснования инвестиций решениями администраций	Подготовительный; Полевой; Камеральный	Дорожные и экономические отделы (группы) проектных организаций по государственным контрактам с организациями заказчика	ОИ или ТЭО заказчик и утверждающ инстанция

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

документов, которые могут быть использованы при разработке обоснования инвестиций (ОИ) или (ТЭО), приведен в приложениях 2.2 и 2.3 Главы 2 «Организация проектирования автомобильных дорог».	республик, краев и областей субъектов Российской Федерации. В сложных условиях в случае необходимости проводят рекогносцировочные изыскания			
1 стадия проектирования: а) инженерный проект (ИП) строительства, реконструкции и ремонта дороги: Необходимый объем, перечень материалов и документов, включаемых в состав инженерного проекта (ИП), приведен в приложении 2.4 Главы 2 «Организация проектирования автомобильных дорог»	Подробные технические изыскания	а) Изыскания: подготовительный период; полевой; камеральный	а) Комплексная экспедиция проектной организации с использованием современной вычислительной техники и средств автоматизации, применением аэрокосмических методов и космических снимков, лазерных и электронных приборов (по контрактам с организациями заказчика);	а) Изыскани принимает комиссия по председательст автора проек (ГИПа); Инженерный пр (ИП): Организ заказчика, специализирова проектная организация имеющая соответствую лицензию и утверждающ инстанция
б) техническое задание (ТЗ) на проектирование		б) Организация наблюдательных постов	б) Дорожные научно-исследовательские	б) ТЗ: приним проектная организация

опытных участков с наблюдательными постами			организации: вузы, кафедры, специализированные лаборатории по контрактам с организациями заказчика	выполняет раб по контракту организацие заказчика.
II стадия проектирования: а) Изыскания: заказчик и комиссия под председательством автора проекта (ГИПа); Рабочая документация (РД): утверждается заказчиком	а) Рабочая документация (РД) строительства, реконструкции или ремонта дороги;	Предпостроечные изыскания: полевые	а) Комплексная экспедиция проектной организации (по контрактам с заказчиком)	Утверждающ инстанция
б) Рабочая документация (РД) опытных участков строительства и реконструкции: заказчик с участием ГИПа и научно-исследовательской организации	б) Рабочая документация (РД) строительства опытных участков	камеральная обработка	б) Проектная организация (по контрактам с заказчиком)	Утверждающ инстанция
Строительство, реконструкция или ремонт дороги: - Цель строительства,	III. Строительство дороги, в том числе строительство опытных участков дороги		Подрядчик (генподрядчик), на основе договора строительного подряда при подрядном способе строительства, в т.ч.	Заказчик с учас федеральны региональны местных дорож органов управл дорожным хозяйством

реконструкции или ремонта дороги; - Технический уровень принятых проектных решений и технологические способы их осуществления; - Технология дорожного строительства	Паспорта опытных участков дороги и постов наблюдения		по результатам тендера; - на основе собственной распорядительной документации при ведении строительства организацией, совмещающей функции заказчика и исполнителя работ	организаци государственн контроля и над проектных научно-исследовательс организаций Научное сопровожден строительны опытных рабо контрактам региональным местными орга управления дорожным хозяйством, до вузами, кафедр лабораториями
Эксплуатация дороги: - Цель эксплуатации - обеспечение круглогодичного, непрерывного удобного и безопасного движения автомобилей с расчетной нагрузкой и установленными скоростями в любое время года и в любых условиях погоды; - разработка системы планово-	IV. Эксплуатация дороги Организация дорожной службы по осуществлению комплекса работ и мероприятий по ремонту и содержанию дороги и сооружений на них, систематическое наблюдение за эксплуатационным состоянием дорог, ведение эксплуатационной документации, в т.ч. систематическое заполнение паспортов опытных	*	Наблюдения на постах и опытных участках	Региональны местные орга управления дорожным хозяйством Научное сопровожден опытных рабо привлечение дорожных нау исследовательс организаций, в кафедр, лабораторий контрактны условиях

предупредительных и ремонтно-восстановительных работ, а также оргтехмероприятий, обеспечивающих удобное и безопасное движение автомобилей и эффективное использование дорог для перевозки грузов и пассажиров; - ответственность за надлежащее содержание дороги	участков и постов наблюдения (мониторинг)			

Новые автомобильные дороги проектируют, как правило, в две стадии с проведением:

подробных технических изысканий - для составления инженерного проекта дороги;

предпостроечных изысканий - для составления рабочей документации.

На всех стадиях изысканий проводят мерзлотно-грунтовые исследования.

Каждый ИП содержит раздел «Охрана окружающей среды», в котором обосновывают мероприятия по охране окружающей среды и указывают, где и с какими условиями разработан раздел «Оценка воздействия на окружающую среду» (ОВОС).

Для достоверной оценки топографических, мерзлотно-грунтовых и гидрогеологических условий местности изыскания автомобильных дорог проводят, как правило, в теплый период года; обследования наледных мест, бугров пучения и снегозаносимых участков, бурения на мостовых переходах проводят, как правило, в зимнее или весеннее время.

Инженерно-геологические, гидрогеологические обследования и мерзлотно-грунтовые исследования выполняют в процессе технических изысканий

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

комплексной проектно-изыскательской экспедицией, оснащенной оборудованием в зависимости от стадии проектирования (см. табл. 19.11).

Разделы по буровзрывным работам могут разрабатываться как для каждого ИП, так и для объединенных смежных участков (объектов). В последнем случае в каждом ИП должна быть подробная информация с таблицей объемов буровзрывных работ.

На основе результатов этих работ выявляют участки местности с наиболее благоприятными инженерно-геологическими, гидрологическими и мерзлотно-грунтовыми условиями для проложения наиболее рационального варианта трассы дороги, руководствуясь положениями настоящего раздела.

Изыскательские экспедиции и партии обеспечивают (в зависимости от местных условий) вездеходами, автомобилями с высокой проходимостью, самолетами, вертолетами, катерами, болотоходами, снегоходами и в отдельных случаях (в труднодоступных районах Крайнего Севера) оленьими или собачьими упряжками.

В течение всего периода изысканий экспедиционные группы должны иметь двустороннюю телефонную, спутниковую или радиосвязь с базой экспедиции.

Объем изыскательских работ на каждой стадии (подготовительные, полевые и камеральные) корректируют в зависимости от сложности геологических мерзлотно-грунтовых и топографических условий с учетом освоенности района изысканий, в том числе и наличия дорог.

При подготовке документации, обосновывающей строительство и реконструкцию автомобильных дорог, процедура оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) является обязательной.

Разработку проектной документации на строительство или реконструкцию автомобильных дорог, как правило, осуществляют на основе утвержденного обоснования инвестиций (ОИ).

Практика изыскательских и проектных работ в северной строительно-климатической зоне показывает, что помимо аэросъемочных и наземных топографических работ необходимы детальные мерзлотно-грунтовые обследования больших территорий с проведением комплекса работ, имеющих в ряде случаев решающее значение при окончательном выборе варианта трассы дороги или строительной площадки для других объектов на особо сложных участках местности с наличием криогенных явлений: бугров пучения, подземных льдов, термокарста, солифлюкции, курумов, маревых участков, заболоченности и т.д.

Указанные особенности приводят к значительному изменению методики инженерно-геологических обследований и к необходимости выполнения таких

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

видов работ, которые обычно не проводятся при изысканиях в других районах, например:

распространение ММГ по площади по обследуемой полосе варьирования, где намечаются варианты проектируемой трассы дороги;

определение глубины залегания и распространения по площади многолетнемерзлых, нередко льдонасыщенных грунтов;

установление по глубине температуры талых и многолетнемерзлых грунтов;

установление по глубине суммарной влажности талых и многолетнемерзлых грунтов;

определение мощности сезонноотаивающих верхних слоев почвы и грунтов;

лабораторные определения теплофизических и физико-механических свойств мерзлых, оттаивающих и талых грунтов;

установление криогенной текстуры мерзлых грунтов и т.д.

Необходимо особо остановиться на стадийности проектно-изыскательских работ (см. СНиП 1.02.01-85) применительно к условиям зоны вечной мерзлоты.

В связи со значительной сложностью природно-климатических условий рассматриваемого региона следует предусматривать необходимость выполнения проектно-изыскательских работ с одновременным выполнением опытно-экспериментальных обследований и мерзлотно-грунтовых исследований с последующим многолетним мониторингом (равным или более 5-7 лет).

В табл. 19.11 приведена стадийность проектно-изыскательских и опытно-экспериментальных работ. Одновременно с выполнением на ранней стадии изучения территории проектируемого объекта (например, на стадии рекогносцировочных изысканий) необходимо выявлять типовые участки местности для организации и проведения стационарных, долговременных (равным или более 5 лет) наблюдений (мониторинг) за температурным и влажностным режимами грунтов, осадками и пучением поверхности.

Такие стационарные наблюдения следует вести на всех стадиях проектно-изыскательских работ, а также в дальнейшем в процессе строительства и эксплуатации дорог, аэродромов и других сооружений. При разработке программ наблюдений и организации полевых опытно-экспериментальных работ и мерзлотно-грунтовых исследований целесообразно работать проектно-изыскательским организациям совместно с учебными и научно-

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

исследовательскими институтами, кафедрами, лабораториями, конструкторскими бюро и т.д.

Стационарные наблюдения проводят с целью проверки правильности применяемых конструкции, способов производства работ, новых решений в области конструирования, расчета и эксплуатации сооружений, а также установления их взаимодействия с многолетнемерзлыми и сезонно мерзлыми грунтами.

Стационарные наблюдения проводят на специальных пунктах (постах), организуемых на опытных конструкциях, а также на характерных участках эксплуатируемых автомобильных дорог.

В программу наблюдений входит круглогодичное систематическое изучение:

теплового режима грунтов земляного полотна и естественного основания (температуры, глубины и скорости оттаивания и промерзания);

водного режима земляного полотна и грунтов естественного залегания (влажности, льдистости и источников увлажнения);

осадок и пучения грунтов естественного основания, земляного полотна и дорожного покрытия;

прочности и деформативности земляного полотна и грунтов естественного основания (модуля упругости, модуля деформации, сцепления и угла внутреннего трения);

метеорологических условий (атмосферные осадки, температура воздуха, ветер, даты установления и схода снегового покрова).

Посты водно-мерзлотного контроля (ПВМК) оборудуют после подробного изучения климатических, мерзлотно-грунтовых и гидрогеологических условий местности и конструктивных особенностей полотна дороги.

На каждый пост ПВМК составляют специальный паспорт.

Методика организации наблюдений на постах (ПВМК) приведена ниже.

Наблюдения за температурой, глубиной и скоростью оттаивания и промерзания грунтов осуществляют с помощью термометров различных конструкций, в том числе жидкостных (ртутных, спиртовых) термометров, а также электрических термометров сопротивления, основанных на термопарах.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Схема заложения термометров и влагомеров на посту ПВМК представлена на рис. 19.13. Устанавливаются датчики температуры и влажности с помощью скважин, пробуриваемых по оси дороги, на краю дорожного покрытия, в обочине, около подошвы насыпи, в берме (если таковая в конструкций имеется), в резерве и в поле, за пределами дорожной полосы (на рис. 19.13 эти измерительные вертикали обозначены цифрами 1,2,3,4....).

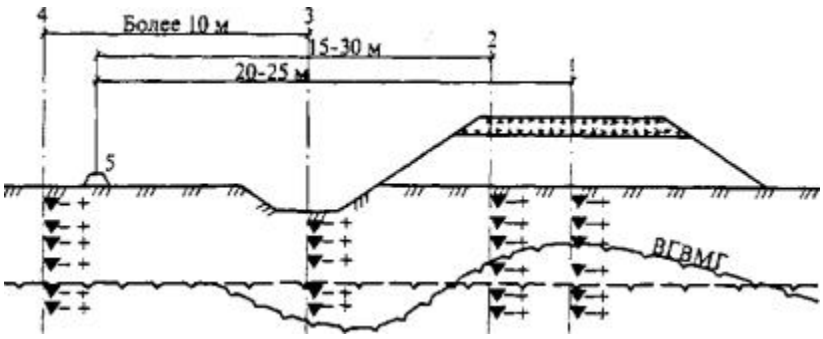


Рис. 19.13. Схема заложения термометров и влагомеров на наблюдательном посту: 1 - измерительная вертикаль по оси дороги; 2 - то же на обочине; 3 - то же посередине кювета (если в резерве, то их д.б. минимум 3: по краям и по средине); 4 - то же на границе полосы отвода; (+) - термометры; (-) - влагомеры; 5 - пост наблюдения

Наилучший способ установки датчиков на строго фиксированной глубине - это привязать их к деревянной рейке, на которой точно помечены соответствующие расстояния и места датчиков, и опустить эту гирлянду датчиков в скважину на заранее запланированную глубину. После этого скважина засыпается сухим песком с легким потряхиванием рейки с датчиками, установленной в этой скважине. Точное местоположение скважины в плане следует строго зафиксировать в плане и на поперечнике - разбить поперечный створ и закрепить его на местности (на деревьях, телеграфных столбах или установить специальные знаки створные столбы). Результаты измерений температуры заносят в журнал наблюдений (или фиксируются на самописцах) и в последующем изучают и обрабатывают. Осадки и пучение фиксируют путем нивелирования специальных марок (маяков) (на рис. 19.14 пучинистые и осадочные марки обозначены цифрами 1 и 2). На участках автомобильных дорог с капитальными и облегченными покрытиями применяют закрепленные в покрытиях тонкие металлические стержни с головкой, имеющей сферическую поверхность (форма гвоздя) для установки на ней рейки при нивелировании (на рис. 19.15 они обозначены цифрами 1-8).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

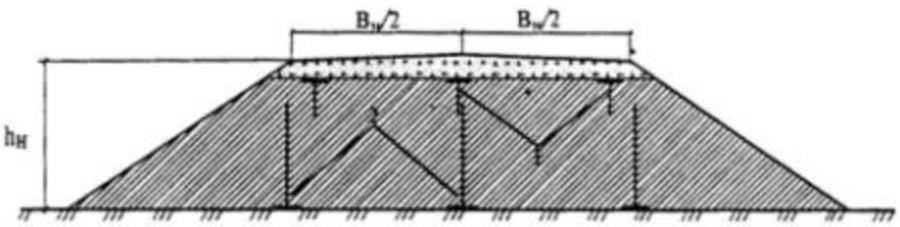


Рис. 19.14. Схема установки марок в земляном полотне:
1 - марки для наблюдений за пучением (осадкой) грунта земляного полотна; 2 - то же грунтов естественного основания



Рис. 19.15. Конструкция опытного участка (пример) с марками оценки пучения и осадок земляного полотна и дорожной одежды:
1-8 - марки оценки пучения и осадок дорожного покрытия и верхнего слоя земляного полотна; 9-17 - марки оценки осадок основания земляного полотна

Марки (9-17) для наблюдения за осадками и пучением грунтов в основании земляного полотна изготавливают из металлического листа толщиной 3-4 мм, размерами 30´30 или 40´40 см и диаметром стержня 10-15-20 мм, приваренного по центру листа. Высота стержня должна быть меньше высоты насыпи на 8-10 см в точке установления марки (маяка).

Высотной привязкой и нивелировочной основой для контроля следует предусматривать устройство специального мерзлотного репера (рис. 19.16), устанавливаемого в удобном для нивелирования месте и, желательно, скрытого от посторонних глаз.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

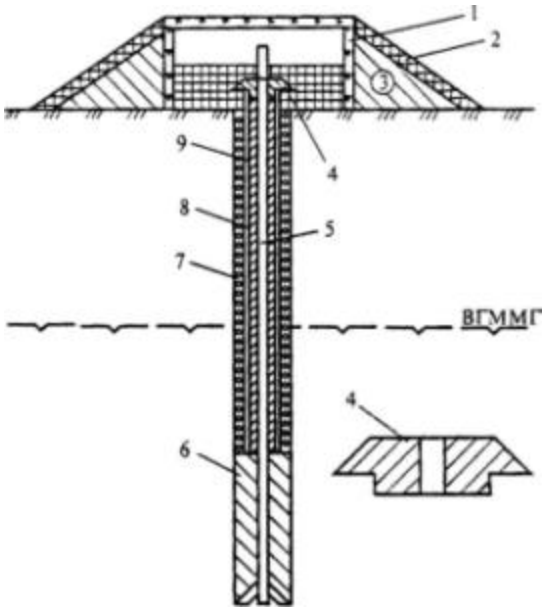


Рис. 19.16. Постоянный мезлотный репер:
1 - деревянный короб; 2 - торф или мох; 3 - грунт; 4 - заглушка; 5 - стержень репера, заанкеренный в вечномерзлый грунт; 6 - глинистый или бетонный раствор; 7 - засыпка песком; 8 - заполнение солидолом; 9 - труба

Модули упругости и деформации мерзлых и оттаивающих грунтов земляного полотна и соответственно естественного основания в зоне вечной мерзлоты определяют посредством пробных нагружений грунта с помощью передвижного пресса. Испытания проводят с помощью специального пресса или более простого оборудования, состоящего из гидравлического (или механического) домкрата, манометра, набора штампов разных диаметров и индикаторов для замера осадок штампа.

19.7. Особенности проектирования дорог на многолетнемерзлых грунтах

План и продольный профиль дороги, основные параметры поперечного профиля проезжей части и земляного полотна, пересечения и примыкания, элементы обустройства дороги, дорожной и автотранспортной служб назначают согласно СНиП 2.05.02-85, СНиП 2.05.07-91*, ГОСТ Р 52398-2005 и ГОСТ Р 52399-2005.

Земляное полотно, дорожные одежды, водоотводные и искусственные сооружения, в том числе противоналедные, проектируют с учетом теплового и механического взаимодействия их с грунтами естественных оснований, исходя из конструктивных особенностей, назначения и категории автомобильной дороги, а также инженерно-геологических и мерзлотно-грунтовых условий местности.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

При этом продольный профиль дороги разрабатывают с учетом возможных изменений водно-теплового режима грунтов сезонно оттаивающего слоя и многолетнемерзлых грунтов, режима и высоты снегоотложений, а также ледотермического режима водотоков, которые произойдут в результате освоения территории застройки, эксплуатации возведенных на ней и на соседних участках зданий и сооружений, устройства водоотводных канав, подземных и наземных коммуникаций и т.д.

Автомобильные дороги в районах распространения ММГ проектируют в следующем порядке:

назначают принцип проектирования земляного полотна с учетом дорожно-климатической подзоны, типа местности, мощности сезонно оттаивающего слоя и температурного режима вечной мерзлоты;

конструируют земляное полотно и дорожную одежду;

для каждого характерного участка трассы определяют высоту насыпи (глубину выемки) на основе комплекса требований (на устойчивость по инженерно-геологическим условиям с учетом наличия многолетнемерзлых грунтов, по увлажнению местности и на снегонезаносимость);

назначают и рассчитывают водоотводные и искусственные сооружения;

разрабатывают варианты индивидуального проектирования для участков с особо сложными мерзлотно-грунтовыми условиями и на основе их технико-экономических показателей принимают наиболее рациональные решения.

В рабочих чертежах фундаментов искусственных сооружений и линейных зданий, а также дорожных конструкций на участках индивидуального проектирования должны быть приведены мерзлотно-грунтовые разрезы с основными данными о характеристике и температуре грунтов до строительства и прогноз их на период эксплуатации.

Основными мерами, обеспечивающими устойчивость дорожных конструкций (земляного полотна и дорожной одежды) на местности с наличием вечномерзлых грунтов во всех дорожно-климатических подзонах, являются:

проектирование земляного полотна, как правило, в насыпях;

возведение земляного полотна из скальных, крупнообломочных и песчаных грунтов, а при их дефиците - из глинистых;

применение естественных и искусственных теплоизоляционных материалов в основании земляного полотна, теле насыпей и дорожной одежде;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

применение нетканых синтетических (геотекстильных) материалов в основании и теле земляного полотна, в основании дорожной одежды;

замена переувлажненных грунтов сезонно оттаивающего слоя и льдонасыщенных подстилающих вечномерзлых грунтов соответственно крупнообломочными и песчаными.

Для участков с особо сложными мерзлотно-грунтовыми условиями (наличие термокарста, крупных включений подземного льда, бугров пучения, солифлюкции, наледей, подтопляемых речных пойм и термокарстовых озер) необходимо разрабатывать варианты индивидуального проектирования и на основе сопоставления их технико-экономических показателей выбирать наилучшие решения.

Трассирование дороги осуществляют с учетом требований ландшафтного проектирования (пп. 3.1-3.18 СНиП 2.05.02-85). Трассу следует прокладывать по наиболее сухим участкам, на крупнообломочных скальных, песчаных и гравелистых грунтах без ледяных прослоек и линз. В других случаях трассу желательно располагать даже за счет ее некоторого удлинения (при соответствующем технико-экономическом обосновании) вблизи месторождений грунтов, пригодных для сооружения земляного полотна.

При трассировании следует обходить участки с неблагоприятными мерзлотными и грунтово-гидрогеологическими условиями (с близким залеганием подземных льдов, распространением солифлюкции, с повышенной влажностью и пылеватостью грунтов с наличием или возможным образованием наледей). Рекомендуется прокладывать трассу по склонам и террасам южной экспозиции, избегая северных «мокрых» склонов косогоров.

Как правило, трассу дороги прокладывают с максимальным использованием снегонезаносимых форм рельефа.

Во всех случаях целесообразно:

обходить пониженные места (ложбины, котловины) или пересекать их по кратчайшему направлению;

проходить через лесные массивы;

обходить глубокие балки и овраги, а также жилые и производственные постройки с подветренной стороны.

Если это затруднено, трассу, по возможности, располагают по направлению господствующих ветров или располагают под углом к ним менее 20°.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В горной и пересеченной местности (при выборе вариантов) предпочтение отдают водораздельным и долинным ходам по надпойменным террасам и пологим наветренным склонам в пределах средней или верхней трети косогора.

В долинах трассу прокладывают дальше на 50-60 м от подошвы склона из условия уменьшения снегонезаносимости дороги и ее удаления от возможных мощных отложений снега, приводящих к образованию лавин на косогорных участках.

Проектирование плана трассы и продольного профиля следует осуществлять в соответствии с указаниями ГОСТ Р 21.1701-97, СНиП 2.05.02-85, а также СНиП 2.02.04-88.

При выборе направления трассы автомобильной дороги осуществляют:

сбор, анализ и обобщение данных о природных условиях района строительства из материалов ранее выполненных изысканий или литературных источников;

инженерно-геокриологическую рекогносцировку или мелкомасштабную инженерно-геологическую съемку;

поисково-оценочные работы по выявлению грунтовых карьеров и резервов.

Аэрофотоматериалы дешифрируют на основе ландшафтно-индикационного метода. По результатам дешифрирования составляют предварительную карту природно-климатических комплексов (ПКК), ландшафтно-индикационные таблицы и предварительную инженерно-геокриологическую карту-схему в масштабе 1:25 000 с контурами перспективных участков притрассовых карьеров.

В тех случаях, когда имеющиеся материалы не позволяют выбрать оптимальную трассу или возникает необходимость уточнения вариантов, следует выполнить инженерно-геологическую рекогносцировку или мелкомасштабную мерзлотную съемку.

В результате мерзлотной съемки должны быть установлены:

участки распространения мерзлых и талых грунтов, марей, озер, мерзлотных процессов и явлений;

литологические разрезы;

типы грунтов политологическим видам и строительным свойствам;

генезис, состав, криогенное строение, суммарная влажность, льдистость, плотность, засоленность грунтов;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

сжимаемость грунтов сезонно оттаивающего слоя;

просадочность мерзлых грунтов при оттаивании;

уровень поверхностных и подземных вод, их агрессивность и коррозионная активность;

тип местности по увлажнению и мерзлотно-грунтовым условиям;

карьеры месторождений грунтов, применяемых при сооружении земляного полотна;

данные для общего геокриологического прогноза.

19.8. Земляное полотно автомобильных дорог на многолетнемерзлых грунтах

«Верхняя часть земляного полотна, находящаяся в непосредственном контакте с дорожной одеждой, должна отсыпаться из грунтов, отвечающих определенным требованиям в отношении морозоустойчивости; эти грунты на определенную глубину должны быть уплотнены до требуемой плотности и защищены от увлажнения грунтовыми, надмерзлотными и поверхностными водами. В зависимости от рода грунта основания, степени предохранения его от увлажнения и достигнутого уплотнения назначают размеры конструктивных нижних слоев дорожной одежды и всей одежды в целом, при заданном типе покрытия и размерах, характере движения» (Н.А. Пузаков, 1970-1972 гг.).

Земляное полотно по первому принципу проектируют, преимущественно, в I_1 - Северной подзоне; по второму принципу - в I_2 - Центральной и в I_3 - Южной подзонах; а по третьему - в I_3 - Южной дорожно-климатической подзоне зоны вечной мерзлоты.

Земляное полотно проектируют в насыпях, выемки допускают только в исключительных случаях.

На участках с неустойчивым температурным режимом (выше минус 2°С), сложенных тяжелыми глинистыми грунтами (пылеватые суглинки и глины), осушение которых технически и экономически не оправдано, земляное полотно проектируют по второму принципу, предусматривая строительство земляного полотна в зимнее время с предварительной (за 2-3 месяца до постройки насыпи) расчисткой дорожной полосы от снега.

На сырых участках местности в подзоне 13 на легко осушаемых грунтах (пески, супеси, легкие суглинки) земляное полотно проектируют по третьему принципу, предусматривая проведение ранней весной (за год до сооружения насыпи)

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

мероприятия по расчистке полосы отвода от леса, кустарника, мохорастительного покрова и устройству водоотвода.

Индивидуальное проектирование земляного полотна осуществляют на участках с особо сложными мерзлотно-грунтовыми и гидрогеологическими условиями местности. К ним относят участки:

с близким залеганием (до 1,5-2 м) ледяных линз и подземных льдов;

с признаками термокарстовых и солифлюкционных процессов, а также широким развитием наледей и буфов пучения.

Участки индивидуального проектирования выявляют на стадии рекогносцировочных изысканий для обоснования инвестиций в строительство. При подробных изысканиях проводят их детальное инженерно-геологическое обследование.

Пересечение автомобильных дорог с подземными коммуникациями запрещают на участках с льдонасыщенными грунтами, а также с наличием подземных льдов на глубине до уровня двойной мощности сезонно оттаивающего слоя. В исключительных случаях, когда пересечение дороги в другом месте требует значительных затрат, осуществляют индивидуальное проектирование пересечений с обеспечением надежной защиты грунтового основания от протаивания.

19.9. Требования к грунтам земляного полотна на многолетнемерзлых грунтах

Для возведения насыпей применяют грунты, обеспечивающие необходимую прочность и устойчивость земляного полотна. Грунты классифицируют по двум основным группам: глинистые (супеси, суглинки и глины) и несцементированные обломочные грунты (крупнообломочные и песчаные). Разновидности грунтов внутри названных групп устанавливают согласно СНиП 2.05.02-85 и ГОСТ 25100-95.

Крупнообломочные и песчаные грунты (кроме пылеватых песков), а также водостойкие местные материалы (отходы дробильно-сортировочных фабрик, хорошо обожженные горелые породы и т.д.) допускают для возведения насыпей без ограничений. При этом максимальный размер ребер отдельных камней в грунтовом массиве, укладываемом в нижнюю часть земляного полотна, должен быть менее 2/3 толщины уплотняемого слоя, а в верхнюю часть (в пределах слоя толщиной 1 м) - менее 30 см. Не следует применять илистые грунты, жирные глины, трепелы и другие грунты, перечисленные в СНиП 2.05.02-85 (пп. 6.6.-6.7.) и ГОСТ 25100-95.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

На марях и в местах с высокой влажностью (мокрые места) предпочтение следует отдавать несцементированным обломочным разномерным грунтам.

На всех типах местности можно применять также и глинистые грунты, удовлетворяющие требованиям табл. 19.12.

Таблица 19.12.

Требования к глинистым грунтам для возведения земляного полотна

Часть насыпи	Глубина расположения слоя от низа дорожной одежды, м	Покрытия капитальные			Покрытия усовершенствованные облегченные			
		Тип местности по характеру поверхностного стока, степени ув грунтовым условиям (таблица 19.3)						
		1 - сухие места	2 - сырые места	3 - мокрые места	1 - сухие места	2 - сырые места	3 - мокрые места	1 сух мес
Верхняя	До 1,5	Супеси легкие, суглинки легкие с содержанием пылеватых частиц менее 35 % и глинистых менее 15 %		Супеси легкие с содержанием пылеватых частиц менее 35 % и глинистых менее 5 %	Супеси легкие и суглинки легкие, суглинки и глины с содержанием пылеватых частиц менее 50 % и глинистых менее 20 %		Супеси и суглинки легкие с содержанием пылеватых частиц менее 35 % и глинистых менее 15 %	Су с час %
Нижняя неподтапливаемая	1,5-6	Супеси легкие, суглинки легкие с содержанием пылеватых		Супеси и суглинки легкие, суглинки и глины с содержанием	Супеси и суглинки легкие с содержанием пылеватых частиц менее 35 % и		Супеси и суглинки легкие, суглинки и глины с содержанием	Су суг с

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

		частиц менее 35 % и глинистых менее 15 %	пылеватых частиц менее 55 % и глинистых менее 25 %	глинистых менее 15 %		пылеватых частиц менее 60 % и глинистых менее 20 %	час %
Нижняя подтапливаемая	1,5-6		Супеси легкие и суглинки легкие с содержанием пылеватых частиц менее 35 % и глинистых менее 15 %		Супеси лег-, кие и суглинки легкие, суглинки и глины с содержанием пылеватых частиц менее 20 %	Супеси и суглинки легкие, суглинки и глины с содержанием пылеватых частиц менее 35 % и глинистых менее 15 %	

Примечания:

1. Коэффициент морозного пучения глинистых грунтов, отсыпаемых в верхнюю часть насыпи, должен быть менее 3 %, а в нижнюю часть - 5 %.

2. Степень засоленности глинистых грунтов, отсыпаемых в верхнюю часть насыпи, должна быть менее 0,25 г/см^3 порового раствора, а в нижнюю часть - 0,5 г/см^3.

Влажность глинистых грунтов, используемых для возведения земляного полотна, должна быть менее допустимой при требуемом коэффициенте уплотнения (табл. 19.13).

Таблица 19.13.

Допустимая относительная влажность грунта (в долях от оптимальной* влажности)

Грунты	Требуемый коэффициент уплотнения		
	1-0,98	0,95	0,9

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Супеси легкие	0,9-1,20	0,85-1,30	0,8-1,40
Суглинки легкие пылеватые	0,9-1,15	0,85-1,25	0,8-1,35
Глины, суглинки тяжелые и тяжелые пылеватые	0,9-1,10	0.82-1,20	0,8-1,30
Глины пылеватые	0,9-1,05	0,90-1,15	0,8-1,20

* Значения оптимальной влажности для характерных грунтов зоны вечной мерзлоты можно определить через влажность предела текучести по следующим зависимостям (А.С. Плоцкого, 1974): супесь легкая $W_{опт} = 0{,}7W_{тек}$; суглинок легкий пылеватый $W_{опт} = 0{,}6W_{тек}$; суглинок тяжелый, глина пылеватая $W_{опт} = 0{,}55W_{тек}$.

Степень пригодности глинистых грунтов для сооружения земляного полотна устанавливают испытанием грунтовых проб и образцов, отобранных в карьерах и резервах, с определением:

зернового состава (ГОСТ 12536-79);

влажности на границах раскатывания и текучести, объемного и удельного весов (ГОСТ 5180-84);

оптимальной влажности и максимальной плотности грунта (ГОСТ 22733-2002, ГОСТ 5180-84);

засоленности грунта методом водной вытяжки;

набухания по стандартной методике на приборе ПНГ;

коэффициента пучения грунта. Коэффициент пучения грунта определяют при температуре испытаний ниже минус 10-12°С, обеспечивающих натурные скорости промерзаний. Наименьший коэффициент уплотнения грунта в насыпях назначают в зависимости от расположения слоя грунта в насыпи по высоте, типа покрытия и дорожно-климатической зоны (табл. 19.14).

Таблица 19.14.

Наименьшие значения коэффициента уплотнения грунта K_y

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Часть насыпи	Глубина расположения от низа дорожной одежды, м	Подзоны I дорожно-климатической зоны						
		I_1 - северная подзона			I_2 - центральная подзона			I_3 - юж
		Тип дорожного покрытия						
		Капитальное	Облегченное	Переходное и низшее	Капитальное	Облегченное	Переходное и низшее	Капитальное
Верхняя	0,0-0,4	0,97-0,96	0,96	0,94	0,98-0,97	0,97	0,95	0,98-1,00
	0,1-1,0	0,96-0,94	0,93	0,93	0,97-0,96	0,95	0,94	0,98-0,97
	1,0-1,5	0,95-0,93	0,91	0,90	0,96-0,95	0,94	0,92	0,97-0,96
Нижняя неподтапливаемая	1,5-6,0	0,93-0,90	0,90	0,90	0,94-0,92	0,91	0,91	0,95-0,93
Нижняя подтапливаемая	1,5-6,0	0,96-0,93	0,93	0,92	0,97-0,94	0,94	0,93	0,98-0,95

Примечание: Большие значения K_y принимают для цементобетонных покрытий.

19.10. Конструкции земляного полотна автомобильных дорог на многолетнемерзлых грунтах

Земляное, полотно конструируют в зависимости от типов местности (см. табл. 19.3), руководствуясь принятыми принципами проектирования (см. разд. 19.8 и табл. 19.15). Высоту насыпи назначают, исходя из комплекса требований, на основе расчетов на устойчивость, прочность и снегонезаносимость. Окончательно принимают наибольшую высоту, удовлетворяющую всем требованиям.

Таблица 19.15.

Тип конструкции земляного полотна в зависимости от типов местности и принципов проектирования

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Принцип проектирования	Тип местности	Тип конструкции и грунты земляного полотна
Первый - сохранение мерзлоты в основании насыпи	3 - мокрые места	Насыпи из несцементированных обломочных грунтов. Возможно применение глинистых грунтов на высоких насыпях
Второй и **третий** - допущение оттаивания мерзлоты в основании насыпи	2 - сырые места	Насыпи из глинистых и несцементированных обломочных грунтов. В исключительных случаях допускаются выемки
По нормам II дорожно-климатической зоны	1 - сухие места	Насыпи и выемки

При проектировании по первому принципу земляное полотно конструируют в насыпях (безрезервный поперечный профиль) из несцементированных обломочных грунтов с обязательным сохранением в ненарушенном состоянии мохорастительного покрова в основании насыпи (рис. 19.17, тип 1). В лесистой местности ширина просеки не должна превышать ширины насыпи по низу.

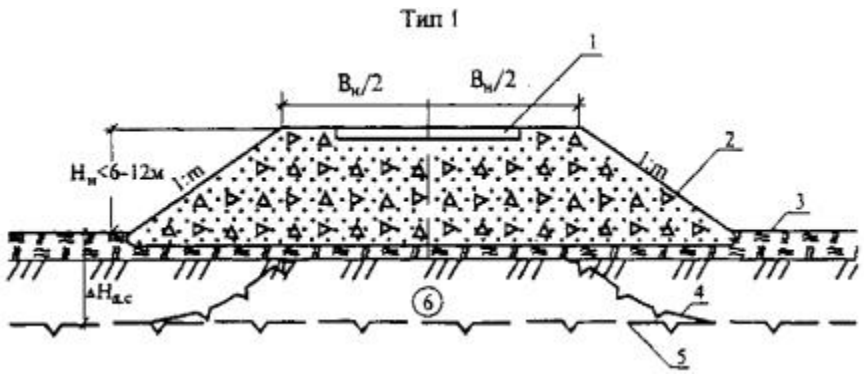


Рис. 19.17. Поперечный профиль насыпи на льдонасыщенных грунтах, тип 1
1 - дорожная одежда; 2 - несцементированный обломочный грунт; 3 - мохорастительный покров; 4 - верхняя граница вечномерзлых грунтов (ВММГ) после постройки насыпи; 5 - ВГММГ до постройки насыпи; 6 - новообразованная мерзлота под насыпью

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Для предохранения мохорастительного покрова от разрушения предусматривают в нижней части насыпи прослойки из дренирующих грунтов мелких фракций: не крупнее 70-100 мм (рис. 19.18, тип 2).

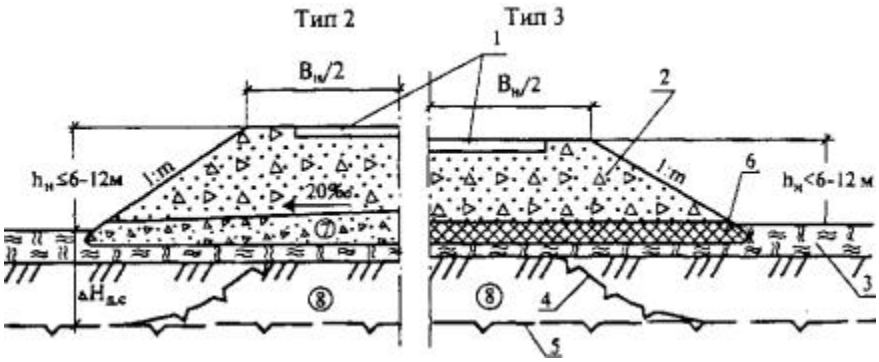


Рис. 19.18. Поперечные профили насыпи на льдонасыщенных грунтах, тип 2 и тип 3:
1 - дорожная одежда; 2 - несцементированный обломочный грунт; 3 - мохорастительный покров; 4 - ВГММГ после постройки насыпи; 5 - ВГММГ до постройки насыпи; 6 - термоизоляция по расчету из экструзионного пенополистирола (пенопласта) или из мохоторфа; 7- защитный слой из дренирующего грунта мелких фракций; 8 - новообразованная мерзлота под насыпью

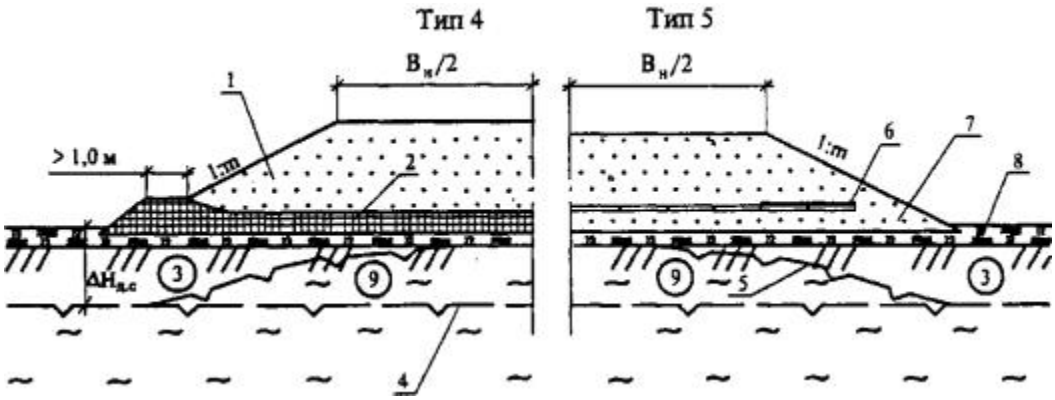


Рис. 19.19. Поперечные профили насыпи с теплоизолирующими слоями на участках с грунтами IV и V категории просадочности, тип 4, тип 5:
1 - грунт насыпи; 2 - торф в уплотненном состоянии; 3 - грунт основания; 4 - ВГММГ в естественных условиях; 5 - тоже после постройки насыпи; 6 - плиты из экструзионного пенополистирола (пенопласта); 7 - выравнивающий слой из сыпучемерзлого песка или крупнообломочного грунта мелких фракций; 8 - мохорастительный покров; 9 - новообразованная мерзлота под насыпью

При необходимости уменьшения высоты насыпи земляное полотно проектируют с теплоизоляционными прослойками из материалов (рис. 19.18, тип 3),

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

обладающих небольшим коэффициентом теплопроводности и достаточной прочностью: мох. торф, древесина, шлаки, пенопласта и другие теплоизоляционные материалы (рис. 19.19, тип 4, 5). Крутизну откосов назначают 1:1,5 при использовании крупнообломочных, песчаных, сыпуче- и сухомерзлых грунтов, 1:2 - талых глинистых, 1:3 - песчаных пылеватых.

Для сохранения грунта основания в мерзлом состоянии плиты пенопласта следует размещать преимущественно на глубине, составляющей 1/3 глубины сезонного оттаивания грунта насыпи, но не выше критической отметки. Критическая отметка определяется, исходя из того, что пенопласт должен быть сохранен от раздавливания, а деформация сжатия не должна превышать 10 %.

На участках местности 3 типа, сложенных грунтами IV-V категории просадочности, при проектировании по первому принципу земляное полотно конструируют в насыпи (безрезервный поперечный профиль) из крупнообломочных, а также из талых или сыпучемерзлых и сухомерзлых песчаных грунтов с обязательным сохранением в ненарушенном состоянии мохорастительного (мохоторфяного) покрова в основании. При этом крутизну откосов следует принимать 1:2, а в отдельных случаях (для грунтов V категории просадочности) необходимо предусматривать торфяную присыпку откосов (рис. 19.20 а, 19.20 б, тип 6-а, тип 6-б) или устройство берм (рис. 19.20 б, тип 7).

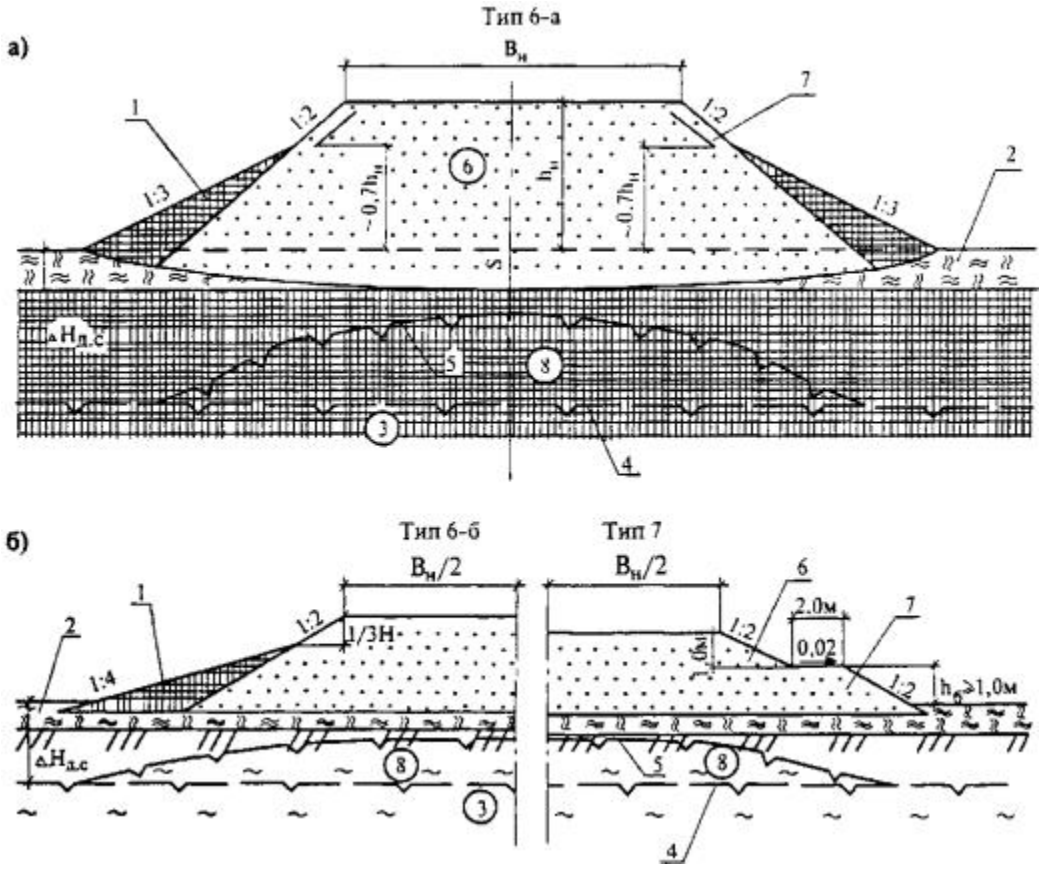


Рис. 19.20. Поперечный профиль насыпи на торфяниках, тип 6-а, тип 6-б, тип 7:
1 - торфяная присыпка на откосе; 2 - мохорастительный покров; 3 - вечномерзлый торф; 4 - ВТММГ в естественных условиях; 5 - то же после постройки насыпи; 6 - грунт насыпи; 7 - укрепление верхней части откоса торфом и геотекстилем; 8 - новообразованная мерзлота под насыпью

Для сохранения грунта основания в мерзлом состоянии плиты пенопласта следует размещать преимущественно на глубине, составляющей 1/3 глубины сезонного оттаивания грунта насыпи, но не выше «критической отметки». «Критическая отметка» определяется исходя из двух условий:

пенопласт должен быть сохранен от раздавливания, а деформация сжатия не должна превышать 10 %;

месторасположение пенопласта и другого искусственного теплоизолятора должно быть от поверхности глубже «критической отметки», которую определяют с учетом отсутствия льдообразования на поверхности дорожного покрытия.

При дефиците торфяных грунтов для устройства теплоизолирующего слоя допускают проектирование насыпей по первому принципу с использованием мерзлых грунтов, в т.ч. глинистых, в нижней части насыпи (рис. 19.21, тип 8).

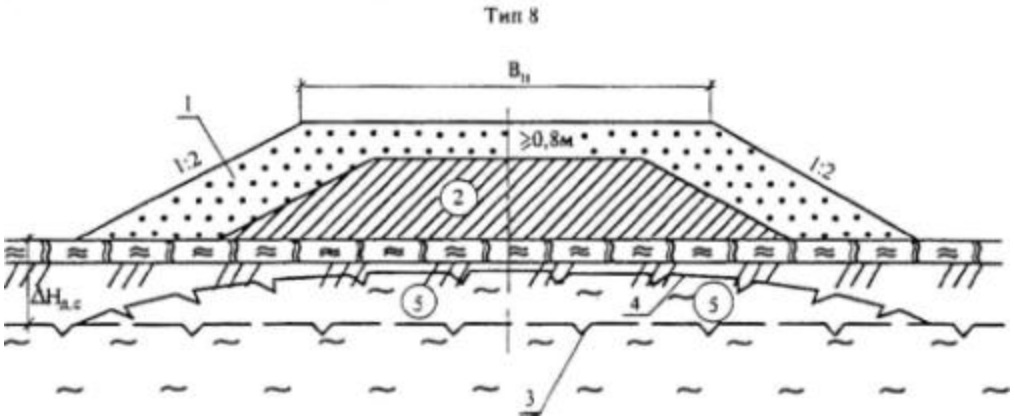


Рис. 19.21. Поперечный профиль насыпи с мерзлым грунтом в нижней части, тип 8:
1 - песчаный грунт; 2 - мерзлый глинистый грунт; 3 - ВГММГ в естественных условиях; 4 - то же после постройки насыпи; 5 - новообразованная мерзлота под насыпью

При проектировании земляного полотна, устраиваемого в две стадии (рис. 19.22, тип 9), на первой стадии применяют несцементированные обломочные грунты, а на второй стадии можно применять глинистые грунты. В таких случаях верхнюю часть насыпи слоем равным или более 0,5 м предусматривают из щебеночного или гравийного материала (рис. 19.22, тип 9, обозначение 7). Высоту отсыпки насыпи на первой стадии назначают равной или более 1,2 м, исходя из условия

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

недопущения оттаивания льдонасыщенных грунтов основания до окончания работ на второй стадии.

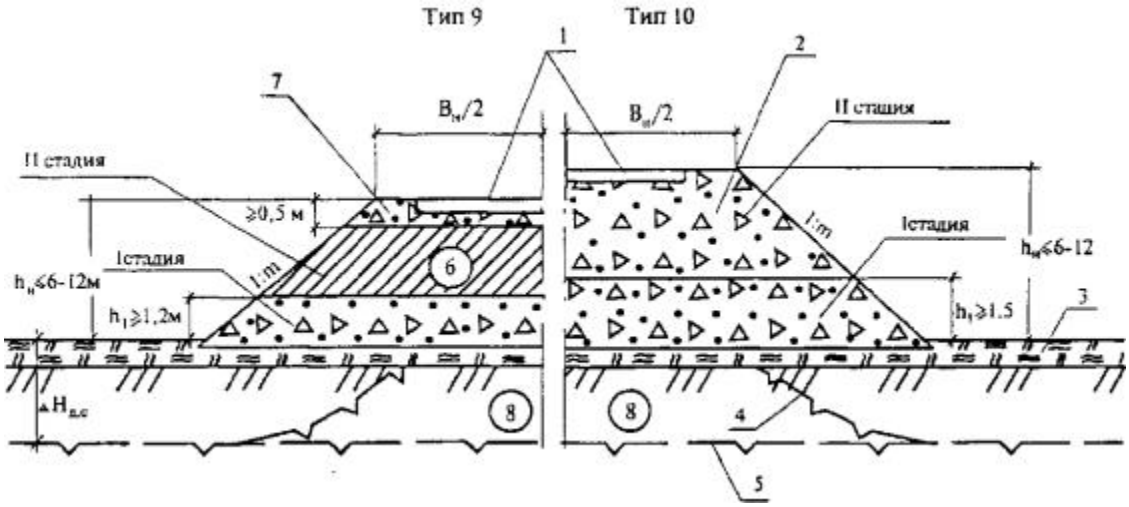


Рис. 19.22. Поперечные профили насыпи на льдонасыщенных грунтах, отсыпаемой в две стадии, тип 9, тип 10:
1 - дорожная одежда; 2 - несцементированный обломочный грунт; 3 - мохорастительный покров; 4 - ВГММГ посте постройки насыпи; 5 - ВГММГ до постройки насыпи; 6 - глинистый грунт; 7- щебень или гравий по расчету на прочность (но не менее 0,5 м); 8 - новообразованная мерзлота под насыпью

На плоскобугристых торфяниках, представляющих собой комплекс бугров высотой до 1 м, разделенных мочажинами шириной до 4 м и полосами стока, насыпи проектируют по первому принципу. Для выравнивания ВГММГ предусматривают заполнение всех мочажин торфом в пределах ширины дорожной полосы (с запасом на осадку торфа). При пересечении полос стока ширина торфяного слоя в нижней части насыпи должна быть постоянной, равной или более 0,3 м в уплотненном состоянии (рис. 19.23, тип 11).

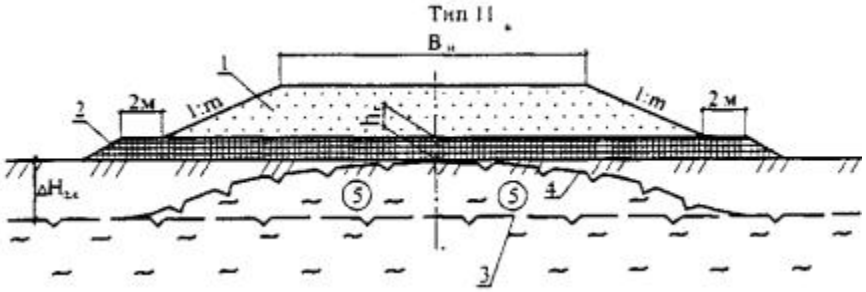


Рис. 19.23. Поперечные профили насыпи на плоскобугристом торфянике при совпадении с полосами стока, тип 11:
1 - грунт насыпи; 2 - насыпной торф; 3 - ВГММГ в естественных условиях; 4 - то же после постройки насыпи; 5 - новообразованная мерзлота под насыпью

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В I_1 - Северной дорожно-климатической подзоне при остром дефиците крупнообломочных грунтов, а также качественных талых, сыпуче- и сухомерзлых песчаных грунтов высокие насыпи (более 3 м) можно проектировать по первому принципу с использованием в их нижней части глинистых грунтов, в т.ч. твердомерзлых, в соответствии с поперечным профилем, приведенным на рис. 19.24, тип 12.

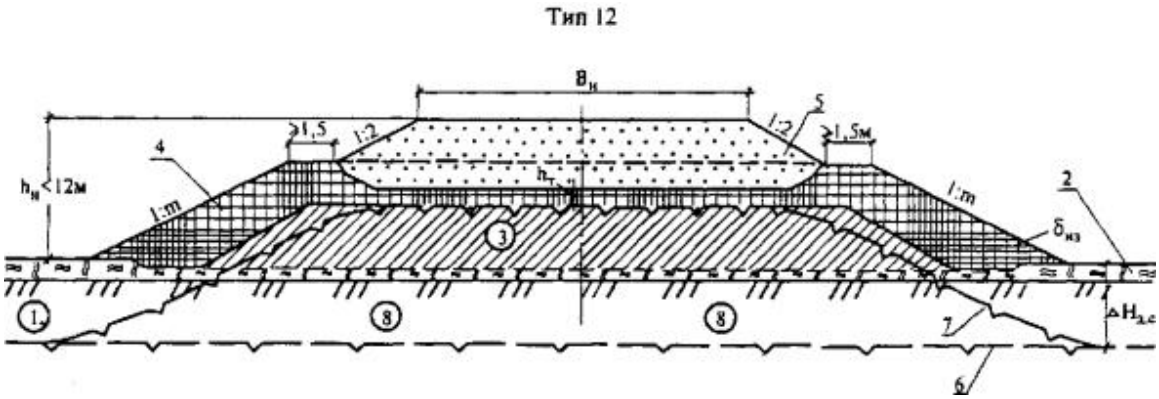


Рис. 19.24. Поперечный профиль насыпи на участках с грунтами III-IV категорий просадочности, тип 12:
1 - сезонно оттаивающий грунт основания; 2 - мохорастительный покров; 3 - промороженный или твердомерзлый глинистый грунт; 4 - теплоизолирующий слой из торфа, мохорастительного покрова или из экструзионного пенополистирола (пенопласта); 5 - крупнообломочный или песчаный грунт; 6 - ВГММГ в естественных условиях; 7 - то же после постройки насыпи; 8 - новообразованная мерзлота под насыпью

При дефиците торфяного грунта, применяемого для теплоизоляции откосов, насыпи проектируют с бермами (рис. 19.25, тип 13). Мохорастительный покров в пределах подошвы насыпи следует сохранять. Для определения толщины уплотненного теплоизолирующего торфяного слоя, укладываемого на поверхность промороженного глинистого грунта необходимо выполнить расчет теплоизолирующих слоев «с использованием методов математического моделирования».

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

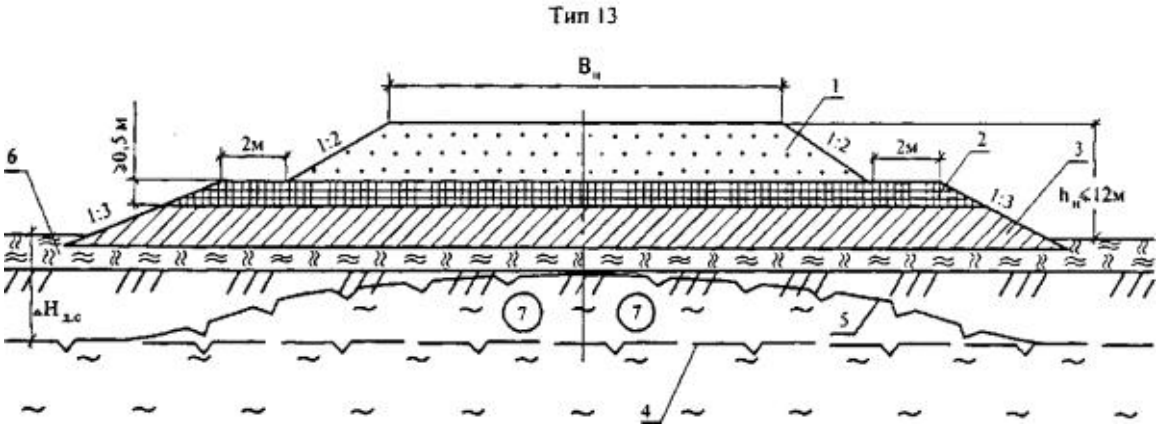


Рис. 19.25. Поперечный профиль насыпи с бермами на участках с грунтами III-IV категорий просадочности, тип 13:
1 - крупнообломочный или песчаный грунт; 2 - теплоизолирующий слой из торфа или из экструзионного пенополистирола; 3 - мерзлый грунт, в т.ч. глинистый; 4 - ВГММГ в естественных условиях; 5 - то же после постройки насыпи; 6 - мохорастительный покров; 7- новообразованная мерзлота под насыпью

Высоту насыпи H (м), проектируемую с теплоизолирующим слоем из искусственных материалов в основании, определяют по теплотехническому расчету [21].

Ориентировочную толщину верхней части насыпи из крупнообломочного или песчаного грунта при капитальном типе дорожной одежды и различной толщине теплоизолирующих слоев из торфа определяют по рис. 19.26 Во всех случаях толщина верхней части насыпи должна быть равной или более 0,8 м по условию динамической устойчивости дорожной одежды.

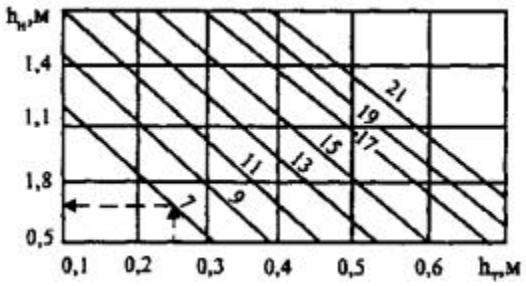


Рис. 19.26. Зависимость высоты верхней части насыпи от толщины теплоизолирующего слоя из уплотненного торфа и среднемесячной максимальной за летний период температуры воздуха с 5 % -й обеспеченностью (цифры на кривых, °С)

Толщину нижней части насыпи из промороженных глинистых грунтов определяют по формуле:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$h_Г = H - h_н - h_Т$, где

H - требуемая расчетная высота насыпи, м.

Заложение откосов назначают в зависимости от вида глинистого грунта и степени его влажности (табл. 19.17).

Таблица 19.17.

Рекомендуемое заложение откосов

Грунт	Крутизна откоса при коэффициенте переувлажнения грунта, W/W_0				
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Суглинок легкий	1:2	1:2	1:2,5	1:3	-
Суглинок тяжелый	1:2	1:2	1:2,5	1:2,5	1:2,5
Глина	1:1,5	1:2	1:2	1:2	1:2

На косогорных участках положе 1:5 земляное полотно, как правило, проектируют в насыпи, в отдельных случаях - на косогорах круче 1:10 предусматривают полунасыпи - полувыемки. Во избежание нарушения теплового режима, увеличения глубины оттаивания и снижения устойчивости сооружения уступы на косогорах запрещаются. В низовой части откос насыпи защищают от теплового воздействия присыпкой из мохоторфа в смеси с грунтом (рис. 19.27, тип 14) или из других теплоизоляционных материалов, защищенных от прямого солнечного воздействия и от попадания мазута, бензина, керосина и других горючих материалов.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

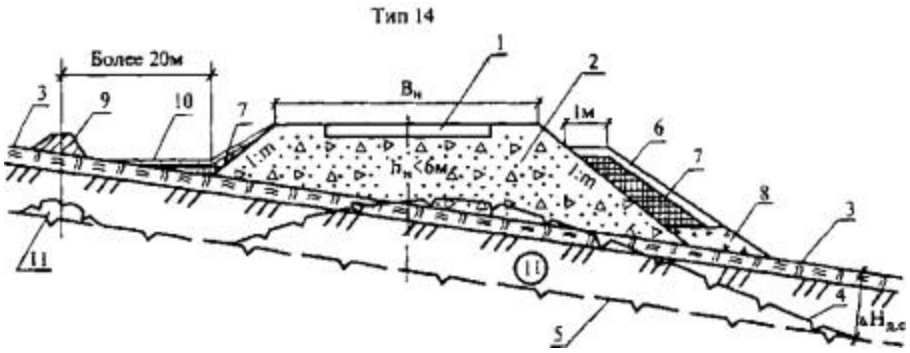


Рис. 19.27. Поперечный профиль насыпи на льдонасыщенном косогоре крутизной меньше 1:5, тип 14:
1 - дорожная одежда; 2 - несцементированный обломочный грунт; 3 - мохорастительный покров; 4 - ВГММГ после постройки насыпи; 5 - ВГММГ до постройки насыпи; 6 - глинистый грунт толщиной 15 см; 7 - теплоизоляция из мха или торфа в смеси с грунтом, толщиной более 0,5 м; 8 - дренирующая присыпка; 9 - нагорный валик; 10 - укрепление бетонными плитами на слое мохоторфа; 11 - новообразованная мерзлота под насыпью и нагорным валиком

На косогорных участках круче 1:5 земляное полотно укрепляют специальными подпорными стенками, предусматривая их заглубление в вечномерзлый грунт по расчету на выпучивание (рис. 19.28, тип 15). Во всех случаях применение конструкций типа 15 должно быть обосновано технико-экономическими расчетами.

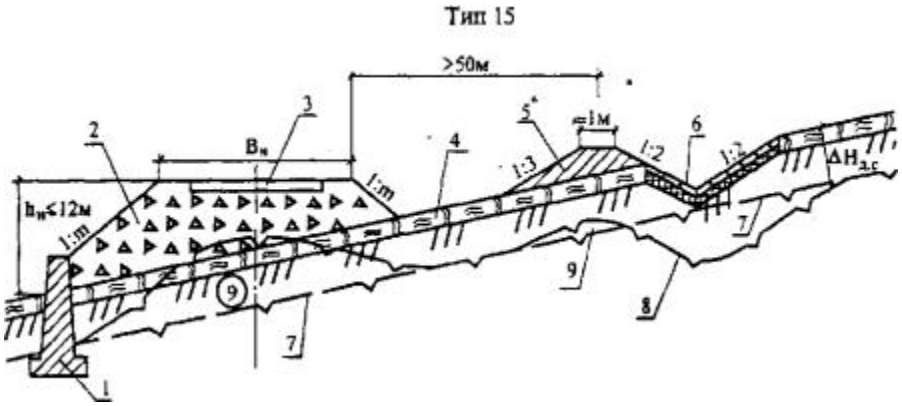


Рис. 19.28. Поперечный профиль насыпи на косогоре круче 1:5, тип 15:
1 - подпорная стенка; 2 - несцементированный обломочный грунт; 3 - дорожная одежда; 4 - мохорастительный покров; 5 - мерзлотный валик; 6 - укрепление бетонными плитами на слое из мохоторфа или на плитах из пенопласта, экструзионного пенополистирола; 7 - ВГММГ до постройки насыпи; 8 - ВГММГ посте постройки насыпи; 9 - новообразованная мерзлота под насыпью и под мерзлотным (нагорным) валиком

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

При проектировании по второму принципу земляное полотно конструируют в соответствии с поперечными профилями, приведенными на рис. 19.17-19.28.

Допускается устраивать земляное полотно из местных глинистых грунтов с закладкой притрассовых или сосредоточенных резервов (рис. 19.29, типы 16, 17). При этом запрещается убирать или разрушать в основании насыпи мохорастительный покров.

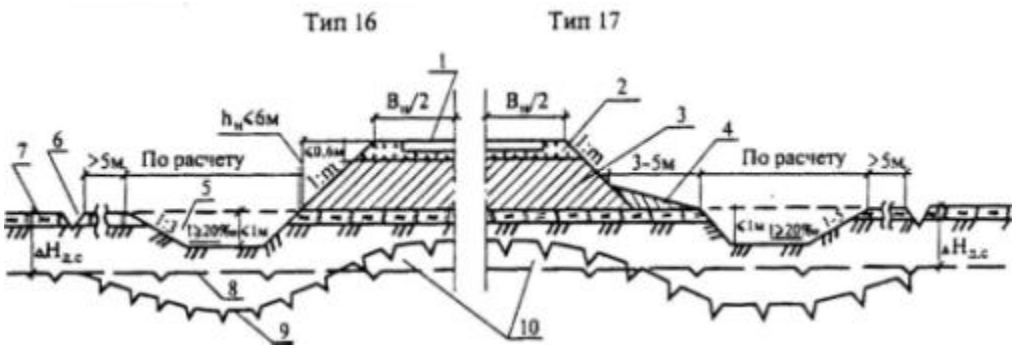


Рис. 19.29. Поперечные профили насыпи из местных глинистых грунтов, тип 16, тип 17:
1 - дорожная одежда; 2 - щебень или гравий по расчету на прочность (но слоем равным или более 0,5 м); 3 - глинистый грунт; 4 - земляная берма; 5 - резервы; 6 - водоотводная канава; 7 - мохорастительный покров; 8 - ВГММГ до постройки насыпи; 9 - ВГММГ после постройки насыпи; 10 - новообразованная мерзлота под насыпью

Место, размер и очертания резервов назначают согласно требованиям СНиП 2.05.02-85. Крутизну откосов резервов необходимо назначать положе 1:5 с учетом рекультивации; при этом дно и откосы покрывают растительным слоем толщиной равной или более 0,3 м.

На затопляемых участках и на подходах к мостам и другим искусственным сооружениям земляное полотно проектируют из несцементированных обломочных грунтов. Бровка земляного полотна должна быть выше уровня расчетного горизонта воды на высоту волны с набегом на откос, но равной или более чем 0,5 м. В необходимых случаях предусматривают укрепление откосов с учетом скорости течения воды.

В случае низкого расчетного горизонта воды верхнюю часть насыпей допускается проектировать из глинистых грунтов. При этом высоту нижней части насыпи из несцементированных обломочных грунтов назначают по расчету (высота подпора воды плюс высота волны на широких поймах); во всех случаях она должна быть выше расчетного горизонта воды более чем на 0,5 м (рис. 19.30, 19.31, типы 18 - 20).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

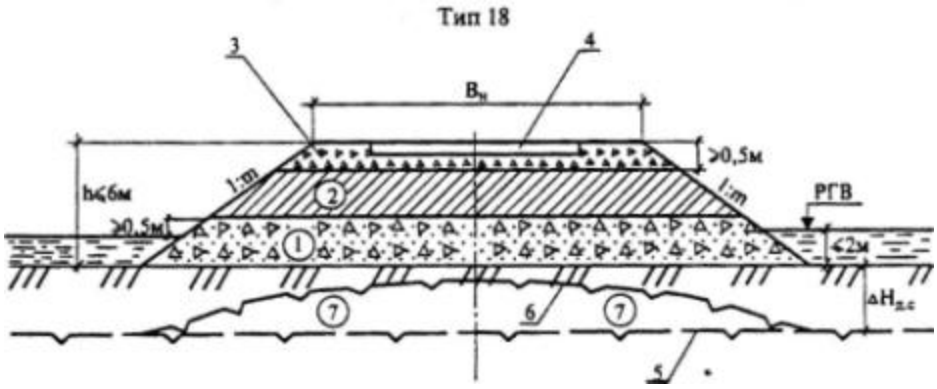


Рис. 19.30. Поперечный профиль насыпи на затопляемом участке, тип 18:
1 - несцементированный обломочный грунт; 2 - глинистый грунт; 3 - щебень или гравий по расчету на прочность; 4 - дорожная одежда; РГВ - расчетный горизонт воды; 5 - ВГММГ до постройки насыпи; 6 - ВГММГ после постройки насыпи; 7 - новообразованная мерзлота под насыпью

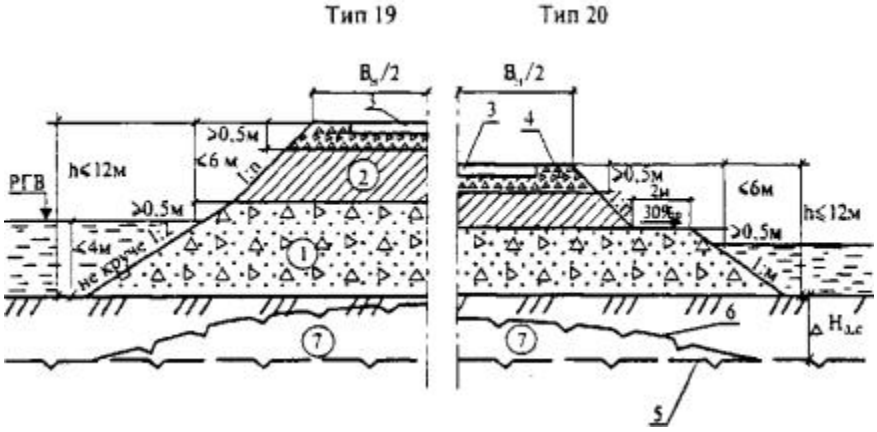


Рис. 19.31. Поперечные профили высокой насыпи на затопляемой пойме, тип 19, тип 20:
1 - несцементированный обломочный грунт; 2 - глинистый грунт; 3 - дорожная одежда; 4 - щебеночный или гравийный материал по расчету на прочность; 5 - ВГММГ до постройки насыпи; 6 - ВГММГ после постройки насыпи; 7- новообразованная мерзлота под насыпью; РГВ - расчетный горизонт воды

На участках местности с благоприятными грунтово-гидрогеологическими условиями (скальные, щебенистые и т.п. грунты) при отсутствии линз и прослоек льда допускается проектировать выемки (рис. 19.32, тип 21).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

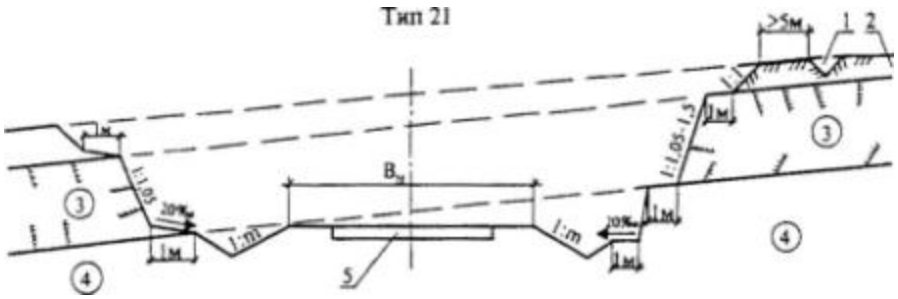


Рис. 19.32. Поперечный профиль выемки в скальных грунтах, тип 21:
1 - нагорная водоотводная канава; 2 - растительный слой; 3 - легко выветривающаяся скальная порода; 4 - не выветривающаяся скальная порода; 5 - дорожная одежда

В случае необходимости разработки выемок в сложных мерзлотно-грунтовых и гидрогеологических условиях (сырые места) их проектируют (при соответствующем технико-экономическом обосновании) с теплоизоляцией откосов, заменой переувлажненных пылеватых глинистых грунтов песчаным или другим качественным материалом, с устройством в основании дорожной одежды морозозащитных слоев (рис. 19.33, тип 22). При этом должен быть обеспечен надежный отвод воды из выемки. Мелкие выемки следует раскрывать или разделывать под насыпь (рис. 19.33, тип 23).

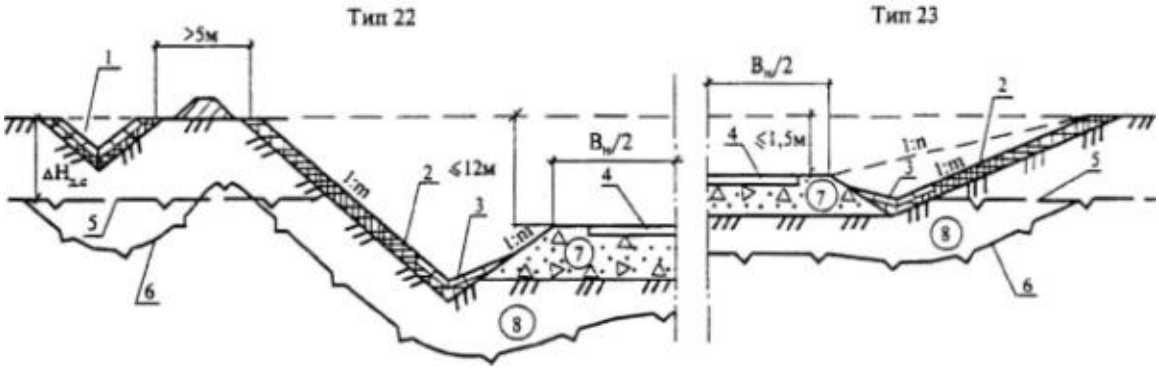


Рис. 19.33. Поперечные профили выемки в слабольдонасыщенных грунтах, тип 22, тип 23:
1 - водоотводная канава; 2 - термоизоляция из мха по расчету; 3 - укрепление бетонными плитами на слое из плит экструзионного пенополистирола (пенопласта) или на слое мохоторфа; 4 - дорожная одежда; 5 - ВГММГ до устройства выемки; 6 - ВГММГ после устройства выемки; 7 - щебень или гравий; 8 - глинистый грунт основания; 1:п - по расчету на снегонезаносимость (например, 1:10)

Толщину заменяемого в выемках грунта назначают из условий обеспечения требуемой прочности и устойчивости дорожной конструкции, равной или более 1,2 м.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

На участках местности 2 типа допускается проектировать выемки с заменой переувлажненных глинистых пылеватых грунтов песчаными или другими качественными материалами, предусматривая теплоизоляцию откосов или их укрепление геотекстилем (рис. 19.34, типы 24 и 25).

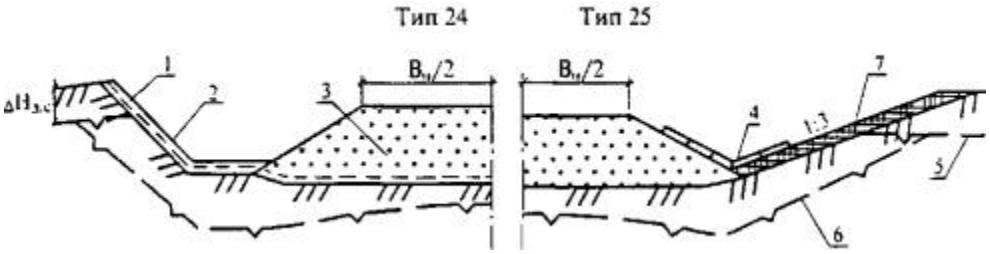
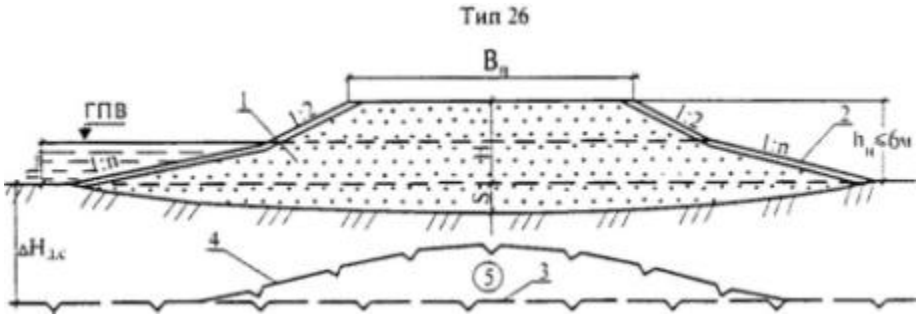


Рис. 19.34. Поперечные профили вытки на местности со сложными гидрогеологическими условиями, тип 24, тип 25:
1 - геотекстиль; 2 - торфопесчаная смесь; 3 - грунт замены (насыпь); 4 - бетонные плиты; 5 - ВГММГ в естественных условиях; 6 - тоже после постобработки выемки; 7 - теплоизолирующий слой из плит экструзионного пенополистирола или мохоторфа (по расчету) или другого теплоизоляционного материала

При проектировании выемок глубиной более 2 м в мелких и пылеватых песках, переувлажненных пылеватых суглинках, в легко выветривающихся сильнотрещиноватых скальных породах, а также в многолетнемерзлых грунтах, переходящих при оттаивании в мягкопластичное состояние, предусматривают устройство закюветных полок шириной 0,5-2 м (в зависимости от крутизны откосов и глубины выемки) или (при соответствующем обосновании) более пологие откосы. В скальных слабовыветривающихся породах при отсутствии трещиноватости взамен закюветных полок устраивают кюветы.

При пересечении глубоких логов и полос стока, а также на подходах к мостам через крупные водотоки (при соответствующем технико-экономическом обосновании, учитывающем требования охраны окружающей среды), допускается на грунтах I-IV категории просадочности проектировать насыпь, возводимую способом гидромеханизации без обвалования (рис. 19.35, тип 26). Крутизну откосов в нижней части принимают 1:10 - 1:15, а в верхней части - 1:2 для песчаного грунта при высоте волны до 0,4 м.



Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Рис. 19.35. Поперечный профиль насыпи, возводимой способом гидромеханизации, тип 26:
1 - гидронамывной песок; 2 - укрепление откоса; 3 - ВГММГ в естественных условиях; 4 - ВГММГ после постройки насыпи; 5 - новообразованная мерзлота под насыпью; *S* - осадка насыпи по оси; *H* - высота насыпи; ГПВ - горизонт поверхностных или подпертых вод

На затопляемых участках, на подходах к мостам и другим искусственным сооружениям земляное полотно проектируют в насыпи из крупнообломочных и песчаных грунтов. При этом бровку земляного полотна предусматривают выше расчетного уровня воды на величину равную или более 0,5 м плюс высота набега волны.

При проектировании по второму принципу разрешается конструировать насыпь с прослойками из геотекстильного материала.

Материал располагают в основании, теле и верхней части насыпи в виде плоских прослоек, обойм и полуобойм. Принцип работы и назначение прослойки, тип конструктивного решения зависят от степени просадочности грунта основания и типа грунта насыпи, сезона производства работ, а также от особенности структуры и свойств геотекстильного материала.

Разделяющую прослойку следует предусматривать при проектировании насыпи на участках с грунтами II-III категорий просадочности.

При отсыпке насыпи в летний период прослойку располагают в основании (рис. 19.36, тип 27), чтобы уменьшить неравномерность осадки оттаивающего грунта основания и одновременно улучшить условия проезда построечного транспорта, отсыпки и уплотнения нижнего слоя земляного полотна. При отсыпке насыпи в зимнее время прослойку предусматривают на границе между нижней частью из мерзлого комковатого (глинистого или торфяного) грунта и верхней частью из сухо- или сыпучемерзлого песчаного грунта (рис. 19.36, тип 28), чтобы предотвратить проникновение сыпучего материала верхней части насыпи в поры комковатого грунта, уменьшить неравномерность осадки и отвести воду за пределы насыпи при оттаивании грунта в летний период.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

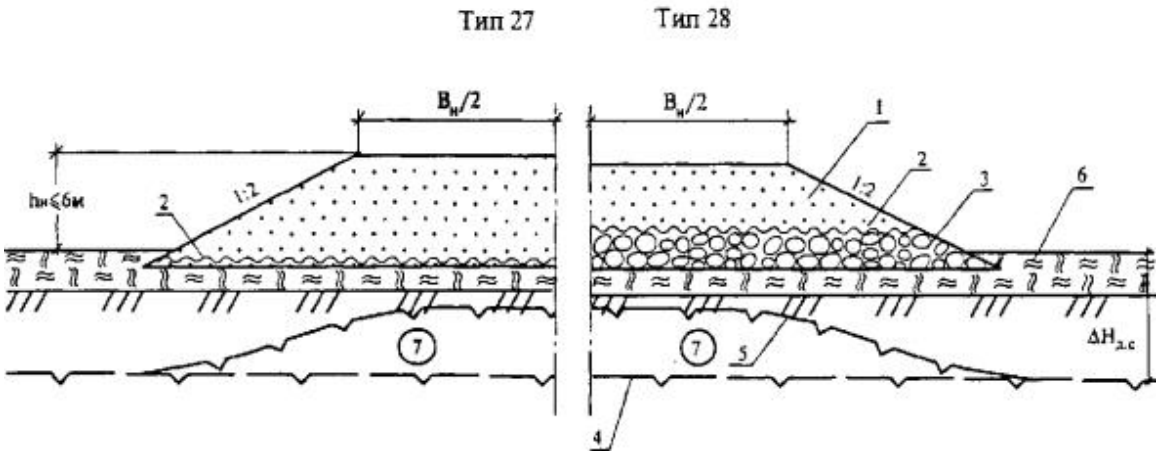


Рис. 19.36. Поперечные профили насыпей с разделяющими геотекстильными прослойками, тип 27, тип 28:
1 - грунт насыпи; 2 - слой геотекстиля; 3 - мерзлый комковатый (глинистый или торфяной) грунт в нижней части насыпи; 4 - ВГММГ в естественных условиях; 5 - то же после постройки насыпи; 6 - мохорастительный покров; 7 - новообразованная мерзлота под насыпью

Геотекстильные полотна располагают сплошь по всей ширине насыпи с поперечным уклоном 4 % и выпуском краев на откосы на 15-20 см. Прослойку из геотекстиля можно исключить, если межкомковые пустоты нижней части насыпи заполнить сухо- или сыпучемерзлым песком.

Армирующую прослойку следует предусматривать при проектировании насыпи на участках, сложенных грунтами III-V категории просадочности, чтобы повысить общую устойчивость насыпи и предотвратить расползание ее боковых частей, включая откосы, прослойку проектируют в виде вогнутой полуобоймы в период оттаивания.

На участках с грунтами III категории просадочности (рис. 19.37, тип 29) прослойку устраивают со сплошной укладкой геотекстильных полотен в поперечном направлении в нижней части насыпи. Для насыпи высотой до 2 м, в зависимости от угла трения *j* геотекстильного материала по подстилающему грунту или (при отсутствии таких данных) от угла внутреннего трения подстилающего грунта минимальную длину ветви полуобоймы с каждой стороны насыпи принимают по табл. 19.17.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

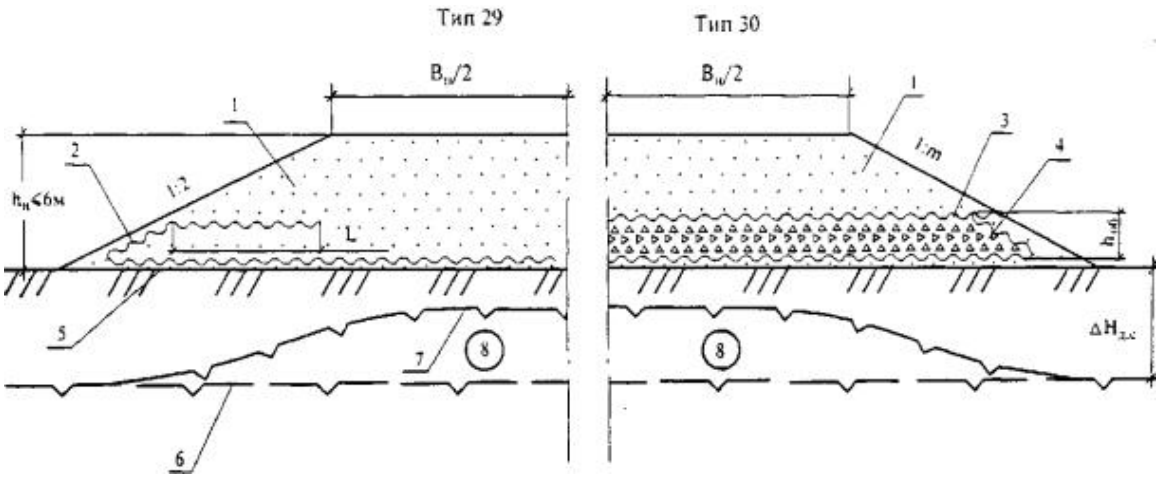


Рис. 19.37. Поперечные профили насыпей с армирующими геотекстильными прослойками, тип 29, тип 30:
1 - грунт насыпи; 2 - полуобойма из геотекстиля; 3 - обойма из геотекстиля; 4 - грунт, в т.ч. твердомерзлый в нижней части насыпи; 5 - выравнивающий песчаный слой толщиной 0,2-0,3 м; 6 - ВГММГ в естественных условиях; 7 - то же после постройки насыпи; 8 - новообразованная мерзлота под насыпью

Таблица 19.17.

Минимальная длина ветви полуобоймы с каждой стороны насыпи

j,°C	5	10	15	20
L, м	6	4,2	3,4	3

На участках с грунтами IV-V категории просадочности предусматривают прослойку в виде обоймы (рис. 19.37, тип 30) со сплошной укладкой геотекстильных полотен в поперечном направлении в нижней части насыпи. Высота обоймы $h_{об}$ должна быть меньше максимально допустимой величины, принимаемой в зависимости от модуля деформации геотекстильного материала E (табл. 19.18).

Таблица 19.18.

Максимально допустимая величина обоймы в зависимости от модуля деформации геотекстиля

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

E, МПа	£ 10	10-15	³ 15
$h_{об}$, см	50	80	120

При устройстве разделяющих и армирующих прослоек из водопроницаемого в плоскости геотекстильного полотна или другого материала дренирующий эффект прослойки, ускоряющий консолидацию насыпи, необходимо учитывать путем снижения степени консолидации основания на 10 %.

Для защиты от водной и ветровой эрозии откосы насыпи (выемки), сложенные песчаными пылеватыми и глинистыми грунтами, следует укреплять слоем торфо-песчаной смеси (40 % торфа, 60 % песка) толщиной 10-20 см. В смесь вводят семена многолетних трав.

При отсутствии торфяного грунта можно предусматривать (на основе технико-экономических расчетов) укладку сплошного слоя геотекстиля с обязательным закреплением полотнищ на обочинах и подошве насыпи (бровки, выемки) и последующее устройство защитного (от солнечной радиации) слоя толщиной 10-15 см из песка или гравийно-песчаной смеси (рис. 19.38, тип 31).

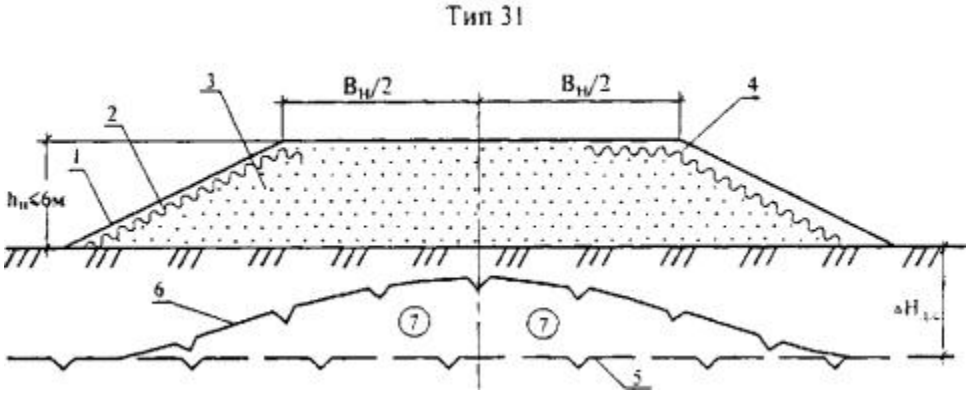


Рис. 19.38. Поперечный профиль насыпи с укреплением откосов и обочин геотекстилем, тип 31:
1 - защитный песчаный слой толщиной 10 - 15 см; 2 - геотекстиль на откосе; 3 - грунт насыпи; 4 - геотекстиль на обочине; 5 - ВГММГ в естественных условиях; 6 - то же после постройки насыпи; 7 - новообразованная мерзлота под насыпью

При необходимости можно укреплять сплошными геотекстильными слоями, выполняющими противоэрозионную или армирующую функцию, и обочины, и откосы (рис. 19.38, тип 31). Противоэрозионную роль выполняют также боковые поверхности полуобойм и обойм из геотекстиля (рис. 19.37, типы 29, 30).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В горно-таежной местности на склонах крутизной от 1:5 до 1:10, сложенных переувлажненными глинистыми грунтами с включениями гравия, щебня, дресвы в количестве до 30 %, предусматривают удаление переувлажненного грунта в низовую сторону. Мощность слоя удаляемого грунта должна быть больше глубины сезонного оттаивания. Высоту насыпи назначают расчетом, но равной или более 1,2 м. Нижнюю часть насыпи необходимо отсыпать на высоту 0,5-0,6 м из крупнообломочного грунта с размером ребер отдельных камней до 30 см, а верхнюю - из гравийно-песчаного материала. Крутизну откосов принимают положе 1:1,5.

На конусах выносов скальных обломочных пород и склонах, сложенных курумами, при крутизне от 1:5 до 1:10 насыпь проектируют из крупнообломочного грунта. Нельзя выполнять нарезку уступов в основании насыпи, чтобы сохранить равновесие курумов. Высоту насыпи назначают по расчету, но равной или более 1,2 м. Крутизну откосов принимают положе 1:1,5.

По третьему принципу земляное полотно конструируют в соответствии с поперечными профилями, приведенными на рис. 19.39, типы 34, 35. В этих случаях раньше чем за год до начала основных работ следует расчистить дорожную полосу от леса и кустарника, снять мохорастительный покров и устроить водоотводные канавы.

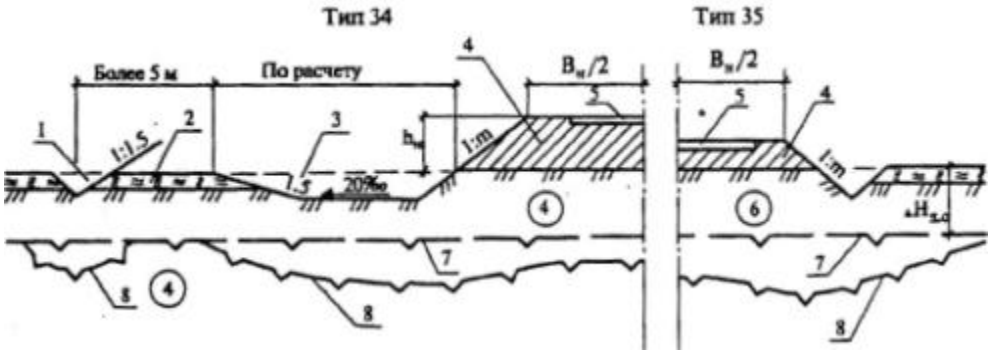


Рис. 19.39. Поперечные профили земляного полотна на легкоосушаемых грунтах, тип 34, тип 35:
1 - водоотводная канава; 2 - мохорастительный покров; 3 - резерв; 4 - глинистый легко осушаемый грунт с примесью крупного песка, щебня или гравия; 5 - дорожная одежда; 6 - супесчаный грунт; 7 - ВГММГ до постройки насыпи; 8 - ВГММГ после постройки насыпи

Откосы насыпей и выемок следует укреплять. Тип укрепления назначают в зависимости от физико-механических свойств грунтов, слагающих откосы земляного полотна, погодно-климатических факторов, гидрологического режима подтопления, высоты насыпи и глубины выемки и наличия местных материалов для укрепительных работ в соответствии с СН 449-72.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Земляное полотно, как правило, конструируют с пологими откосами для повышения устойчивости дорожных конструкций, технологичности их сооружения и повышения безопасности движения.

Заложение откосов насыпей и конусов у мостов, возводимых из несцементированных обломочных грунтов, принимают по табл. 19.19. Заложение откосов насыпей, возводимых из глинистых местных грунтов, принимают в зависимости от высоты насыпи по табл. 19.20. В случае возведения насыпей из переувлажненных грунтов нормы заложения откосов увеличивают и принимают положе «рекомендуемого» заложения согласно табл. 19.20.

Таблица 19.19.

Крутизна откосов насыпей из обломочных несцементированных грунтов

Грунты земляного полотна	Высота насыпи, м	Часть насыпи	Заложение откосов	
			Рекомендуемые	положе
Камни из слабовыветривающихся скальных пород	до 6		1:1,5	1:1,3
	до 12	верхняя часть 6 м	1:1,75	1:1.15
		нижняя часть	1:2	1:1,75
	более 12	по расчету на устойчивость		

Глыбовые (валунные), щебенистые (галечниковые), гравийные и дресвяные грунты слабовыветривающихся пород; песок гравелистый, крупный и средней крупности; шлаки металлургические	до 6		1:1,75	1:1,5
	до 12	верхняя часть 6 м	1:2	1:1,75
		нижняя часть	1:2,25	1:2
	более 12	по расчету на устойчивость		
Из прочих грунтов, пригодных для возведения земляного полотна (отходы дробильно-сортировочных фабрик, хорошо обожженные горелые породы и др.)	до 6		1:2	1:1,75
	до 12	верхняя часть 6 м	1:2	1:1,75
		нижняя часть	1:2,25	1:2
	более 12	по расчету на устойчивость		

Таблица 19.20.

Крутизна откосов насыпей из глинистых местных грунтов

Высота насыпи, м	Заложение откосов	
	рекомендуемое	положе

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

До 2	1:4	1:1,75
От 2 до 6	1:3	1:1,5
Свыше 6	По расчету на устойчивость	

В случае чередования небольших по протяжению участков насыпей, возводимых из несцементированных обломочных и глинистых грунтов, крутизну откосов принимают по табл. 19.20.

Крутизну откосов выемок назначают по табл. 19.21.

Таблица 19.21.

Крутизна откосов выемок

Виды грунтов	Глубина выемок, м	Заложение откосов	
		рекомендуемое	положе
Скальные: Слабовыветривающиеся при отсутствии трещиноватости и наклона пластов в сторону дороги;	До 12	1:0,75	1:0,2
Легковыветривающиеся неразмягчаемые;	До 12	1:1,5	1:0,5
Легковыветривающиеся размягчаемые	До 6 от 6 до 12	1:2 1:1,75	1:1 1:1,5
Крупнообломочные, щебенистые и гравелистые .	До 12	1:2	1:1.5

Глинистые (супеси, суглинки и глины однородные твердой, полутвердой и тугопластичной консистенции)	до 6 До 12	1:4 1:3	1:1,75 1:1,5

При проектировании выемок глубиной более 2 м в мелких и пылеватых песках, переувлажненных пылеватых суглинках, в легко выветривающихся сильнотрещиноватых скальных породах, а также в вечномерзлых грунтах, переходящих при оттаивании в мягкопластичное состояние, предусматривают закюветные полки шириной 0,5-2 м (в зависимости от вида грунта, крутизны откосов и глубины выемки). В отдельных случаях при соответствующем обосновании вместо устройства закюветных полок предусматривают пологие откосы.

Крутизну откосов выемок, разрабатываемых с применением массовых взрывов на выброс, и выемок, закладываемых в неблагоприятных гидрогеологических и мерзлотно-грунтовых условиях, назначают по специальным проектам.

При проектировании насыпей следует учитывать возможные осадки земляного полотна за счет обжатия растительного покрова, а также оттаивания и уплотнения грунтов основания.

Осадку земляного полотна определяют, исходя из типа местности, вида грунта основания, наличия или отсутствия на поверхности земли мохорастительного покрова и его мощности.

Объем дополнительных земляных работ из-за осадки основания насыпи принимают равным произведению площади осадки под насыпью на длину участка.

Площадь осадки следует рассчитывать в виде трапеции с максимальной осадкой по оси и бровкам земляного полотна и равной нулю в точке подошвы откоса насыпи.

Для определения объемов земляных работ на стадии составления технико-экономического обоснования ориентировочные значения осадок естественного основания насыпей высотой до 2 м принимают по табл. 19.22 или по расчету.

Таблица 19.22

Ориентировочные значения осадок насыпи высотой до 2 м при оттаивании естественного основания до 2,5 м

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Тип местности	Естественная влажность грунта основания в долях единицы от предела текучести	Коэффициент консистенции	Грунт основания	Осадка $S_к$, см
1 - сухие места	Менее 0,77	Менее 0,5	Глина пылеватая	10
			Суглинок пылеватый	6
			Супесь легкая	5
			Песок пылеватый	4
2 - сырые места	0,77-1,0	0,5-1,0	Глина пылеватая	20
			Суглинок пылеватый	15
			Супесь легкая	10
			Песок пылеватый	6

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

3 - мокрые места	Более 1,0	Более 1,0	Глина пылеватая	30
			Суглинок пылеватый	20
			Супесь легкая	15
			Песок пылеватый	10

Примечание: При большей высоте насыпи осадку рассчитывают по специальным методикам.

19.11. Водоотводные сооружения

В зависимости от рельефа, гидрологических, гидрогеологических и мерзлотно-грунтовых условий поверхностные и грунтовые надмерзлотные воды от дорожного полотна отводят с помощью следующих сооружений:

боковых водоотводных канав (рис. 19.40), лотков и полулотков;

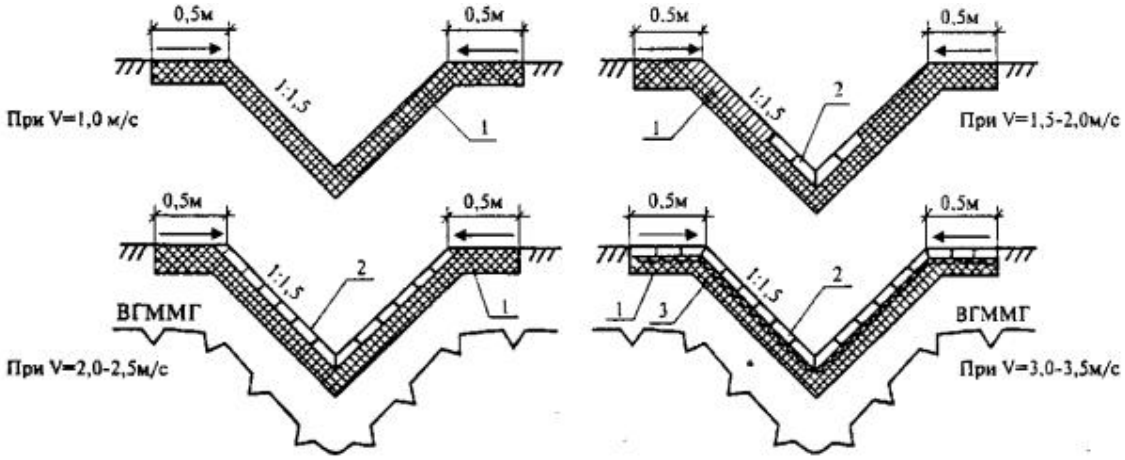


Рис. 19.40. Поперечные сечения водоотводных канав:
1 - дерн, мох, торф; 2 - укрепление из сборных бетонных плит на слое теплоизоляционного материала пенопласта или местного мохоторфа (при его наличии); 3 - мощение

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

нагорных мерзлотных валиков, приоткосных берм и водонепроницаемых замков с нагорными канавами; поперечных канав.

В подзоне I_3 с островной высокотемпературной несливающейся вечной мерзлотой допускается при соответствующем технико-экономическом обосновании проектировать дренажи для отвода грунтовых вод.

Размеры водоотводных сооружений назначают по гидравлическому расчету, учитывая приток и глубину залегания вод, осушаемую площадь и ее инженерно-гидрогеологические условия. Форму поперечного сечения канав принимают такой, чтобы обеспечить механизированное производство работ и устойчивость откосов.

Водоотводные канавы проектируют на устойчивых основаниях, сложенных непросадочными грунтами. При этом дно и откосы канав (кюветов), устраиваемых в легкоразмываемых грунтах, укрепляют одиночным или двойным слоем луговой или тундровой дернины, камнем или бетонными плитами (см. рис. 19.40). Если скорость течения воды превышает допустимую для соответствующих типов укрепления, необходимо предусматривать перепады, быстротоки или водобойные колодцы (см. главу 15).

На участках с подземными льдами, а также с грунтами, сильно льдонасыщенными, залегающими в пределах двойной мощности сезонно оттаивающего слоя, следует избегать применения водоотводных и нагорных канав.

В таких случаях для отвода воды на косогорных участках предусматривают бермы или нагорные валики (рис. 19.41, а, б, в, г), а на равнинных участках - фильтрующие водоперепуски (дрены) по гидравлическому расчету.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

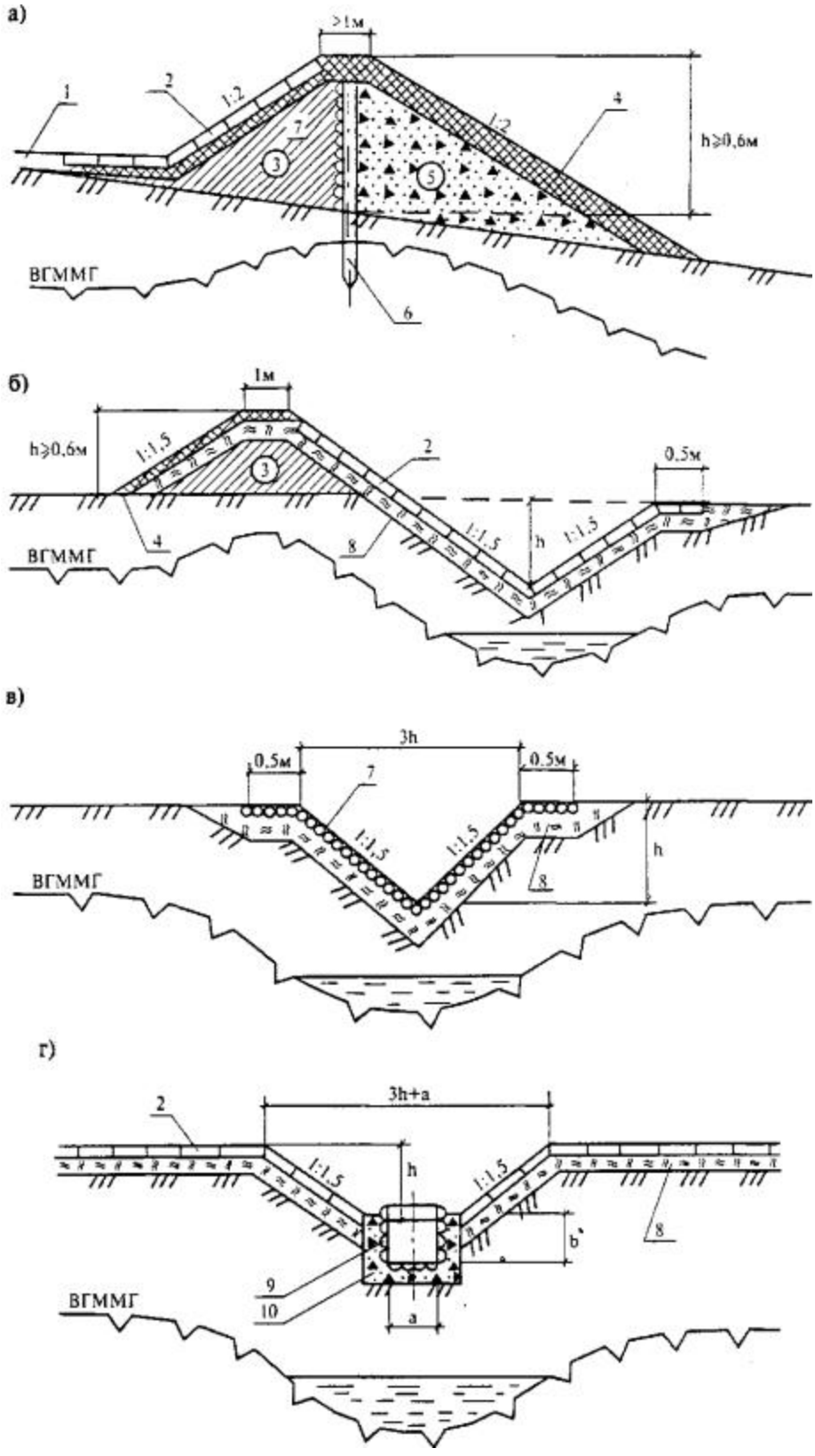

а)
>1м
1
2
1:2
7
3
4
1:2
5
h⩾0,6м
ВГММГ
6
б)
1м
h⩾0,6м
1:1,5
3
2
0,5м
4
ВГММГ
8
1:1,5
h
1:1,5
в)
3h
0,5м
0,5м
7
1:1,5
1:1,5
h
ВГММГ
8
г)
3h+a
2
1:1,5
h
1:1,5
b
8
9
10
ВГММГ
a

Рис. 19.41. Конструкции нагорных валиков и канав:
а - нагорный валик, б - мерзлотный валик с канавой; в - нагорная канава; г - нагорная канава с утеплителем;
1 - смесь гравия с торфяной крошкой; 2 - сборные бетонные плиты; 3 - местный грунт; 4 - одерновка; 5 - дренирующий грунт; 6 - жердевая стенка; 7 - жерди диаметром 10 см; 8 - мох, торф, пенопласт и др. теплоизоляционные материалы; 9 - деревянный лоток; 10 - щебень с грунтом

Нагорные валики располагают не ближе 20 м от подошвы насыпи. Высоту их назначают с обязательным превышением максимального расчетного уровня воды на 0,25 м. Во всех случаях высота валика должна быть равна или более 0,6 м, ширина по верху - более 1 м; заложение откосов - положе 1:2.

Валики целесообразно отсыпать из глинистых грунтов с обязательным сохранением мохорастительного покрова в основании. Откос валика и полосу вдоль его подошвы на ширину 1 м с нагорной стороны укрепляют гравием по слою мха или торфа. Для большей устойчивости нагорный валик покрывают теплоизоляцией; на косогорах круче 1:5 внутри его предусматривают жердевую стенку (рис. 19.41, а).

При проектировании насыпей в равнинной местности на сухих местах боковые канавы предусматривают непосредственно у подошвы насыпи. В тех же условиях, но при косогорной местности боковую канаву проектируют непосредственно у подошвы нагорного откоса, а нагорную канаву - в 10 м от бровки боковой канавы. Откосы канав укрепляют согласно СНиП 2.05.02-85 и специальных рекомендаций.

На участках с наличием потока грунтовых вод водоотводные устройства проектируют в комплексе с противоналедными мероприятиями.

На косогорных участках с большой водосборной площадью или сильными снежными заносами водоотвод проектируют в виде двух рядов нагорных канав (рис. 19.41, в), расположенных в 100 м друг от друга, или нагорной канавы в сочетании с мерзлотным валиком, который устраивают с низовой стороны нагорной канавы (рис. 19.41, б) в 50 м от подошвы насыпи. Нагорные канавы с утеплением для предотвращения наледеобразования устраивают по типу (рис. 19.41, г). Уклоны дна канав принимают более 3 %, а в выемках - более 5 %.

19.12. Проектирование земляного полотна и искусственных сооружений на наледных участках

Степень возможного воздействия наледи на движение транспортных средств и устойчивость дорожных сооружений выявляют в зависимости от типа наледи, ее размеров, длительности действия, места формирования и отложения относительно проектируемого или ограждаемого объекта.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Расчетные значения параметров природных наледей поверхностных и грунтовых вод, изменение которых в многолетнем цикле обычно незначительно (в пределах 10-15 %), определяют по данным разовых замеров при изысканиях. Значения параметров природных наледей подземных вод и наледей, вызванных строительством в результате изменения естественных условий и ледотермического режима поверхностных и подземных вод, определяют расчетом по ВСН 210-91, а также согласно «Указаниям по борьбе с наледями на автомобильных дорогах».

Мосты и трубы проектируют с обеспечением необходимой площади отверстия, допуская минимальное стеснение потока. Отношение требуемой площади живого сечения (без повышения расчетного уровня воды) к фактически набранной должно быть менее 1,1-1,15. Материалы конструкции (металл, железобетон, бетон, дерево) выбирают на основании технико-экономических сравнений вариантов. Предпочтение отдают материалам повышенной прочности (низколегированные с повышенной ударной вязкостью стали и морозостойкие бетоны).

На участках природных наледей земляное полотно проектируют:

в насыпях с возвышением бровки над расчетной поверхностью наледи более, чем на 0,5-1 м;

в насыпях с бермой, устраиваемой с нагорной стороны;

совместно с противоналедными устройствами.

При проектировании насыпей предпочтительнее несцементированные обломочные грунты. На участках, где насыпи проектируют с применением глинистых грунтов, предусматривают берму с нагорной стороны или соответствующее заложение откоса по табл. 19.19 и его укрепление.

Земляное полотно совместно с противоналедными устройствами (земляные валы или заборы) проектируют на участках действующих ключевых наледей, когда можно каптировать источники и отвести их по утепленным лоткам и канавам за пределы земляного полотна, а также на участках грунтовых наледей объемом до 10 000 м^3, образующихся в пологих (уклон менее 0,02) и широких логах.

Валы проектируют на основании с удалением растительного и торфяного покрова, а откос нижней части вала укрепляют. Высота укрепления откоса должна быть выше расчетного уровня воды более чем на 0,2 м.

На участках прогнозируемых наледей в районах глубокого сезонного промерзания и островного распространения вечномерзлых грунтов земляное полотно проектируют с таким расчетом, чтобы глубина промерзания под насыпью была меньше промерзания грунтов в естественных условиях.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В районах сплошного распространения вечномерзлых грунтов земляное полотно проектируют совместно с мерзлотным грунтовым поясом или с водонепроницаемым экраном, которые активизируют наледные процессы в удалении от полотна дороги.

При вскрытии водоносных слоев выемками перехват и отвод грунтовых и надмерзлотных вод осуществляют глубокими полуоткрытыми лотками или удерживают наледь выше по склону. Когда применение указанных мероприятий затруднено или экономически нецелесообразно, предусматривают уширение выемок и устройство противоналедных заборов.

На участках природных наледей, образующихся по руслам водотоков, проектируют:

преимущественно мосты вместо труб;

мосты с увеличенными отверстиями, преимущественно свайно-эстакадного типа на всю ширину наледного лога;

мосты и трубы совместно с утепленными лотками;

мосты со спрямленными и углубленными руслами, обеспечивающими пропуск наледной воды через зону искусственного сооружения.

Мосты с увеличенными отверстиями проектируют в местах развития природных наледей объемом свыше 10000 $м^3$ с нечетко выраженными наледными источниками, когда устранение причин возникновения наледи или задержание наледи на удалении от сооружения практически не представляется возможным или экономически нецелесообразно.

Высоту подмостового габарита по условиям пропуска наледи и весеннего потока талых вод определяют по формуле:

$H_м = DH + Dh + Dh_{пр}$, где

$H_м$ - высота подмостового габарита, м;

DH - расчетная максимальная мощность наледи, м, определяемая по ВСН 210-91;

Dh - превышение, необходимое для пропуска по наледи расчетного расхода талых вод, м;

$Dh_{пр}$ - просвет от уровня воды до низа пролетного строения, м.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Безналедный пропуск водотоков осуществляют с применением утепленных лотков при четко выраженном, сконцентрированном в одном месте наледном источнике с температурой воды выше +3°С и незначительном его удалении от сооружения. Толщину утепления лотков устанавливают теплотехническим расчетом.

Постоянный противоналедный лоток проектируют совместно с мостом или трубой. Лоток можно устраивать с заглублением в грунт или на его поверхности. Длину лотка принимают равной ширине моста или длине трубы, но более 25-30 м.

Наледи выше искусственного сооружения целесообразно задерживать на водотоках с малыми расходами и при наличии пологих (уклон менее 0,02) и широких логов, позволяющих накапливать лед одним-двумя заборами или земляными валами с заборами в проеме.

На участках прогнозируемых наледей проектируют следующие типы искусственных сооружений:

трубы со специальными конструкциями фундаментов;

свайно-эстакадные мосты, полностью перекрывающие наледный лог;

мосты с любыми конструкциями фундаментов и опор, но с повышенными подмостовыми габаритами;

мосты или трубы совместно с дренажно-каптажными устройствами.

Трубы на участках прогнозируемых наледей проектируют с облегченными или свайными фундаментами, предусматривая теплоизолирующие подушки, чтобы глубина промерзания грунта под фундаментом была меньше промерзания грунтов в естественных условиях.

Подошву фундамента (теплоизолирующей подушки) трубы следует располагать выше уровня грунтовых вод. Если это условие выполнить невозможно, проектируют мосты с увеличенными отверстиями или при соответствующих технико-экономических обоснованиях трубы и мосты с дренажно-каптажными устройствами.

Каптаж совместно с дренажом применяют при наличии источников подземных вод, выходящих на склоне выше дороги. Он может состоять из одного или нескольких колодцев, а также из коротких галерей, канав или лотков и отводных устройств.

Колодцы и водоотводные трубы утепляют, а трубы закладывают в нижней трети глубины сезонного промерзания грунта в естественных условиях.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Свайно-эстакадные мосты проектируют на постоянно действующих малых и средних водотоках, предусматривая мероприятия, компенсирующие нарушенные строительством мерзлотно-гидрологические условия (устройство теплоизолирующих подушек, накопление снега, углубление русел и т.д.).

На малых водотоках и ручьях при глубине залегания водоупорного слоя до 3-5 м и низкой температуре воды (ниже 3 °С) предусматривают устройства, активизирующие наледный процесс и задерживающие наледь в удалении от сооружения (наледные пояса, активные противоналедные валы, вентиляционно-морозильные установки и самонастраивающиеся, автоматически действующие охлаждающие установки системы С.И. Гапеева и т.д.).

Список литературы к главе 19

(рекомендуется для территорий с наличием ММГ, порядковая нумерация литературы размещена в исторической ретроспективе по годам изданий)

1. Инструкция для изучения мерзлоты почвы в Сибири / Комис. императ. геогр. о-ва. - С.-Пб.: Тип. Императ. Акад. Наукъ, 1895. - 25 с.

2. Мушкетов И.В. Физическая геология. Общие свойства и состав Земли. Тектонические процессы (дислокационные, вулканические и сейсмические явления). Т. 1. - 2-е изд. доп. и перераб. - С.-Пб.: Тип. Ю.Н. Эрлихъ, 1899. - 784 с.

3. Мушкетов И.В. Физическая геология. Т. II. Денудационные процессы. Вып. П. Геологическая деятельность проточной воды, озеръ, моря и льда. - 2-е изд. доп. и перераб. - С.-Пб.: Тип. Ю.Н. Эрлихъ, 1905.- 915 с.

4. Мушкетов И.В. Физическая геология. Т. I. - 3-е изд. доп. и перераб. - Л.-М.: Гл. ред. геол.-развед. и геодез. лит., 1924.

5. Мушкетов И.В. Физическая геология. Т. II. Денудационные процессы. Вып. II. Геологическая деятельность проточной воды, озеръ, моря и льда. - 3-е изд. доп. и перераб. - Л.-М.: Гл. ред. геол.-развел, и геодез. лит., 1926. - 636 с.

6. Сумгин М.И. Вечная мерзлота почвы в пределах СССР.

1-е изд. - Владивосток: Изд-во АН СССР, 1927.

2-е изд. - М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1937. - 380 с.

7. Цитович Н.А., Сумгин М.И. Основы механики мерзлых грунтов. - М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1937.- 432 с.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

8. Общее мерзлотоведение / М.И. Сумгин, С.П. Качурин, И.И. Толстихин, В.Ф. Тумель. - М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1940. - 340 с.

9. Основы геокриологии (мерзлотоведения). В 2 ч. / П.Ф. Швецов, А.А. Мейсте, Н.И. Салтыков и др. - М.: Изд-во АН СССР, 1959. - Ч. I (460 с), Ч. II (367 с).

10. Пузаков Н.А. Водно-тепловой режим земляного полотна и автомобильных дорог. - М.: Автотрансиздат, 1960. - 166 с.

11. Технические указания по изысканию, проектированию и строительству автомобильных дорог и аэродромов в районах вечной мерзлоты: ВСН 84-62 / Минтрансстрой СССР. - М.: Оргтрансстрой, 1963. - 152 с.

12. Давыдов В.А. Из опыта эксплуатации автомобильной дороги Ленек - Мирный // Бюл. Колыма. - Магадан, 1966. - № 3. - С. 45-46.

13. Земляное полотно автомобильных дорог в северных условиях / А.А. Малышев, В.А. Давыдов, И.А. Золотарь и др.; Под ред. А.А. Малышева. - М.: Транспорт, 1974. - 298 с.

14. Втюрин Б.И. Подземные льды СССР. - М.: Наука, 1975. - 214 с.

15. Инструкция по изысканию, проектированию и строительству автомобильных дорог в районах вечной мерзлоты: ВСН 84-75 / Минтрансстрой СССР. - М.: Оргтрансстрой, 1976. - 218 с.

16. Справочник по строительству на вечномерзлых грунтах / Под ред. Ю.Я. Велли, В.И. Докучаева, Н.Ф. Федорова. - Л.: Стройиздат, ленингр. отд-ние, 1977. - 552 с.

17. Шелопаев Е.И., Юрков Ф.Х. Строительство и эксплуатация автомобильных дорог в районах вечной мерзлоты. - Красноярск: Изд-во «Красноярский рабочий», 1977. - 80 с.

18. Общее мерзлотоведение (геокриология) / Под ред. В А Кудрявцева. - М.: Изд-во МГУ, 1978. - 464 с.

19. Давыдов В.А. Особенности изысканий и проектирования автомобильных дорог в районах вечной мерзлоты: Учеб. пособие. - Омск: СибАДИ, 1979. - 79 с.

20. Богородский В.В., Таврило В.П. Лед. Физические свойства. Современные методы гляциологии. - Л.: Гидрометеоиздат, 1980. - 384 с.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

21. Давыдов В.А Особенности проектирования автомобильных дорог в районах вечной мерзлоты (методы расчетов прочности и устойчивости дорожных конструкции): Учеб. пособие. - Омск: СибАДИ, 1980.-61 с.

22. Автомобильные дороги Севера / И.А. Золотарь, И.Л. Борщук, В.А. Давыдов и др.; Под ред. И.А. Золотаря. - М.: Транспорт, 1981. - 247 с.

23. Инструкция по проектированию и строительству автомобильных дорог для обустройства нефтяных и газовых месторождений на севере Тюменской области: ВСН 2-134-81 / Миннефтегазстрой СССР. - Тюмень: Изд-во «Тюменская правда», 1983. - 126 с.

24. Инструкция по проектированию автомобильных дорог нежесткого типа: ВСН 46-83 / Минтрансстрой СССР. - М.: Транспорт, 1985. - 157 с.

25. Проектирование и строительство автомобильных дорог для обустройства нефтяных и газовых месторождений на севере Тюменской области и в других районах тундры с аналогичными условиями: ВСН 201-85 / Минтрансстрой СССР. - М.: Союздорнии, 1985. - 65 с.

26. СНиП 2.05.02-85*. Автомобильные дороги / Госстрой России: Взамен СНиП П-Д.5-72 и СН 449-72 в части норм проектирования зем. полотна автомоб. дорог; Введ. 01.01.87. - М.: ФГУП ЦПП, 2004. - 54 с.

27. Крючков В.В. Север на грани тысячелетий. - М.: Мысль. - 1987. - 268 с.

28. Washburn A.L. Geocryology. A suIVey of periglacial processes and environments. -London, 1979. = Уошборн А.Л. Мир холода. Геокриологические исследования: Пер. с англ. А.Ф. Глазовского / Под ред. Б.И. Втюрина. - М.: Прогресс, 1988. - 384 с.

29. Инструкция по изысканию, проектированию и строительству автомобильных дорог в районах вечной мерзлоты: ВСН 84-89 / Минтрансстрой СССР. - М.: Союздорнии, 1990. - 272 с.

30. СНиП 2.02.04-88. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах / Госстрой СССР. - М.: ЦИТП Госстроя СССР. - 1990. - 56 с.

31. Давыдов В.А. Обоснование принципов проектирования и строительства автомобильных дорог на вечномерзлых грунтах. - В кн.: Вопросы проектирования, стр-ва и содержания автомоб. дорог и мостов в условиях Сибири / Под ред. В.А. Базавлука. - Томск: ТГУ, 1990. - С. 10-15.

32. Геокриология СССР. В 5 т. / Под ред. Э.Д. Ершова. - М.: Недра, 1989.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Т. 1. Европейская территория СССР. - 358 с.

Т. 2: Западная Сибирь. - 454 с.

Т. 3: Средняя Сибирь. - 414 с.

Т. 4: Восточная Сибирь и Дальний Восток. - 515 с.

Т. 5: Горные страны юга СССР. - 359 с.

33. Геокриологическая карта СССР (М 1:2500000). - М.: МГУ, 1991.-127 с.

34. Инженерная геокриология: Справочное пособие / Э.Д. Ершов, Л.Н. Хрусталев, Г.И. Дубиков, С.Ю. Пармузин; Под ред. Э.Д. Ершова. - М.: Недра, 1991. - 439 с.

35. Давыдов В.А. Обоснование рациональных дорожных конструкций для строительства автодорог и аэродромов на вечномерзлых грунтах Сибири и Крайнего Севера России. - В кн.: Известия вузов. Стр-во. - М., 1993. -№ 9. - С. 127-134.

36. Канаев Ф.С. Инженерные изыскания на Крайнем Севере (на основе ландшафтно-геокриологического метода). - М.: Корпорация «Трансстрой», 1994. - 140 с.

37. Давыдов В.А. Обоснование основных параметров поперечного профиля промышленных дорог для районов Крайнего Севера и зоны вечной мерзлоты. В кн.: Известия вузов. Стр-во. - Новосибирск. - 1995. - № 2. - С. 97-100.

38. Л.В. Киселева. Учет неблагоприятных природно-климатических условий при проектировании организации строительства железных дорог: Метод, указания к курсовому и дипломному проектированию. - М.: МИИТ, 1995. - 36 с.

39. Давыдов В.А. О назначении высоты насыпей на многолетнемерзлых грунтах Крайнего Севера России. - В кн.: Известия вузов. Стр-во. - Новосибирск. - 1997. - № 4. - С. 129-135.

40. Давыдов В.А. О прогнозе глубины оттаивания (промерзания) насыпей дорог на многолетнемерзлых грунтах Крайнего Севера России. - В кн.: Известия вузов. Стр-во. - Новосибирск. - 1997. - № 10. - С. 93-96.

41. Основы геокриологии. В 5 ч. / Под. ред. Э.Д. Ершова.

Ч. 1: Физико-химические основы геокриологии. - М.: МГУ, 1995. - 368 с.

Ч. 2: Литогенетическая геокриология. - М.: МГУ, 1996. - 399 с.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Ч. 3: Региональная и историческая геокриология Мира. - М.: МГУ, 1998. - 575 с.

Ч. 4: Динамическая геокриология. - М.: МГУ, 2001. - 688 с.

Ч. 5: Инженерная геокриология. - М.: МГУ, 1999. - 526 с. „

42. Давыдов В.А. Обоснование необходимости строительства автомобильной дороги Салехард - Надым. - М., 2000. - С. 19-26. - (Сб. тр. / Росдорнии; Вып. 10).

43. Котляков В.М. Гляциология Антарктиды. - М.: Наука, 2000. - 432 с.

44. Проектирование нежестких дорожных одежд: ОДН 218.046-01 / Гос. служба дор. хоз-ва Минтранса России. - М.: ГП «Информавтодор», 2001. - 145 с.

45. Давыдов В.А. Принципы проектирования и строительства дорог в зоне вечной мерзлоты (на многолетнемерзлых грунтах)// Проектирование автомоб. дорог. - М., 2002. - С. 17-20. - (Сб. науч. тр. / МАДИ-ГТУ).

46. Давыдов В.А. Особенности расчета нежестких дорожных конструкции в районах вечной мерзлоты // Проектирование автомоб. дорог. - М., 2002. - С. 21-45. - (Сб. науч. тр. / МАДИ-ГТУ).

47. Давыдов В.А. Дорожно-климатическое районирование I дорожно-климатической зоны (ДКЗ) - зоны вечной мерзлоты // Проектирование автомоб. дорог. - М., 2003. - С. 21-32 - (Сб. науч. тр. / МАДИ-ГТУ).

48. Гулько О.Н. Дорожно-климатическое районирование территории Севера Европейской части России // Проектирование автомоб. дорог. - М., 2004. - С. 19-33. - (Сб. науч. тр. / МАДИ-ГТУ).

ГЛАВА 20. ИНЖЕНЕРНОЕ ОБУСТРОЙСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

20.1. Обслуживание дорожного движения

Основная цель инженерного обустройства дорог - создание условий для обеспечения удобства и безопасности движения водителей транспортных средств, пассажиров и пешеходов путем применения средств информации, обеспечения хорошей видимости и зрительного ориентирования в различных погодно-климатических условиях и в ночное время, ограждения зон, опасных для движения, применения ударобезопасных конструкций дорожных ограждений.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

К инженерному обустройству дорог относят: технические средства организации дорожного движения (ограждения, дорожные знаки и указатели, разметка проезжей части, освещение, направляющие устройства, светофоры, системы автоматизированного управления дорожным движением), сети освещения, озеленение, малые архитектурные формы, комплексы зданий и сооружений дорожно-эксплуатационной службы, здания и сооружения автотранспортной службы (автостанции и автовокзалы, автобусные остановки и павильоны), комплексы сооружений автосервиса (мотели, кемпинги, площадки отдыха, автозаправочные станции, станции технического обслуживания, устройства аварийно-вызывной связи, пункты питания и торговли), линейные сооружения по контролю дорожного движения, защитные сооружения (снегозадерживающие барьеры и насаждения, шумопонижающие экраны, ограждения свободных территорий), установку рекламы, организацию и безопасность движения.

Для организации служб по содержанию и ремонту дорог, обслуживанию грузовых и пассажирских перевозок и участников движения в проектах автомобильных дорог предусматривают строительство соответствующих зданий и сооружений:

для дорожной службы - комплексы зданий и сооружений управления дорог, комплексы зданий и сооружений основного и низового звеньев дорожной службы, жилые дома для рабочих и служащих, производственные базы, пункты обслуживания и охраны мостов, переправ, тоннелей и галерей, устройства технологической связи;

для автотранспортной службы - здания и сооружения обслуживания грузовых перевозок (грузовые автостанции, контрольно-диспетчерские пункты), здания и сооружения обслуживания организованных пассажирских перевозок (автостанции и автовокзалы, автобусные остановки), здания и сооружения пограничных пунктов;

для обслуживания участников движения - здания и сооружения автомобильного сервиса (мотели, кемпинги и площадки отдыха, площадки для кратковременной остановки автомобилей, пункты питания, пункты торговли, автозаправочные станции (АЗС), дорожные станции технического обслуживания (СТО), пункты мойки автомобилей на въездах в города, пункты первой медицинской помощи, устройства для технического осмотра автомобилей, устройства аварийно-вызывной связи);

для службы Государственной инспекции безопасности дорожного движения (ГИБДД) - линейные сооружения по контролю дорожного движения.

Автобусные остановки и площадки для стоянки автомобилей.

При проектировании автобусных остановок следует предусматривать остановочные площадки для автобусов, посадочные площадки для пассажиров,

павильоны, переходно-скоростные полосы для торможения и разгона с отгонами, тротуары и пешеходные дорожки, туалеты, а также элементы по организации движения и отделения автобусных остановок от основных полос движения, освещение и архитектурное оформление. Переходно-скоростные полосы и остановочная площадка входят в состав дополнительной полосы проезжей части, устраиваемой у посадочной площадки и павильона.

В некоторых случаях, когда полосу используют для маневрирования автомобилей перед перекрестками или для движения транспортных средств с небольшой скоростью движения (тихоходных) на затяжных подъемах, изолированную остановочную площадку устраивают рядом с полосой.

При выборе места для размещения автобусных остановок необходимо учитывать следующие факторы:

обеспечение безопасности движения транспорта;

обеспечение кратчайших путей, удобств и безопасности пассажиров;

интенсивность и направление транспортных и пешеходных потоков;

обеспечение безопасных условий пересадки пассажиров с маршрута на маршрут и для движения в направлении пассажиропотоков;

обеспечение рационального использования земель и охраны окружающей среды;

обеспечение высоких транспортно-эксплуатационных показателей работы автобусов и автомобилей на участках дорог с совмещенным движением.

Особое внимание следует уделять обеспечению кратчайшего расстояния от центра «тяжести» пассажирообразующих зон и остановочных пунктов других видов транспорта до автобусных остановок.

Автобусные остановки на дорогах I категории (скоростные магистрали) не устанавливают, как исключение можно устраивать передаточные пункты с междугородных маршрутов, следующих по магистралям, на местные автобусные линии. Пересадочные площадки располагают за пределами земляного полотна автомагистрали.

Для обеспечения безопасности движения пешеходов и автотранспорта между пересадочными площадками устраивают тротуары и переходы через магистраль в разных уровнях.

Автобусные остановки вне пределов населенных пунктов должны располагаться на прямых участках дорог или на кривых в плане с радиусом не менее 1000 м для

дорог I и II категорий, 600 м - для дорог III категории, 400 м - для дорог IV-V категорий и продольных уклонах не более 40 ‰, а в горной местности - на участках, где обеспечена видимость в плане и продольном профиле. При этом должны быть обозначены соответствующие нормы видимости для дорог соответствующих категорий.

В пересеченной местности с затяжными продольными уклонами автобусные остановки размещают у вершин выпуклых кривых в продольном профиле, обеспечивающих достаточное расстояние видимости.

Автобусные остановки не следует располагать:

на участках дорог с насыпями высотой более 1,5 м;

в пониженных зонах рельефа местности, где возможны снежные заносы, туманы, гололед;

на вогнутых кривых продольного профиля перед значительными подъемами, в зонах которых водители развивают скорости для их динамичного преодоления;

на участках, для которых расчетный коэффициент безопасности меньше 0,7 или коэффициент относительной аварийности более 20.

Расстояние между автобусными остановками назначают, исходя из фактической и заданной потребности и необходимости на основании технико-экономического обоснования. На дорогах I-III категорий автобусные остановки рекомендуется назначать не менее, чем через 3 км, в курортных районах и в густонаселенной местности - 0,6 км, на дорогах IV-V категорий - не менее, чем через 500 м.

На эксплуатируемых дорогах можно использовать различные планировочные решения дополнительных полос в зонах автобусных остановок (рис. 20.1) с учетом интенсивности движения автобусов и других транспортных средств (рис. 20.2). При проектировании новых дорог обычно руководствуются типовыми проектными решениями.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

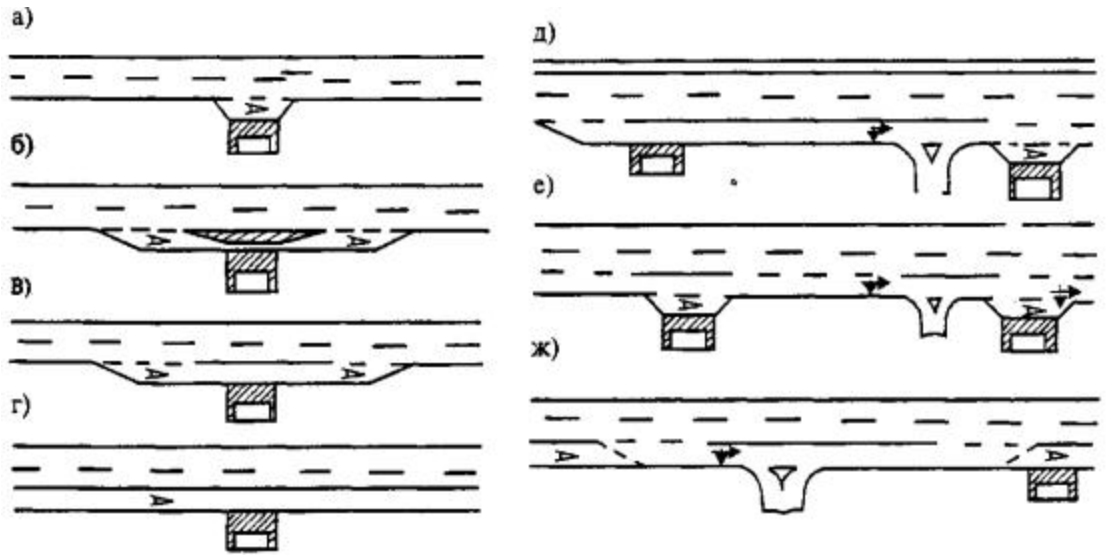


Рис. 20.1. Варианты планировочных схем устройства автобусных остановок:
а - изолированная остановочная площадка (карман); б, в - дополнительная полоса с разделительным островком (а) или без него (в); г - обособленная дополнительная полоса между соседними автобусными остановками и пересечениями; д, е, ж - дополнительная полоса для совмещения движения автобусов и поворачивающих автомобилей

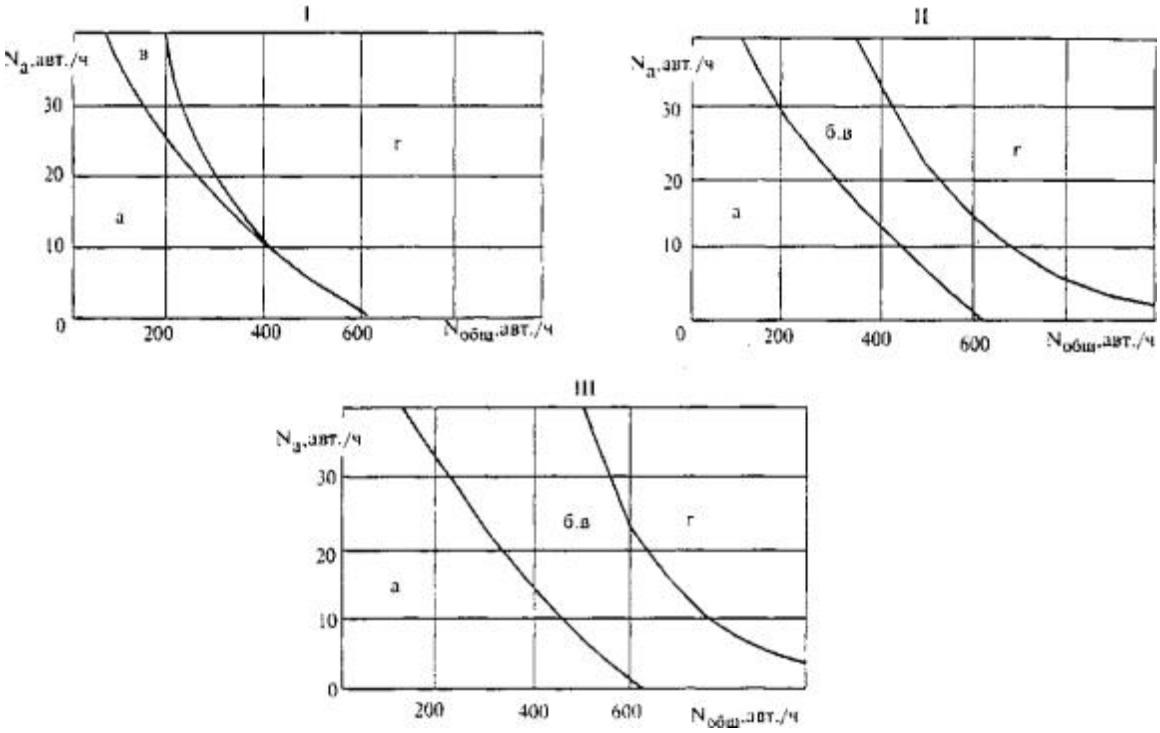


Рис. 20.2. Области применения планировочных решений автобусных остановок при расстоянии между ними - I - 400 м; II - 800 м; III - 1200 м:

а, б, в, г - области эффективного использования планировочных решений, показанных на рис. 20.1; N_a - интенсивность движения автобусов; $N_{aобщ}$ - общая интенсивность транспортных средств (на одну полосу проезжей части)

Частое расположение примыканий в одном уровне и автобусных остановок приводит к необходимости устройства непрерывной дополнительной полосы между примыканиями как для движения и остановки автобусов, так и для поворота транспортных средств, если плотность расположения примыканий на 1 км дороги не превышает единицы, а интенсивность движения автомобилей, поворачивающих направо, составляет 50 авт./ч и менее, можно допустить остановку автобусов на дополнительной полосе у посадочной площадки (см. рис. 20.1, д). В противном случае необходимо устраивать изолированные остановочные площадки (карманы) рядом с дополнительной полосой движения (см. рис. 20.1, е). При устройстве обособленных дополнительных полос, предназначенных только для движения автобусов, в местах примыканий предусматривают возможность заезда на эти полосы поворачивающих автомобилей (см. рис. 20.1, ж).

На пересечениях в одном уровне автобусные остановки располагают за пересечениями с совмещением полос разгона для транспортных средств, поворачивающих направо, и обязательным устройством изолированной остановочной площадки для автобусов (кармана).

На пересечениях автомобильных дорог в разных уровнях автобусные остановки целесообразно размещать в соответствии со схемами, приведенными на рис. 20.3 и 20.4 (посадочные площадки заштрихованы). При этом необходимо стремиться к снижению высоты, которую должен преодолевать пешеход при переходе с нижней дороги на верхнюю и к сокращению расстояний, проходимых пассажирами от автобусной остановки до места назначения или пересадочного пункта, за счет устройства дополнительных съездов. Кроме того необходимо обеспечивать удобство движения пешеходов в пределах пересечения, устраивая пешеходные дорожки и лестничные сходы. Во всех случаях, когда это возможно, целесообразно устраивать пересадочные пункты на одной посадочной площадке (с одной её стороны или с двух сторон).

Планировочные схемы, которые предусматривают пересечение маршрутов автобусов и других транспортных средств (см. рис. 20.3, а; 20.3, д; 20.4, в и 20.4, г) можно использовать только при наличии светофорного регулирования в местах пересечений или на дорогах IV категории.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

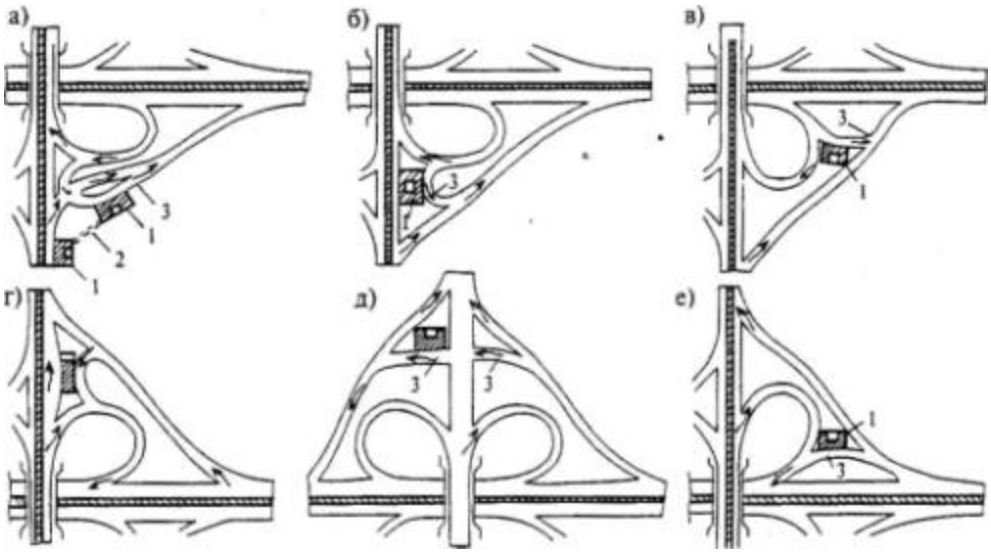


Рис. 20.3. Расположение автобусных остановок на пересечениях типа «клеверный лист»:
а, б, в - с первоначальным заездом автобуса на левоповоротный съезд; г, д, е - то же на правоповоротный съезд; 1 - автобусные остановки; 2 - пешеходная дорожка; 3 - дополнительные съезды

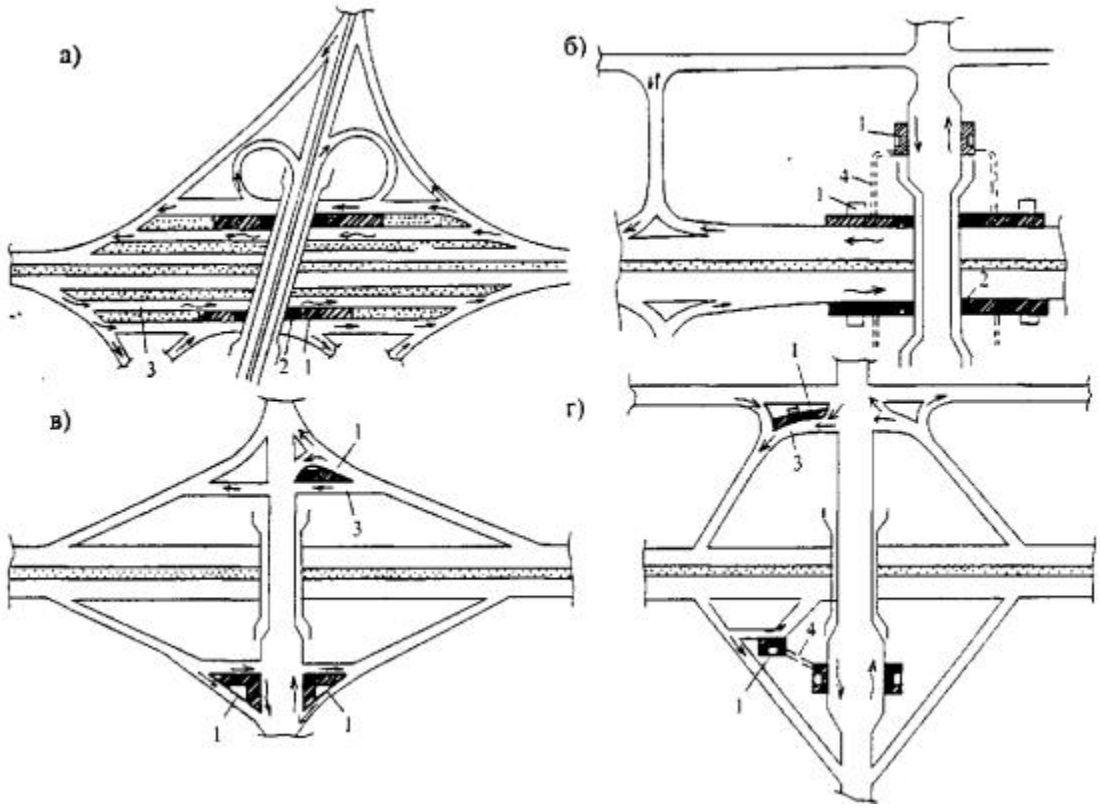


Рис. 20.4. Положение автобусных остановок на пересечениях в разных уровнях с устройством:
а - параллельных дополнительных съездов; б - посадочных площадок у путепровода; в, г - дополнительных съездов у второстепенной дороги; 1 - автобусные остановки; 2 - лестничные сходы; 3 - дополнительные съезды; 4 - пешеходные дорожки

Ширину остановочной площадки и дополнительной полосы принимают равной ширине основных полос проезжей части, но не менее 3 м, а длину площадки - в зависимости от количества одновременно останавливающихся автобусов, но не менее 13 м для одного автобуса, 25 м - для двух и 38 м - для трех.

Дополнительные съезды для подъезда к автобусным остановкам, на пересечениях в разных уровнях (см. рис. 20.3 и 20.4) проектируют по нормам, принятым для левоповоротных съездов (согласно СНиП 2.05.02-85).

Длину посадочной площадки принимают равной длине остановочной площадки, но не менее 10 м, а ширину - 2 м.

Посадочная площадка должна быть приподнята над проезжей частью на 0,2 м и отделена от неё бортовым камнем. Дорожную одежду на посадочных площадках принимают такой же, как и на тротуарах. Автопавильоны устанавливают на расстоянии не более 3 м от кромки остановочной площадки.

Пешеходные дорожки или тротуары шириной не менее 1 м устраивают в направлении движения основного потока пассажиров до ближайшего пешеходного перехода, улицы или границы зоны расчетной боковой видимости.

На дорогах I категории автобусные остановки целесообразно размещать напротив друг друга с устройством пешеходных переходов в разных уровнях и установкой ограждений на разделительной полосе. На дорогах II-V категорий автобусные остановки должны быть смешены по ходу движения (расстояние между ближайшими боковыми сторонами павильонов принимают не менее 30 м) таким образом, чтобы пассажиры, вышедшие из автобуса и направляющиеся в сторону автобусной остановки на другой стороне дороги, обходили стоящий автобус сзади и некоторое время двигались по тротуару до пешеходного перехода навстречу движению транспортного потока до ближайшей к остановке полосе проезжей части.

При проектировании автобусных остановок необходимо уделять особое внимание их архитектурному оформлению. Планировочные решения автобусных остановок, конструкция павильонов, внешняя отделка элементов обстановки, малые архитектурные формы, озеленение и освещение должны композиционно сочетаться с окружающей обстановкой и выполняться с учетом местных условий, климатических и национальных особенностей.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Площадки отдыха.

Площадки отдыха необходимо располагать через 15-20 км на дорогах I и II категорий, через 25-35 км - на дорогах III категории и через 45-55 км - на дорогах IV категории. Размеры площадок определяют с учетом количества одновременно стоящих автомобилей, их габаритов и схем установки: параллельно оси проезда площадки, поперек оси проезда площадки и под углом 45° относительно оси проезда площадки.

Вместимость площадок отдыха определяют в зависимости от категории дороги: 20-50 автомобилей на дорогах I категории при интенсивности движения до 30 тыс.авт./сут, 10-15 автомобилей - на дорогах II и III категории, 5-10 автомобилей - на дорогах IV категории. У пунктов питания, торговли, скорой помощи, источников питьевой воды и в других местах с систематическими остановками транспортных средств следует устраивать специальные площадки для их кратковременной остановки. Вместимость площадок следует определять индивидуально с учетом категории автомобильной дороги, видов оказываемых услуг и частоты их расположения на дороге.

Площадка отдыха должна состоять из трех планировочных зон, зрительно отделенных друг от друга: зоны стоянки автомобилей с въездами и выездами, зоны отдыха, санитарно-гигиенической зоны. На рис. 20.5 показан пример такой площадки с необходимым оборудованием. Другие элементы оборудования площадок (освещение, водоснабжение, связь) используют при наличии потребности и условий для их осуществления.

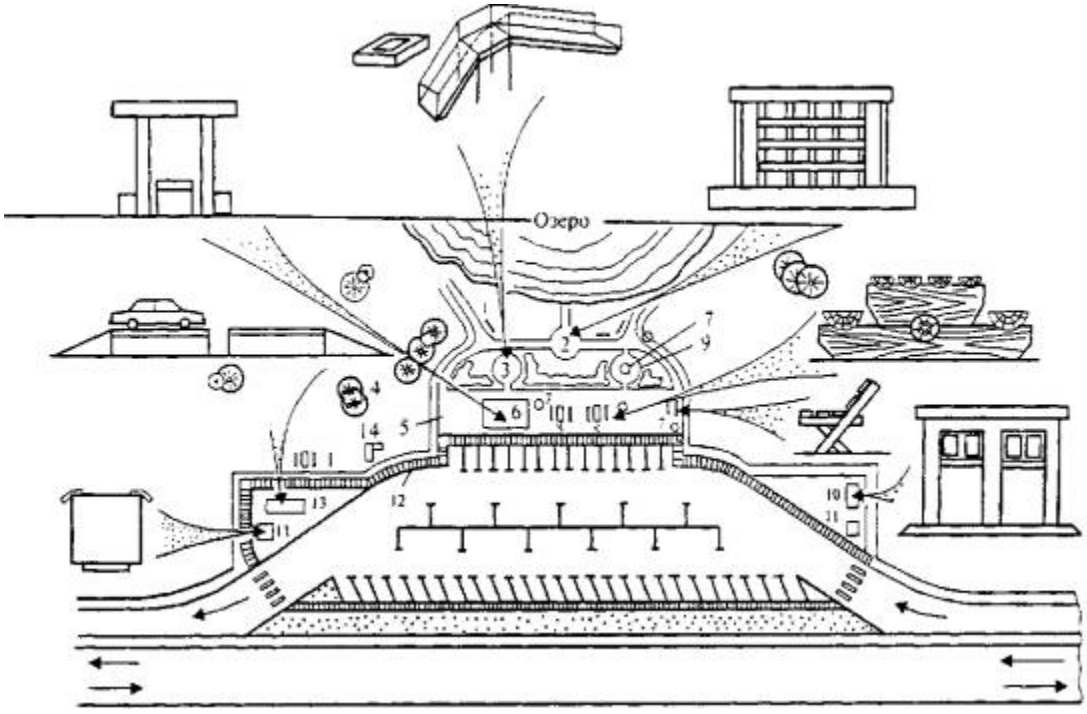


Рис. 20.5. Планировка и оборудование площадки отдыха:
1 - скамейка; 2 - беседка; 3 - детская площадка; 4 - деревья; 5 - пешеходная дорожка; 6 - навес; 7 - урна; 8 - стол со скамейками; 9 - место для курения; 10 - туалет; 11 - мусоросборник; 12 - тротуар; 13 - эстакада; 14 - маршрутная схема

Удаление площадок отдыха от дорог зависит от местных условий. Как правило, их размещают на расстоянии боковой видимости от кромок проезжей части.

Минимальное расстояние от края площадки до кромки основной полосы движения на дорогах II-III категорий должно составлять менее 2,7 м.

Площадки отдыха на дорогах I-II категорий устраивают с двух сторон (для обслуживания каждого направления) с размещением одной от другой против направления движения на расстоянии не менее 150 м между ними. На дорогах III-IV категорий обычно площадки устраивают с одной стороны дороги для обслуживания двух направлений движения.

Площадки отдыха не следует располагать:

на участках дорог с продольными уклонами более 40 ‰;

на выпуклых кривых в продольном профиле с радиусами менее 10 000 м;

на внутренней стороне кривых в плане с радиусами менее 1000 м;

на участках дорог, проходящих по ценным землям.

Автозаправочные станции (АЗС) и дорожные станции технического обслуживания автомобилей (СТО)

Автозаправочные станции (АЗС) и дорожные станции технического обслуживания автомобилей (СТО) размещают на основе экономических и статистических исследований. Мощность АЗС (число заправок в сутки) принимают по табл. 20.1, а число постов на дорожных станциях технического обслуживания - по табл. 20.2.

Таблица 20.1.

Мощность и размещение автозаправочных станций

Интенсивность движения, авт./сут	Мощность АЗС, число заправок в сутки	Расстояние между АЗС, км

Одностороннее размещение		
Свыше 1000 до 2000	250	30-40
Свыше 2000 до 3000	500	40-50
Свыше 3000 до 5000	750	40-50
Двустороннее размещение		
Свыше 5000 до 7000	750	50-60
Свыше 7000 до 20000	1000	40-50

Таблица 20.2.

Число постов на станции технического обслуживания автомобилей

Интенсивность движения, авт./сут	Число постов на СТО в зависимости от расстояния между ними, км				
	80	100	150	200	250
Одностороннее размещение					
1000	1	1	1	2	2
2000	1	2	2	3	3
3000	2	2	3	3	5

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

4000	3	3	2	2	3
Двустороннее размещение					
6000	1	2	3	3	3
8000	2	3	3	3	5
10000	3	3	3	5	5
20000	5	5	8	По специальному расчету	
30000	8	8	По специальному расчету		

Мощность АЗС, располагаемых в зоне пересечений автомобильных дорог, следует уточнять в зависимости от протяженности всех обслуживаемых прилегающих участков дорог, интенсивности движения и других расчетных показателей на этих участках.

АЗС размещают, как правило, вблизи населенных пунктов по возможности в комплексе с другими сооружениями дорожной службы и объектами сервиса в придорожных полосах на участках дорог с уклоном не более 40 ‰, на кривых в плане с радиусами более 1000 м, на выпуклых кривых в продольном профиле радиусами более 10 000 м и не ближе 250 м от железнодорожных переездов, не ближе 1000 м от мостовых переходов, на участках с насыпями высотой не более 2,0 м. Подъезды к АЗС должны быть выполнены с использованием переходно-скоростных полос. На АЗС предусматривают площадку для стоянки 2-3 грузовых и 3-4 легковых автомобилей.

Приближение АЗС к железнодорожным переездам регламентируют условиями размещения переходно-скоростных полос.

В комплекс АЗС входит здание с помещениями для оператора и торговли смазочными материалами и автомобильными запасными частями, а также островки с раздаточными колонками, внутренние проезды и площадки-стоянки с осмотровой эстакадой для мелкого аварийного ремонта. При АЗС целесообразно

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

предусматривать посты мойки и мелкого аварийного ремонта, если в ближайшем населенном пункте отсутствует СТО.

На магистральных дорогах при АЗС, расположенных на подходах к крупным городам, обязательно устройство моечных пунктов.

При дорожных СТО целесообразно предусматривать автозаправочные станции.

Количество необходимых топливораздаточных колонок определяют с учетом перспективной интенсивности и состава транспортного потока, принимая во внимание разную степень использования топливного бака и время обслуживания. При въезде на территорию АЗС устанавливают указатели, информирующие водителей о размещении колонок с разными сортами топлива. Проезжую часть на подходах к колонкам размечают на полосы движения. Длина полос, выделенных для ожидания обслуживания, должна быть достаточной для размещения очереди. На подходах к АЗС обязательно устанавливают знак, информирующий водителей о расстоянии до очередной ближайшей АЗС.

Для пожарной безопасности необходимо соблюдать следующие расстояния от края проезжей части до топливораздаточных колонок или границ подземных резервуаров: не менее 25 м на дорогах I категории и не менее 15 м - на дорогах остальных категорий.

Организация связи.

Организация связи на автомобильных дрогах является одним из важных элементов повышения эффективности управления строительными и ремонтными работами, а также необходимым средством организации дорожного движения.

Технологическую связь используют для обеспечения работы дорожно-эксплуатационной службы, управления производственными процессами в дорожных хозяйствах, своевременной доставки дорожно-строительных материалов к местам производства работ, для организации работы дорожно-строительных машин и механизмов. Радиосвязь дальнего действия между крупными строительными подразделениями и управлениями строительства устанавливают с помощью коротковолновых радиостанций. Наиболее удобным средством связи между объектами работ, конторами и транспортными хозяйствами является УКВ радиосвязь при помощи радиостанций с радиусом действия от 30 до 100 км. Для связи с подвижными объектами (автогрейдерами, снегоочистителями, автомобилями службы организации движения) используют ультракоротковолновые радиостанции небольшой мощности (дальность действия до 25 км), а также мобильную телефонную связь.

На важнейших федеральных автомобильных дорогах осуществляется создание и развитие отраслевой системы связи с использованием современных технологий,

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

направленных на оперативное обеспечение работников дорожно-эксплуатационной службы и пользователей дорог необходимой информацией о транспортно-эксплуатационном состоянии автомобильных дорог, условиях безопасности движения, метеорологических условиях, наличии и состоянии объектов сервиса, интенсивности и составе движения транспортных потоков и т.д.

Система предусматривает развитие автоматизированных центров управления производством (ЦУП) в организациях, осуществляющих содержание автомобильных дорог.

В систему комплексного информационно-телекоммуникационного обеспечения дорожной отрасли входят следующие взаимоувязанные структурные компоненты:

отраслевая информационная территориально-распределенная автоматизированная система;

отраслевая стационарная система связи и передачи данных;

отраслевая система автоматической подвижной производственно-технологической и аварийно-вызывной радиосвязи.

Примеры размещения колонок аварийно-вызывной связи показаны на рис. 20.6.

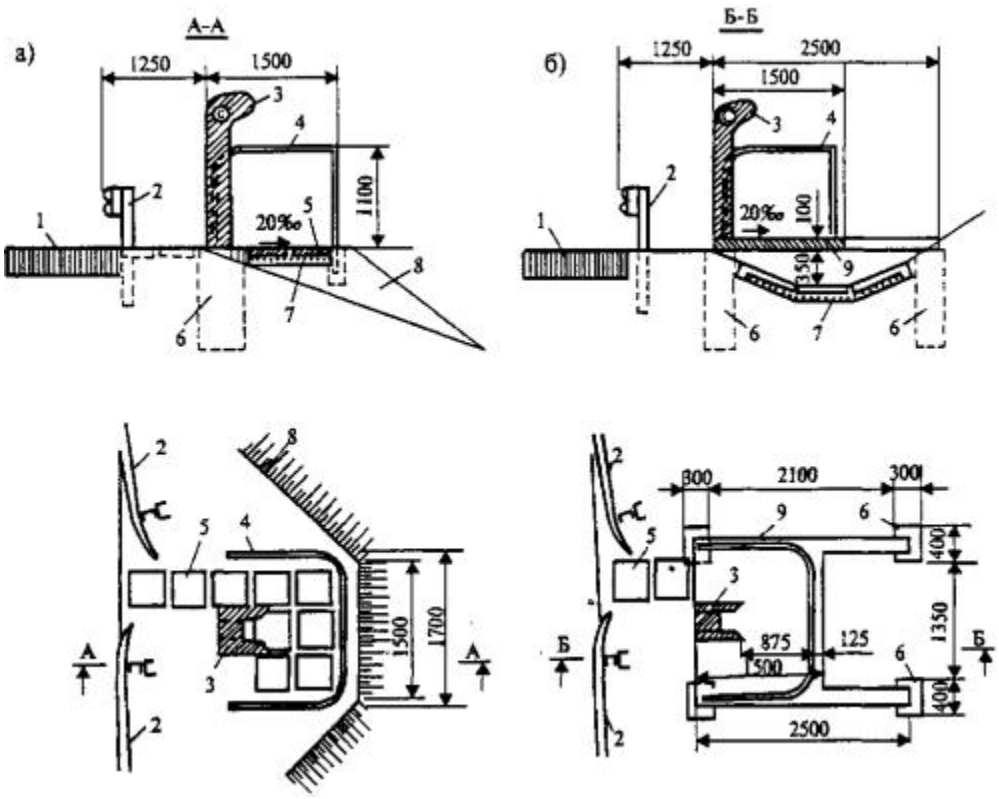


Рис. 20.6. Установка колонок аварийно-вызывной связи:
а - на насыпях; б - в выемках;
1 - полоса для остановки автомобилей; 2 - барьерное ограждение; 3 - переговорная колонка; 4 - ограждение из труб; 5 - плита пешеходной дорожки размером 400´400´60 мм; 6 - фундамент; 7 - гравийно-песчаная смесь 10 см; 8 - берма; 9 - железобетонная плита

Однако разработка и внедрение комплексных автоматизированных систем управления дорожными организациями, начавшиеся в 70-80-х гг. прошлого века и до настоящего времени, являются одним из основных направлений совершенствования управления производством и повышения эффективности его функционирования.

20.2. Дорожные знаки

Дорожные знаки, устанавливаемые на дорогах, должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 52290-2004 "Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования", введенного впервые с 01.01.2006 г. взамен ГОСТ 10807-78 "Знаки дорожные. Общие технические условия". Кроме того, с 01.01.2006 г. также впервые введены новые ГОСТы: ГОСТ Р 52282-2004 "Технические средства организации дорожного движения. Светофоры дорожные. Типы и основные параметры. Общие технические требования. Методы испытаний", ГОСТ Р 52289-2004 "Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств".

Действия дорожных знаков распространяются на проезжую часть, обочины, велосипедные и пешеходные дорожки, у которых или над которыми они установлены. Расстояние видимости знака должно быть не менее 100 м.

По назначению дорожные знаки разделяют на восемь групп:

предупреждающие:

знаки приоритета;

запрещающие знаки;

предписывающие знаки;

знаки особых предписаний;

информационные знаки;

знаки сервиса;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

знаки дополнительной информации (таблички).

Каждый знак имеет свой номер: первое число номера - номер группы, к которой принадлежит знак; второе - порядковый номер знака в группе. Для знаков имеющих одинаковое смысловое значение, сохранен общий порядковый номер, а их разновидности обозначены дополнительными индексами. Каждая группа знаков имеет характерную форму, цвет фона и каймы.

Предупреждающие знаки предназначены для заблаговременного информирования участников движения о характере опасности, месте расположения опасного участка и необходимости принятия мер предосторожности, соответствующих обстановке:

знаки 1.1-1.7 предупреждают о необходимости повышенного внимания водителей на подходах к железнодорожным и трамвайным переездам, перекресткам дорог;

знаки 1.11-1.21 и 1.25 предупреждают об ухудшении дорожных условий, связанных с приближением к участкам дорог, расположенных на кривых в плане с радиусами или видимостью, не соответствующих нормативным требованиям, крутым подъемам и спускам, а также к участкам, на которых имеют место неудовлетворительное состояние проезжей части и обочин, искусственные неровности, сужения дороги и участки дорог с двусторонним движением, ведутся дорожные работы;

знаки 1.22-1.24 и 1.26-1.27 предупреждают о приближении к участкам, где возможно появление на проезжей части пешеходов, велосипедистов, животных и пешеходным переходам;

знаки 1.28-1.31 предупреждают о приближении к участкам, на которых возможно падение камней, возникновение резкого бокового ветра, а также к участкам, расположенным вблизи аэродромов и подъезда к тоннелям;

знак 1.32 предупреждает о возможности объезда участка дороги, на котором образовался затор в движении транспортных средств;

знак 1.33 предупреждает об опасных участках дорог, не предусмотренных предупреждающими знаками в соответствии с ГОСТ Р 52290-2004;

знаки 1.34-1.34.3 предупреждают о приближении к кривым в плане с малыми радиусами, к Т-образным перекресткам и разветвлениям дорог при имеющейся опасности их пересечения в прямом направлении.

Знаки приоритета применяют для указания очередности проезда перекрестков, пересечений отдельных проезжих частей, а также узких участков дорог:

знаки 2.1 и 2.2 предназначены для обозначения дороги с преимущественным правом проезда (началом или концом) нерегулируемых перекрестков;

знаки 2.3.1-2.5 предназначены для предупреждения о пересечении или примыкании главных или второстепенных дорог, а также для указания водителю остановиться или уступить дорогу транспортным средствам, движущимся по главной или пересекаемой дороге;

знаки 2.6 и 2.7 предназначены для указания преимущественного права движения по направлениям или отдельным полосам проезжей части.

Запрещающие знаки применяют для введения ограничений движения или их отмены, когда необходимая организация движения не может быть обеспечена другими средствами, способами и методами:

знаки 3.1 и 3.2 предназначены для запрещения движения любых транспортных средств по отдельным направлениям или участкам дорог;

знаки 3.3-3.9 предназначены для запрещения движения отдельных видов транспортных средств;

знак 3.10 предназначен для запрещения движения пешеходов по условиям их безопасности;

знаки 3.11-3.16 предназначены для запрещения движения транспортных средств по отдельным параметрам массы и габарита, а также дистанции меджу транспортными средствами;

знак 3.17.1 предназначен для запрещения проезда без остановки транспортных средств на контрольно-пропускном пункте;

знак 3.17.2 предназначен для запрещения движения всех транспортных средств на участке дороги где произошло дорожно-транспортное происшествие (или возникли другие опасности для движения);

знак 3.17.3 предназначен для запрещения проезда без остановки на контрольном пункте;

знаки 3.18.1-3.26 предназначены для запрещения маневров поворота, разворота, обгона, ограничения максимальной скорости движения, а также подачи звукового сигнала;

знаки 3.27-3.30 предназначены для запрещения стоянок и остановку транспортных средств на отдельных участках дорог (улиц);

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

знак 3.31 предназначен для указания конца участка дороги, на котором вводились одновременно несколько ограничений;

знаки 3.32 и 3.33 предназначены для запрещения движения транспортных средств с опасными, взрывчатыми или легковоспламеняющимися грузами.

Предписывающие знаки применяют для введения или отмены тех или иных режимов движения по отдельным направлениям, так и для отдельных видов транспортных средств и пешеходов:

знаки 4.1.1-4.3 предписывают направление движения транспортных средств, объездов препятствий и кругового движения;

знаки 4.4.-4.6 предписывают движение по велосипедным и пешеходным дорожкам;

знаки 4.7-4.8.3 ограничивают минимальную скорость движения и ее отмену на отдельных участках дорог и показывают направление движения транспортных средств, перевозящих опасные грузы.

Знаки особых предписаний применяют для введения особых режимов движения или их отмены:

знаки 5.1-5.4 предназначены для обозначения автомобильных дорог, на которых действуют специальные требования "Правил дорожного движения" для движения отдельных видов транспорта и конца ограничений;

знаки 5.5-5.10 предназначены для обозначения дороги (проезжей части), по которой движение транспортных средств осуществляется по всей ширине в одном направлении, выезда на дорогу с односторонним и реверсивным движением;

знаки 5.11-5.14 предназначены для обозначения дороги, по которой движение маршрутных транспортных средств осуществляется по специально выделенной полосе навстречу или попутно общему потоку транспортных средств;

знаки 5.15.1-5.15.3 предназначены для указания разрешенных направлений движения по каждой из полос на перекрестках; обозначения начала дополнительной полосы на подъем; начала полосы на трехполосных дорогах; указания числа полос и направления движения по каждой из полос и режимов движения по полосам;

знаки 5.16-5.18 предназначены для указания мест остановки и стоянки различных типов транспортных средств;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

знаки 5.19.1 и 5.19.2 предназначены для указания мест, выделенных для перехода пешеходов через дорогу;

знак 5.20 предназначен для обозначения границ искусственных неровностей;

знаки 5.21 и 5.22 предназначены для обозначения начала и конца территории жилой зоны, в пределах которой действуют требования "Правил дорожного движения";

знаки 5.23.1-5.26 предназначены для обозначения начала и конца населенного пункта, в пределах которого действуют требования "Правил дорожного движения";

знаки 5.27-5.32 предназначены для обозначения начала и конца территории (участка дороги), в пределах которой регламентирована стоянка или ограничена максимальная скорость движения;

знак 5.33 предназначен для обозначения территории (участка дороги), на которых разрешено движение пешеходов.

Информационные знаки применяют для информирования участников движения о расположении на пути следования населенных пунктов и других объектов, а также об установленных и рекомендуемых режимах движения:

знаки 6.1 и 6.2 предназначены для информирования водителей об ограничениях скоростей движения;

знаки 6.3.1-6.4 предназначены для указания мест стоянки и разворота транспортных средств;

знак 6.5 предназначен для информирования водителей транспортных средств о расположении полосы для аварийной остановки на крутом спуске;

знаки 6.6 и 6.7 предназначены для указания мест надземных и подземных пешеходных переходов;

знаки 6.8.1-6.8.3 предназначены для обозначения дорог, не имеющих сквозного проезда;

знаки 6.9.1-6.9.3 предназначены для предварительного информирования о направлении движения к населенным пунктам;

знаки 6.10.1 и 6.10.2 предназначены для указания направления движения к населенным пунктам;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

знаки 6.11-6.14.2 предназначены для указания наименования объекта, расстояний до населенных пунктов и номера маршрутов;

знаки 6.15.1-6.15.3 предназначены для указания рекомендуемого маршрута движения грузовых автомобилей;

знак 6.16 предназначен для указания места остановки транспортных средств;

знаки 6.17-6.18.3 предназначены для указания маршрута объезда и направления движения по маршруту объезда;

знаки 6.19.1-6.19.2 предназначены для указания направления движения на дорогах с разделительной полосой;

Знаки сервиса применяют для дополнительного информирования водителей о расположении объектов, предназначенных для обслуживания участников движения или оказания им помощи и различных видов услуг, а также о направлении движения и расстоянии до них:

знаки 7.1 и 7.2 указывают на местонахождение пунктов медицинской помощи;

знаки 7.3-7.5 указывают на местонахождение пунктов заправки и технического обслуживания;

знаки 7.6-7.11; 7.17 и 7.18 указывают на местонахождение пунктов питания, отдыха и связи;

знаки 7.12-7.14 указывают на местонахождение пунктов (постов) милиции, пунктов контроля международных автомобильных перевозок;

знаки 7.15 и 7.16 указывают на участки дорог, где осуществляется прием передач радиостанций и действует система аварийной связи.

Знаки дополнительной информации (таблички) применяют для уточнения или ограничения других дорожных знаков. Таблички располагают под знаками, кроме случаев оговоренных ГОСТ Р 52289-2004. С одним знаком, за исключением знака 6.4, допускается применять не более двух табличек.

Опоры дорожных знаков изготавливают из железобетона, дерева, металлических или асбоцементных труб, обеспечивающих достаточную устойчивость под действием расчетной ветровой нагрузки, при мойке знаков ручным или механизированным способами, а также исключающих возможность преднамеренного их повреждения.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Длину опор знаков определяют в соответствии с ГОСТ 25458-82 и ГОСТ 25459-82 с учетом схемы размещения знаков, их количества на одной опоре и типоразмера.

Знаки следует устанавливать изображением навстречу движению с правой стороны дороги. Их также можно размещать над проезжей частью, устанавливать на разделительной полосе или на левой стороне дороги, а также на островках безопасности и направляющих островках.

При установке знаков необходимо тщательно учитывать местные условия, оценивая видимость в светлое и темное время суток, удобство содержания знаков.

В одном поперечном сечении дороги можно устанавливать не более трех знаков, без учета знака 5.15.2, дублирующих знаков и знаков дополнительной информации (табличек). При этом их необходимо размешать:

на опорах, колонках и стойках (мачтах) или по горизонтали, или по вертикали;

на тросах - растяжках, рамах и кронштейнах, расположенных над проезжей частью - по горизонтали на одном уровне.

Расстояние между соседними знаками, размещенными на одной опоре, за исключением знаков, выполненных в одном корпусе, должно быть равным 50-200 мм, а расстояние от верхнего края знака до кронштейна или троса-растяжки - 100 мм.

Знаки, установленные на дороге последовательно, за исключением знаков, установленных на перекрестке, должны быть расположены вне населенных пунктов на расстоянии не менее 50 м, а в населенных пунктах - не менее 25 м друг от друга.

На автомобильных дорогах опоры знаков следует устанавливать на бермах, присыпанных к обочине (рис. 20.7, а), откосах насыпи (рис. 20.7, б), на полосе отвода за боковой канавой (рис. 20.7, в), или над обочинами (рис. 20.7, г).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

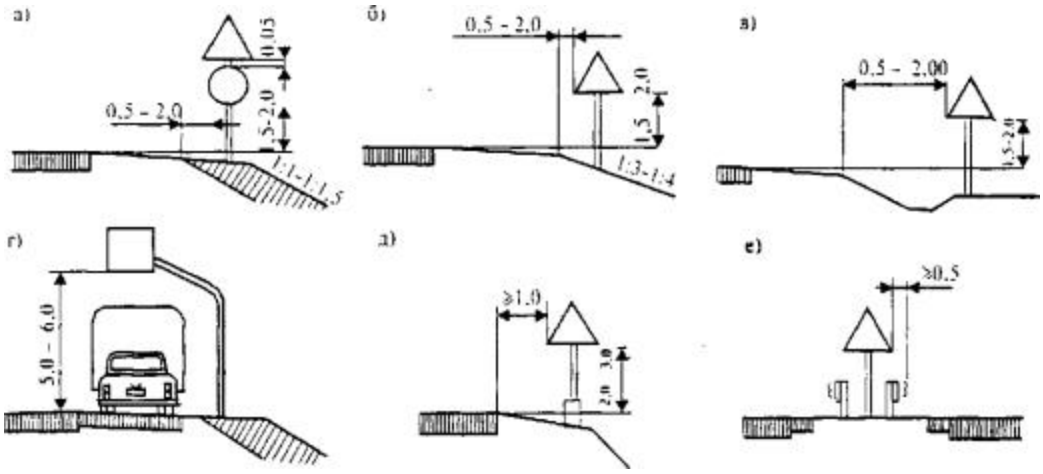


Рис. 20.7. Способы установки знаков вне населенных, пунктов

Расстояние от бровки земляного полотна до ближайшего к ней знака, установленного сбоку от проезжей части, должно составлять 0,5-2,0 м (за исключением знаков предварительного указания направлений движения). Расстояние от нижнего края знака (без учета таблички) до поверхности дорожного покрытия (высота установки) должно составлять 1,5-3,0 м. Верхний предел высоты установки знака следует использовать на участках с неудовлетворительным водоотводом, когда расстояние между кромкой проезжей части и стойкой менее 3,0 м, на участках, где знаки устанавливают за выпуклыми кривыми продольного профиля, а также в других случаях, когда необходимо улучшать видимость знаков.

Допускается установка опор на обочинах в стесненных условиях (у обрывов, выступов скал, парапетов и т.д.) при условии, что расстояние между кромкой проезжей части и ближайшим к ней краем знака составляет не менее 1,0 м, а высота установки 2,0-3,0 м (рис. 20.7, д). Опоры целесообразно устанавливать за парапетом со стороны откоса, встраивать в блоки парапета или устанавливать между отдельными блоками парапета. На участках, где установлены ограждения, рекомендуется располагать опоры знаков за ограждениями.

Разрешается установка знаков на разделительной полосе для дублирования знаков, расположенных с правой стороны дороги или над проезжей частью, а также при необходимости регулирования движения по внутренней полосе проезжей части, при условии, что знаки не ограничивают видимость, а опоры знаков легко срезаются или ломаются при наезде автомобиля, не нанося ему повреждений (опоры из тонких металлических труб, деревянные опоры с ослабленным сечением и т.д.).

Если на разделительной полосе установлены ограждения, то край знака не должен выступать за линию ограждения (рис. 20.7, е).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Большие щиты знаков предварительного указания направлений движения на автомобильных дорогах следует устанавливать на опорах, расположенных на присыпных к обочине бермах (рис. 20.8, а), откосах насыпей и выемок (рис. 20.8, б) или на полосе отвода за боковой канавой (рис. 20.8, в). Ближний к проезжей части край знака должен быть расположен на расстоянии 0,5-5,0 м от бровки земляного полотна. На дорогах I-II категорий необходимо защищать массивные опоры знаков ограждениями, если расстояние от кромки проезжей части до опоры менее 5,0 м. На участках, где установлены ограждения, опоры знаков следует располагать так, чтобы расстояние между краем знака и опорой было не менее 0,75 м (рис. 20.8, г). Нижний край щита знака должен возвышаться над поверхностью дорожного покрытия на 1,5-2,0 м.

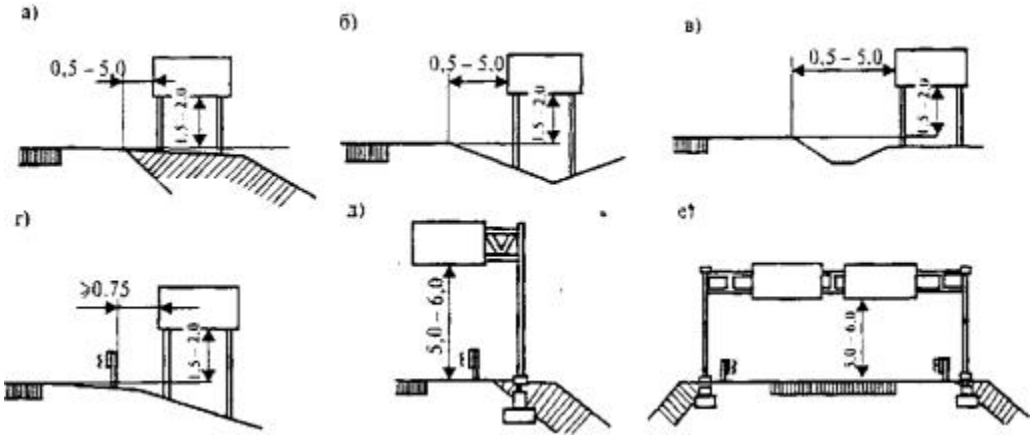


Рис. 20.8. Способы установки предварительных указателей направлений

На участках, где опоры невозможно установить на откосе насыпи или рядом с земляным полотном (на высоких насыпях с крутыми откосами, у водотоков, болот, железнодорожных линий, вблизи застройки и т.д.), щиты знаков следует размещать над обочинами на консолях, прикрепленным к массивным опорам (рис. 20.8, д). Расстояние от нижнего края шита до поверхности дорожного покрытия должно быть 5,0-6,0 м.

На дорогах I-II категорий знаки можно устанавливать над проезжей частью на арках, рамах, тросах-растяжках. Опоры несущих конструкций должны располагаться на берме на расстоянии не менее 0,5 м от бровки дороги и по оси разделительной полосы. Расстояние между нижним краем знака и поверхностью дорожного покрытия должно быть 5,0-6,0 м (рис. 20.8,е).

Допускают установку знаков на пролетных строениях путепроводов и порталах тоннелей при условии, что они не уменьшают габариты этих сооружений. При установке знаков на островках безопасности и на направляющих островках расстояние между нижним краем знака и поверхностью земли должно составлять 0,6-1,5 м.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В населенных пунктах знаки следует устанавливать на индивидуальных опорах (рис. 20.9, а), на одной колонке со светофором (рис. 20.9,б), на кронштейнах, прикрепленных к осветительным мачтам, опорам контактной сети трамваев и троллейбусов (рис. 20.9, в,г) или стенам зданий (рис 20.9, д), на тросах-растяжках, прикрепленных к зданиям (рис. 20.9, е), или между осветительными мачтами (рис. 20.9, ж). Допускается установка знаков над сигнальными тумбами с проблесковыми сигналами (рис. 20.9, з).

При установке знаков в населенных пунктах над проезжей частью или обочиной расстояние от нижнего края знака до уровня проезжей части должно составлять 5,0-6,0 м. При установке знака за пределами проезжей части и обочины нижний край знака должен возвышаться над поверхностью дорожного покрытия на 2,0-4,0 м. При наличии бордюра расстояние от проезжей части до ближнего к ней края знака должно быть в пределах 0,5-2,0 м (рис. 20.9).

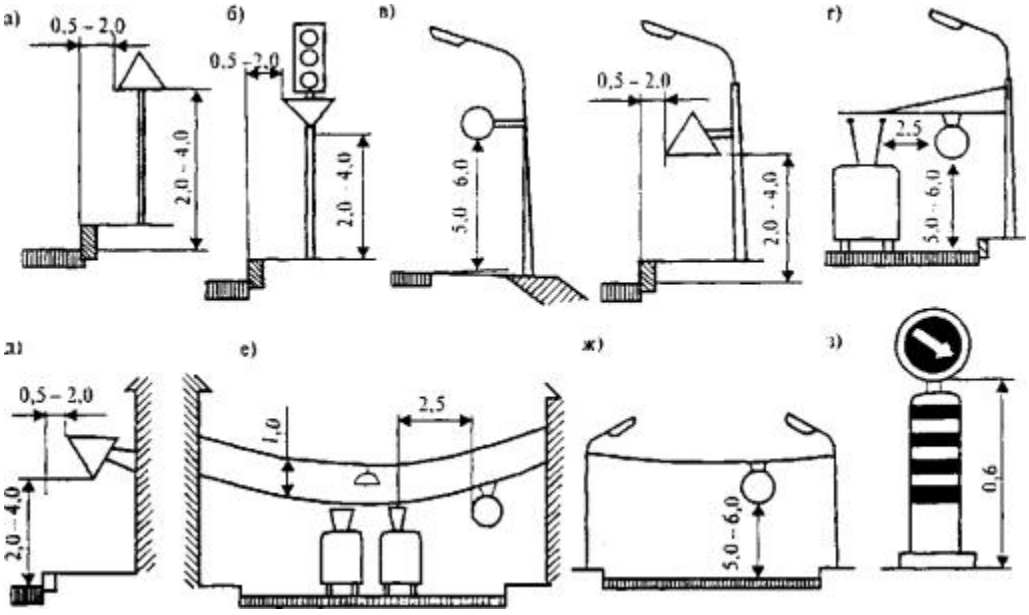


Рис. 20.9. Способы установки знаков в населенных пунктах

Знаки должны быть удалены от проводов осветительной сети не менее, чем на 1,0 м, а от проводов сети высокого напряжения не менее, чем на 2,5 м (рис. 20.9,е). В пределах охранной зоны высоковольтных линий подвеску знаков на тросах-растяжках запрещают.

Знаки, расположенные справа по ходу движения, следует повторять на той же стороне дороги, дублировать на левой стороне дороги, разделительной полосе или над проезжей частью, если условия движения таковы, что расположенный справа знак может быть не замечен водителем из-за плохой видимости или загораживания знаков крупногабаритными транспортными средствами, движущимися по первым полосам проезжей части.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Дополнительные знаки (в первую очередь знаки, предупреждающие об опасности или вводящие определенный режим движения и устанавливающие ограничения для проезда) целесообразно устанавливать при интенсивности движения, указанной в табл. 20.3, если информация не дублирована на знаках предварительного указания направлений движения или на других знаках.

Таблица 20.3.

Дублирование и повторение знаков

Сочетание знаков	Область применения	
	Двух- и трехполосные дороги	Четырехполосные дороги с разделительной полосой
	Интенсивность движения по дороге, тыс.авт./сут	
Основной, с правой стороны дороги	До 3	До 5
Основной и дополнительный с правой стороны дороги	3-5	-
Основной с правой стороны дороги и дублирующий на левой стороне или разделительной полосе	5-9	5-15
Подвесной над проезжей частью или обочиной	Более 9	Более 15

Знаки рекомендуется подвешивать над обочиной (или проезжей частью) в следующих случаях:

на участках, где невозможно боковое размещение знака;

когда это единственный способ, обеспечивающий хорошую видимость знака;

при необходимости регулирования движения по отдельным полосам;

при интенсивном движении крупногабаритных транспортных средств.

20.3. Дорожная разметка

Разметкой следует считать надписи и другие обозначения, применяемые самостоятельно, так и в сочетании с дорожными знаками или светофорами, на проезжей части дорог с усовершенствованным покрытием, бортовых камнях и бордюрах, элементах дорожных сооружений и обстановки дороги.

Разметка устанавливает режимы и порядок движения, является средством визуального ориентирования для водителей транспортных средств.

Разметку подразделяют на две группы: горизонтальную и вертикальную. Каждому виду разметки присвоен номер, состоящий из цифр, обозначающих: первое число - номер группы, к которой принадлежит разметка (1 - горизонтальная, 2 - вертикальная); второе - порядковый номер разметки в группе; третье - разновидность разметки.

Разметка, наносимая на усовершенствованные покрытия дорог и элементы дорожных сооружений, должна соответствовать требованиям ГОСТ Р 51256-99, а в процессе эксплуатации разметка должна отвечать требованиям ГОСТ Р 50597-93.

К горизонтальной разметке относят линии, надписи, стрелы и другие обозначения, которые наносят на усовершенствованные дорожные покрытия.

В городах горизонтальную разметку применяют на магистральных дорогах и улицах, дорогах и улицах местного значения, а в сельских населенных пунктах - на дорогах и улицах, по которым происходит движение маршрутных транспортных средств. Вне населенных пунктов - на дорогах, имеющих ширину проезжей части 6,0 м и более при интенсивности движения 1000 авт./сут и более.

Разметку применяют и на других дорогах, когда это необходимо для обеспечения безопасности дорожного движения.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

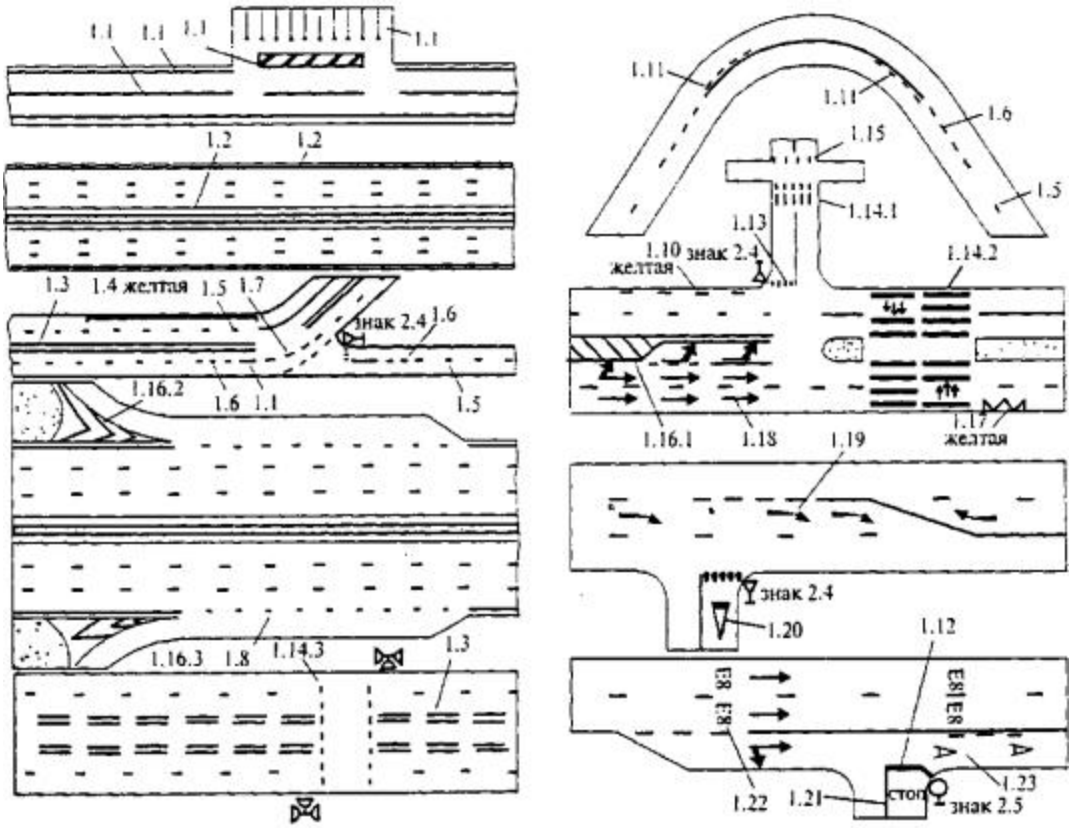


Рис. 20.10. Виды горизонтальной разметки

Отдельные виды горизонтальной разметки имеют следующее назначение (рис. 20.10):

1.1 применяют в следующих случаях:

для разделения потоков транспортных средств, движущихся в противоположных направлениях (осевая линия) на дорогах, имеющих две или три полосы для движения в обоих направлениях:

на участках дорог, где зоны с видимостью встречного автомобиля менее допустимой перекрывают друг друга;

на всем протяжении кривых в плане, радиусы которых не превышает 50 м, а также на примыкающих к ним участках переменной кривизны;

перед перекрестками при интенсивности движения по пересекающей дороге не менее 50 авт./сут;

перед железнодорожными переездами - на протяжении 100 м от ближнего рельса;

на участках дорог, где не обеспечено расстояние видимости встречного автомобиля;

перед препятствием (опора путепровода, островок безопасности, бортовой камень, бордюр и т.д.);

перед пешеходными переходами, пересечениями с велосипедными дорожками;

на участках дорог с тремя полосами движения в обоих направлениях;

на участках дорог с полосой для маршрутных транспортных средств, движущихся навстречу общему потоку транспортных средств.

1.2 применяют для обозначения границ полос движения на дорогах с двумя и более полосами при движении в одном направлении:

перед перекрестками, пешеходными переходами и железнодорожными переездами;

на участках дорог с полосой для маршрутных транспортных средств, движущихся попутно общему потоку транспортных средств;

для обозначения границ участков проезжей части, на которые въезд запрещен (островки безопасности, направляющие островки и т.д.);

для обозначения границ стояночных мест на площадках, предназначенных для стоянки транспортных средств или на стоянках около тротуаров .

Минимальные размеры одного стояночного места при последовательном размещении автомобилей вдоль края проезжей части или края стояночной площадки должны быть не менее 2,5´7,5 м для легковых и 3,0´11,0 м - для грузовых автомобилей без прицепов. При параллельном размещении автомобилей относительно друг друга - соответственно 2,5´5,0 м и 3,5´8,5 м.

1.2.1 и 1.2.2 применяют для обозначения края проезжей части (краевая линия).

1.3 применяют для разделения транспортных потоков противоположных направлений (осевая линия) на дорогах, имеющих четыре и более полос движения в обоих направлениях с учетом переходно-скоростных и дополнительных полос (см. рис. 20.10).

1.4 применяют на участках дорог, где запрещена остановка транспортных средств.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Разметку наносят на расстоянии 0,1-0,2 м от кромки проезжей части, при наличии краевой линии - вместо нее по верху бордюра.

1.5 применяют для:

разделения транспортных потоков противоположных направлений (осевая линия) на дорогах, имеющих две или более полос движения в обоих направлениях;

обозначения границ полос движения на дорогах, имеющих две или более полосы для одного направления.

1.6 (линия приближения) применяется для предупреждения о приближении к разметке 1.1 или 1.11, разделяющей потоки транспортных средств, движущихся в противоположных или попутных направлениях.

1.7 применяют для обозначения границ полос движения в пределах перекрестка в случаях, когда необходимо показать траекторию движения транспортных средств или обозначить границы полосы движения.

1.8 применяют для обозначения границы между полосой разгона потока или торможения и основной полосой движения.

1.9 (реверсивная линия) применяется для:

обозначения границ полос, направление движения по которым меняется на противоположное; разделения потоков транспортных средств противоположных направлений (при выключенных реверсивных светофорах) на участках дорог, где используется реверсивное регулирование.

1.10 применяют на участках дорог, где необходимо запретить стоянку транспортных средств.

1.11 (барьерная линия) применяется для разделения потоков транспортных средств противоположных или попутных направлений при необходимости запрещения перестроения транспортных средств.

Разметку для разделения потоков транспортных средств попутных направлений наносят: на участках подъемов, где в сторону подъема движение происходит по двум полосам, на расстоянии не менее 50 м от вершины подъема и 30 м за ней. В этом случае разметка 1.11 сплошной линией должна быть обращена в сторону крайней правой полосы;

в других случаях, когда необходимо исключить возможность перестроения на соседнюю правую или левую полосу движения, обозначить места въезда на прилегающую территорию и выезда с нее, а также места для разворота.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

1.12 (стоп-линия) применяется перед перекрестком при наличии дорожного знака 2.5 «Движение без остановки запрещено» в местах, где движение регулируется светофором, и перед железнодорожными переездами.

1.13 применяют для обозначения места остановки транспортных средств при наличии знака 2.4 «Уступите дорогу».

Разметку 1.14.1 и 1.14.2 применяют для обозначения мест, выделенных для пересечения проезжей части пешеходами.

1.15 применяют для обозначения мест, выделенных для пересечения проезжей части велосипедистами. 1.16.1-1.16.3 применяют для обозначения направляющих островков:

1.16.1 в местах разделения потоков транспортных средств противоположных направлений;

1.16.2 в местах разделения потоков транспортных средств одного направления;

1.16.3 в местах слияния потоков транспортных средств.

1.17 применяют для обозначения остановок маршрутных транспортных средств и стоянок легковых такси.

1.18 применяют для указания разрешенных на перекрестке направлений движения по полосам проезжей части.

1.19 применяют для предупреждения о приближении к концу полосы, а в сочетании с разметкой 1.6 - о приближении к разметке 1.1 или 1.11, разделяющей потоки транспортных средств противоположных направлений при ограниченной видимости встречного автомобиля.

1.20 применяют для предупреждения о приближении к разметке 1.13 на дорогах с интенсивностью движения более 3000 авт./сут и наносят на каждой полосе движения.

1.21 применяют для предупреждения о приближении к разметке 1.12 на дорогах с интенсивностью движения более 3000 авт./сут, если установлен знак 2.5 «Движение без остановки запрещено», и наносят на каждой полосе движения.

При необходимости наносят разметку на дорогах с интенсивностью движения менее 3000 авт./сут.

1.22 применяют на дорогах с интенсивностью движения более 3000 авт./сут для обозначения номера дороги (маршрута).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

1.23 наносят на дорогах, обозначенных знаком 5.14 «Дорога с полосой для маршрутных транспортных средств» на полосы, предназначенные для движения только маршрутных транспортных средств.

1.24.1 и 1.24.2 применяют для дублирования дорожных знаков:

разметку 1.24.1 - для дублирования предупреждающих дорожных знаков;

разметку 1.24.2 - для дублирования запрещающих дорожных знаков.

1.25 применяют для обозначения искусственных неровностей, предназначенных для принудительного снижения скорости.

Допускается наносить надписи, не предусмотренные ГОСТ Р 51256-99 и являющиеся дополнительным средством информации, не вводящим каких-либо ограничений (названия населенных пунктов, объектов туризма и т.п.).

Временную разметку удаляют одновременно со снятием временных знаков и демонтажем ограждающих и направляющих устройств.

В **вертикальную разметку** входят линии и обозначения, наносимые на пролетные строения и опоры мостов и путепроводов, торцовые поверхности порталов тоннелей, на парапеты, дорожные ограждения, бортовые камни и другие сооружения и элементы оборудования дорог для улучшения их видимости участниками дорожного движения (рис. 20.11).

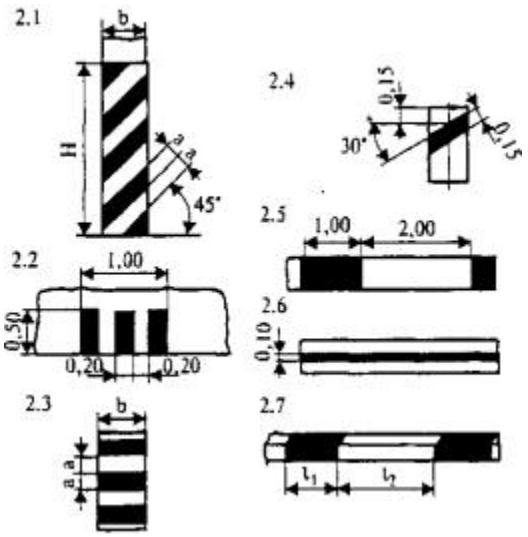


Рис. 20.11. Виды вертикальной разметки

Назначение различных видов вертикальной разметки:

2.1.1-2.1.3 применяют для обозначения вертикальных элементов мостовых сооружений, опор освещения, деревьев, буферных устройств и т.д., препятствий, расположенных в пределах обочины на расстоянии менее 1 м от края проезжей части при отсутствии обочины, а также в других случаях, когда эти элементы представляют опасность для движущихся транспортных средств.

2.2 применяют для обозначения нижнего края пролетных строений мостовых сооружений и порталов тоннелей, расположенных на высоте менее 5 м.

2.3 применяют для обозначения круглых тумб в случаях при расположении их на разделительных полосах, приподнятых направляющих островках или приподнятых островках безопасности.

2.4 применяют для обозначения сигнальных столбиков в соответствии с ГОСТ Р 50970-96, надолб и т.д.

2.5 применяют для обозначения боковых поверхностей дорожных ограждений, установленных на прямых участках дорог (на протяжении не менее 10 м от их начала), а также по всей длине ограждений на пересечениях в разных уровнях, кривых в плане с радиусом менее 50 м, крутых спусках, в местах сужения проезжей части.

2.6 применяют для обозначения боковых поверхностей дорожных ограждений во всех остальных случаях.

Ограждающие и направляющие устройства, обозначенные разметкой 2.4-2.6, оборудуют световозвращателями дорожными по ГОСТ Р 50971-96.

2.7 наносят на боковые поверхности возвышающихся островков безопасности бортовых камней бордюров у препятствий, расположенных ближе 1 м к проезжей части, на кривых в плане с радиусом менее 50 м, в местах сужения дороги, выездов на набережные и на других опасных участках.

Для горизонтальной разметки используют два цвета: белый и желтый (для линий 1.4, 1.10 и 1.17). Вертикальная разметка представляет собой сочетание полос белого и черного цветов.

Разметка автомобильных дорог, кроме дорог IV категории, должна выполняться с применением световозвращающих материалов.

Размеры горизонтальной и вертикальной разметки приведены в табл. 20.4 и на рис. 20.11.

Таблица 20.4.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Размеры линий дорожной разметки

Номер разметки	Скорость движения транспортных средств, км/ч						Отношение 1,:1,
	£ 60			>60			
	Длина линий, м						
	l_1	l_2	p	l_1	l_2	p	
1.5	1-3	3-9	-	3-4	9-12	-	1:3
1.6, 1.9	3-6	1-2	-	6-9	2-3	-	3:1
1.11							
1.14	-	-	2,5	-	-	4	-

П р и м е ч а н и я:

1. Под скоростью движения транспортных средств следует понимать: для вновь сооружаемых дорог и улиц значения, соответствующие 0,7 от расчетной скорости; для находящихся в эксплуатации - скорость, которую на данном участке дороги не превышают 85 % транспортных средств.

2. l_1 - длина штриха; l_2 - расстояние между штрихами; p - длина штриха разметки 1.14.

3. Штрих l_1 разметки 1.5 длиной 1 м применяют только в населенных пунктах.

4. Меньшую длину штриха используют в застроенной местности и на дорогах низких категорий.

Линия 1.6 должна иметь общую длину 50 м и более при V £ 60 км/ч, а при большей скорости - 100 м и более. Прерывистая линия 1.8 на пересечениях и примыканиях должна иметь ширину 0,4 м, а в остальных случаях - 0,2 м. Отдельные участки сплошных линий продольной разметки 1.1 и 1.11 не должны быть менее 20 м. Расстояние от края проезжей части до линий 1.1 или 1.2 должно быть не более 0,2 м. В конце линий 1.1, обозначающих границы мест стоянки, можно наносить штрихи длиной 0,5 м, а в начале и конце линий запрещения

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

остановки 1.4 или стоянки 1.10 можно наносить короткую поперечную линию длиной 0,2-0,3 м.

Ширину линий и просветов вертикальной разметки 2.1 (см. рис. 20.11) принимают равными: **а** = 0,1 м при Н < 2,0 м и **в** £ 0,3 м; **а** = 0,15 м при Н < 0,2 м и **в** < 0,3 м; **а** = 0,2 м при Н ³ 2,0 м, если вертикальные поверхности опор мостов, путепроводов, подпорных стен имеют большие размеры, допускается размечать только ближний к проезжей части край на ширину 0,5 м и высоту 2 м.

Ширину линий и просветов вертикальной разметки 2.3 назначают в зависимости от диаметра или ширины грани тумбы, обращенной по направлению к приближающимся транспортным средствам: **а** = 0,1 м при **в** £ 0,3 м; **а** = 0,15 м при **в** > 0,3 м.

Разрешенные направления движения на перекрестке указывают водителю с помощью указательных стрел 1.18. При скорости 60 км/ч и менее на каждой полосе должны быть две и более последовательно расположенные стрелы, а при скорости более 60 км/ч - три и более. Расстояние между указательными стрелами принимают равным от 20 до 30 м.

Для обозначения приближения к сужению проезжей части (месту, где уменьшается число полос движения в данном направлении) следует наносить направляющие стрелы 1.19. Такие же стрелы могут быть нанесены перед линией 1.1, разделяющей транспортные потоки противоположных направлений на двухполосных дорогах.

При применении различных материалов для разметки автомобильных дорог необходимо, чтобы они обладали определенными технико-эксплуатационными свойствами. К числу таких свойств относятся: хорошая видимость разметки в любых погодных условиях, высокая износоустойчивость при действии на нее колес автомобилей, безопасность для движущихся транспортных средств, технологичность материалов при их нанесении на покрытие и минимальная стоимость.

Видимость разметки в любых погодных условиях является одним из наиболее важных свойств, поскольку около 95 % информации о дорожных условиях водитель воспринимает визуально.

Износоустойчивость разметки под действием колес проезжающих транспортных средств определяет срок её службы. Высокую износоустойчивость обеспечивают в процессе изготовления разметочного материала. Желательно применять материалы со сроком службы не менее одного сезона для краски и не менее 3-5 лет для пластика.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Разметочный материал, нанесенный на покрытие, не должен ухудшать условия безопасности движения транспортных средств за счет изменения величины коэффициента сцепления. С этой целью коэффициент сцепления линий разметки может быть ниже, чем у покрытия, но не более, чем на 25 %.

Технологичность разметочных материалов при выполнении разметки определяется временем высыхания. Время высыхания разметки не должно превышать 20-30 минут, а минимальную стоимость разметочных материалов достигают за счет применения местных материалов.

Для разметки автомобильных дорог применяют краски (эмали), пластики холодного и горячего формирования, спрейпластики, маркировочные ленты, штучные формы.

В настоящее время количество материалов для разметки дорог составляет более 50-и марок красок (эмалей) и более 20-и марок пластиков и спрейматериалов холодного и горячего формирования.

20.4. Направляющие устройства

К направляющим устройствам относят: сигнальные столбики, тумбы с искусственным освещением, направляющие островки и островки безопасности.

Направляющие сигнальные столбики и тумбы высотой 0,75-0,85 м предназначены для обеспечения видимости внешнего края обочин и опасных препятствий в темное время суток и при неблагоприятных метеорологических условиях.

Направляющие островки предназначены для разделения движения транспортных потоков по направлениям, островки безопасности - для выделения на проезжей части зон для остановки пешеходов.

Направляющие тумбы (в том числе с искусственным освещением) устанавливают в начале разделительной полосы перед торцевыми частями подпорных стенок транспортных тоннелей, на приподнятых островках безопасности и на направляющих приподнятых островках, а также перед любыми препятствиями на дороге, вызывающими изменение траектории движения.

Конструкция и материалы, применяемые при изготовлении сигнальных столбиков должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 50970-96.

В соответствии с требованиями (ГОСТ Р 52289-2004 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств») сигнальные столбики устанавливают на автомобильных дорогах без

искусственного освещения при условиях, когда не требуется установка удерживающих ограждений:

в пределах кривых в продольном профиле и на подходах к ним (по три столбика на подходе с каждой стороны дороги при высоте насыпи 2 м и более и интенсивности движения не менее 1000 авт./сут на расстоянии l_0 и l_1, указанных в табл. 20.5 (рис. 20.12) и на расстоянии l_2, равном 50 м;

Таблица 20.5.

Расстояние между сигнальными столбиками на кривых в продольном профиле, м

Радиус кривой в продольном профиле R, не более, м	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	8000 и более
Расстояние между столбиками:								
в пределах кривой, l_0	12	17	25	30	35	40	45	50
на подходах к кривой в продольном профиле, l_1	20	27	40	47	50	50	50	50

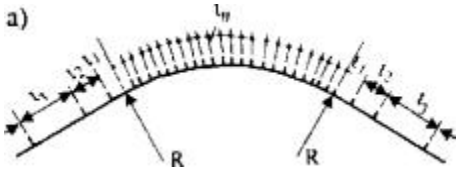


Рис. 20.12. Установка сигнальных столбиков в пределах кривых в продольном профиле

в пределах кривых в плане и на подходах к ним (по три столбика на подходе с каждой стороны дороги) при высоте насыпи 1 м и более, на расстоянии l_0, l_1, l_2, указанных в таблице 20.6 (рис. 20.13) и на расстоянии равном 50 м.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

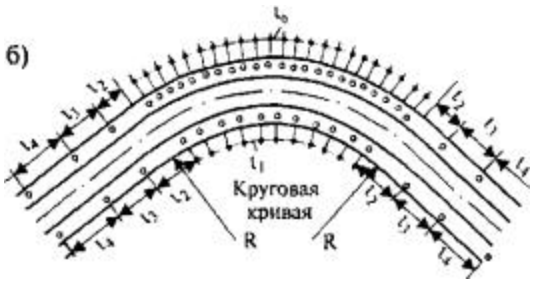


Рис. 20.13. Установка сигнальных столбиков в пределах кривых в плане

Таблица 20.6.

Расстояние между сигнальными столбиками на кривых в плане, м

Радиус кривой в плане R, не более	Расстояние между сигнальными столбиками		
	На внешней стороне кривой в плане, l_0	На внешней стороне кривой в плане, l_1	На подходах к кривой, l_2
100	10	20	25
200	15	30	30
300	20	40	40
400	30	50	50
500	40		
600 и более	50		

на прямолинейных участках дорог при высоте насыпи не менее 2 м и интенсивности движения не менее 1000 авт./сут - через 50 м;

на кривых в плане на пересечениях и примыканиях автомобильных дорог в одном уровне через 3 м;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

на железнодорожных переездах с обеих сторон переезда на участке от 2,5 до 16,0 м от крайних рельсов через каждые 1,5 м;

у водопропускных труб - по три столбика с каждой стороны дороги через каждые 10 м и после трубы;

на дорогах I категории - на всем протяжении через 50 м.

Сигнальные столбики устанавливают на обочинах на расстоянии 0,35 м от бровки земляного полотна, при этом расстояние от края проезжей части до столбиков должно составлять не менее 1,0 м.

Направляющие тумбы (в том числе с искусственным освещением) устанавливают в населенных пунктах.

Приподнятые на высоту 0,15-0,2 м направляющие островки устраивают на дорогах при суммарной интенсивности движения на пересечениях дорог не менее 1000 авт./сут, когда число поворачивающих транспортных средств составляет 10 % и более на дорогах вне населенных пунктов, 20 % и более - в населенных пунктах.

Приподнятые островки безопасности устраивают на наземных пешеходных переходах при интенсивности движения транспортных средств не менее 400 авт./сут на одну полосу проезжей части и на расстоянии между тротуаром и краем островка не менее 10,5 м.

20.5. Дорожные ограждения

Дорожные ограждения устанавливают для предотвращения непреднамеренных (неуправляемых) съездов транспортных средств с откосов насыпей, падения с мостов, путепроводов, эстакад, переездов разделительной полосы, наездов на массивные препятствия, а также упорядочения движения пешеходов.

В связи с этим ограждения устанавливают:

на обочинах автомобильных дорог;

на газоне, полосе между тротуаром и бровкой земляного полотна, тротуаре городской дороги или удины;

с обеих сторон проезжей части мостового сооружения;

на разделительной полосе автомобильной дороги, городской дороги или улицы, мостового сооружения.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Современная классификация подразделяет ограждения на классы, типы и группы:

Класс ограждения определяется признаками расположения ограждения на дороге: **боковые** ограждения имеют линейное расположение вдоль проезжей части и характеризуются значительной протяженностью вдоль дороги по сравнению с малыми размерами в поперечном сечении; **фронтальные** ограждения характеризуются сосредоточенным расположением перед ограждаемым препятствием. Поэтому любое боковое ограждение представляет собою - барьер, фронтальное ограждение - буфер. Боковые ограждения могут быть деформируемыми или недеформируемыми и обладать или не обладать свойством рассеивания энергии удара, фронтальные ограждения могут быть только деформируемыми и должны рассеивать энергию удара.

Тип бокового ограждения определяют признаками способа передачи нагрузки от главного элемента ограждения - его балки, на полотно дороги.

У бокового ограждения **первого типа** таким признаком является наличие стоек, осуществляющих передачу нагрузки. Для бокового ограждения **второго типа** («парапет») характерна передача нагрузки самой балкой.

Тип фронтального ограждения определяется способами его взаимодействия с удерживаемым автомобилем. Фронтальное ограждение **первого типа** взаимодействует только с передней частью автомобиля, **второго типа** - охватывает автомобиль спереди и с боков.

Группа ограждения определяет способ его соединения с полотном дороги. Ограждение **дорожной группы** характеризуется заделкой стоек или балки в земляное полотно. Ограждение **мостовой группы** - креплением стоек или балки к пролетному строению мостового сооружения.

Вид ограждения определяется признаками его компоновки и исполнения. Например, боковое ограждение может быть выполнено односторонним или двусторонним, может быть сборным или монолитным и т.д.

Боковые ограждения должны соответствовать следующим основным требованиям:

иметь достаточную податливость для достижения расчетного прогиба ограждения согласно ГОСТ Р 52289-2004 и ограничения инерционных перегрузок (в долях от ускорения свободного падения), измеренных в центре масс автомобиля (продольная перегрузка - не более 12, поперечная - 9, вертикальная - 10);

плавно корректировать траекторию движения транспортного средства таким образом, чтобы при ударе угол его отхода от ограждения был не более угла наезда:

не вызывать потери устойчивости транспортного средства против опрокидывания при его контакте с ограждением. Однако эти требования не могут быть выполнены при больших значениях скорости и угла наезда транспортного средства. Поэтому, приходится ограничивать область применения той или иной конструкций ограждения с учетом его работоспособности. Работоспособность конструкций ограждения можно установить, определяя показатель соответствия ограждения функциональным критериям с учетом фактических скоростей принятых расчетных транспортных средств, а также допустимых углов наездов транспортных средств на ограждения.

Ограждения из металлических балок в наибольшей степени отвечают требованиям обеспечения безопасности дорожного движения. К балкам, имеющим *W*-образную форму поперечного сечения, прикрепляют жесткие консоли, а консоли - к стойкам (швеллеру № 12) (рис. 20.14). Разработаны четыре модификации конструкции дорожного одностороннего ограждения барьерного типа с шагом стоек соответственно 1, 2, 3 и 4 м (по ГОСТ 26804-86).

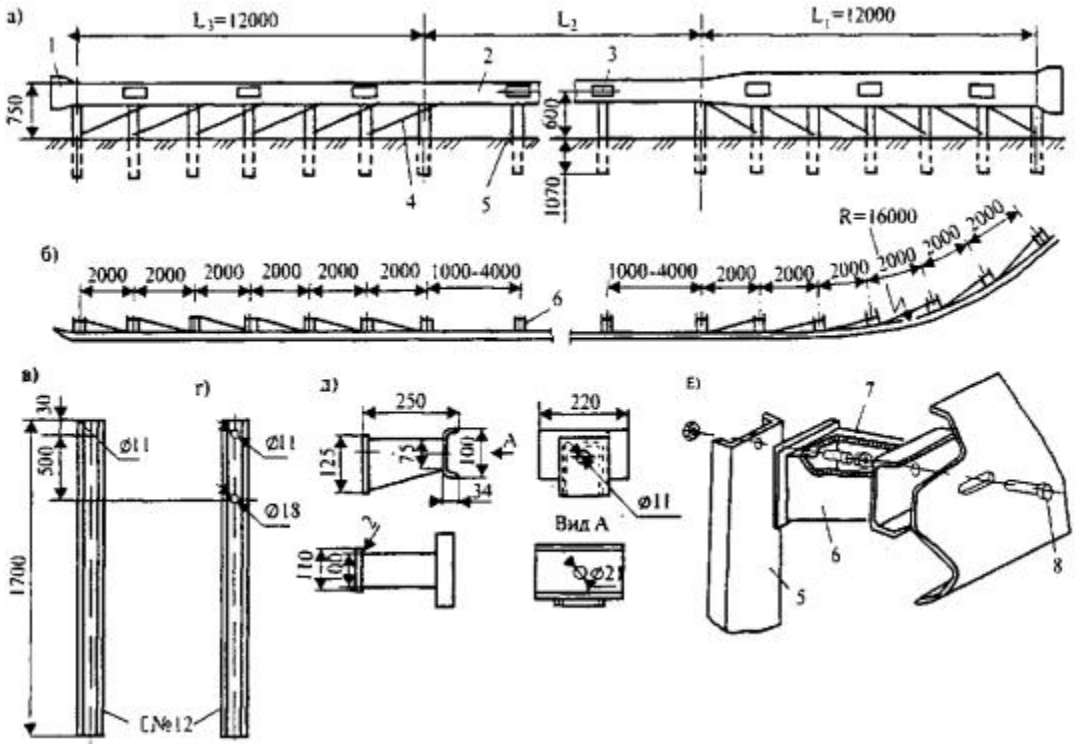


Рис. 20.14. Металлическое одностороннее ограждение (ГОСТ 26804-86):
а - фасад; б - план; в - стойка для рабочего участка; г - стойка для начального и конечного участков; д - жесткая консоль; е - соединение планки со стойкой;
L_1 - начальный участок; L_2 - рабочий участок; L_3 - конечный участок;
1 - концевой элемент; 2 - планка; 3 - световозвращающий элемент; 4 - диагональная связь; 5 - стойка; 6 - жесткая консоль; 7 - болт М10´1,25 - 8g´30,58; 8 - болт М16´45,58

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Принцип работы этих конструкций заключается в следующем. При наезде транспортного средства на ограждение основную нагрузку воспринимает балка, а стойки, на которые передается часть нагрузки, деформируются. При угле наклона стойки около 35° происходит отделение от нее жесткой консоли, и это дает возможность сохранить горизонтальное положение балки и предотвратить её опускание к земле, что предотвращает опрокидывание транспортного средства через ограждение. Для обеспечения работы балки в момент удара по принципу «натянутой нити» предусмотрено устройство начального и конечного участков ограждения, в пределах которых шаг стоек принят 2 м (длина каждого участка 12 м).

Для установки на разделительной полосе ГОСТ 26804-86 предусматривает двустороннее барьерное ограждение (рис. 20.15). Высокие эксплуатационные показатели этих односторонних и двусторонних ограждений достигнуты за счет ослабления жесткости стоек, обеспечения натяжения балки, отделения консоли с балкой от стойки при ударе и увеличения расстояния между краем стойки и бровкой земляного полотна для обеспечения расчетного динамического прогиба ограждения.

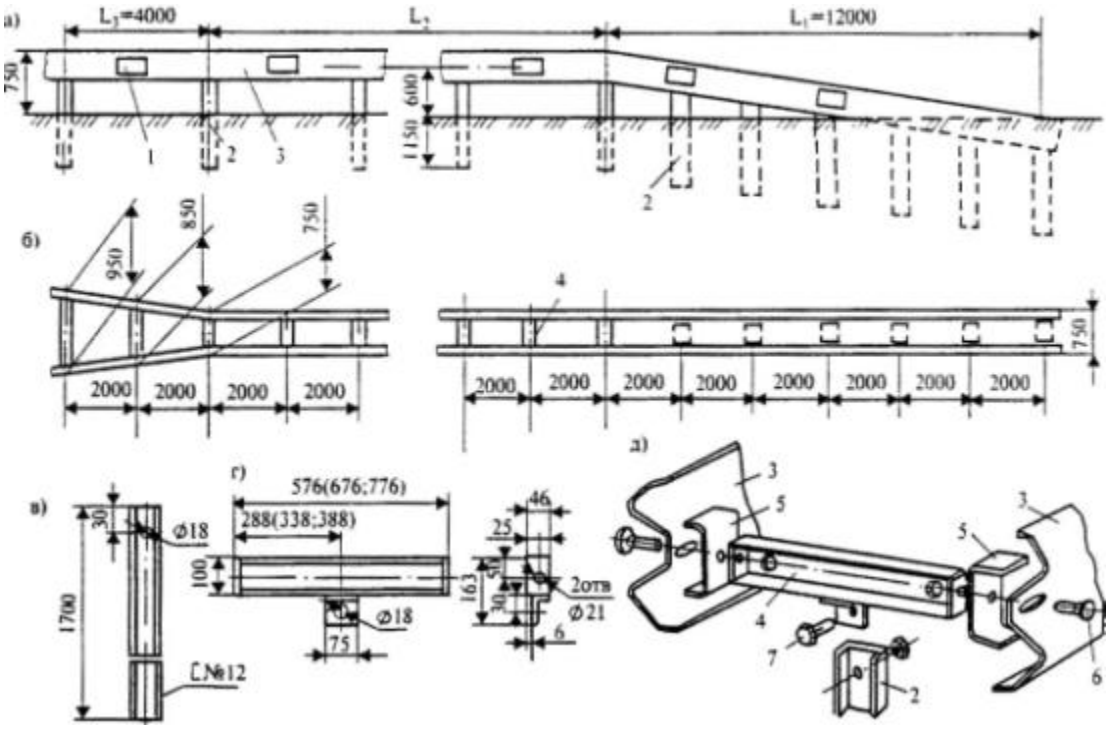


Рис. 20.15. Металлическое двустороннее ограждение (ГОСТ 26804-86):
а - фасад; б - план; в - конструкция стойки; г - консоль-распорка; д - соединение балок со стойкой; L_1 - начальный участок; L_2 - рабочий участок; L_3 - переходный участок;
1 - световозвращающий элемент; 2 - стойка; 3 - планка; 4 - консоль-распорка; 5 - скоба; 6 - болт М16´45,58; 7 - болт М16´1,5-8g´30,58

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В последние годы все большее распространение получают железобетонные ограждения парапетного типа (монолитные и сборные). Монолитные ограждения изготавливают непосредственно на дороге, используя бетонную смесь и специальную бетоноукладочную машину со скользящей опалубкой. Сборные ограждения изготавливают в виде блоков длиной 3 м, 6 м или 9 м. Применяют несколько разновидностей стыковых соединений блоков, но лучше зарекомендовали себя те, которые имеют повышенную жесткость и обеспечивают минимальную деформацию ограждения. Железобетонные ограждения парапетного типа рассчитаны на удержание транспортного средства в результате изменения наклона его поперечной оси, а также силового воздействия на колеса и подвеску.

В поперечном сечении парапетные ограждения имеют форму ломаной трапеции и рассчитаны на одностороннее (рис. 20.16, а) или двустороннее (рис. 20.16, б) силовое воздействие транспортных средств. Сборные блоки закрепляют к железобетонной плите различными штырями, а монолитные ограждения заглубляют в слои дорожной одежды или грунт на 200-400 мм. Во избежание удара транспортного средства о торец ограждения начальные и конечные блоки изготавливают с наклонной верхней гранью. Армирование блоков выполняют с учетом эксплуатационных нагрузок.

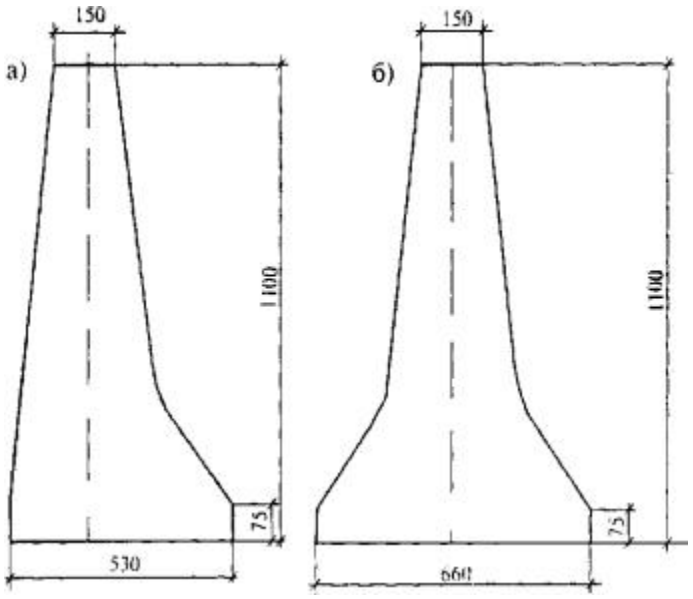


Рис. 20.16. Ограждение железобетонное парапетного типа:
а - в одностороннем (блок Бс-0) и б - в двустороннем исполнении (блок Бс-Д)

На мостах (путепроводах) могут быть применены различные конструкции ограждений, отличающиеся материалами, из которых они изготовлены, высотой, способами закрепления к тротуарным блокам и пролетным строениям. Кроме направляющих ограждений на дорогах все большее распространение получают

амортизирующие устройства, рассчитанные на полное рассеивание кинетической энергии транспортного средства при фронтальном ударе.

К числу дорожно-транспортных происшествий с особо тяжелыми последствиями относятся фронтальные столкновения транспортных средств с массивными препятствиями и съезды транспортных средств с дороги в местах разделения транспортного потока по направлениям.

При наезде на фронтально-боковое ограждение энергия удара легкового автомобиля массой 1,5 т со скоростью 80 км/час составляет около 370 кДж.

Фронтально-боковое ограждение обеспечивает безопасную остановку транспортных средств перед ограждаемым препятствием при фронтальном наезде на ограждение и коррекцию направления движения транспортного средства при наезде на боковую его часть.

Для получения необходимой энергоемкости в конструкции фронтально-бокового ограждения использован принцип суммарного поглощения энергии транспортного средства при деформациях элементов металлических конструкций ограждения и перемещении упругих инерционных элементов - инерционных модулей, сгруппированных вдоль балок боковых частей ограждения. Схема устройства и работы ограждения показаны на рис. 20.17.

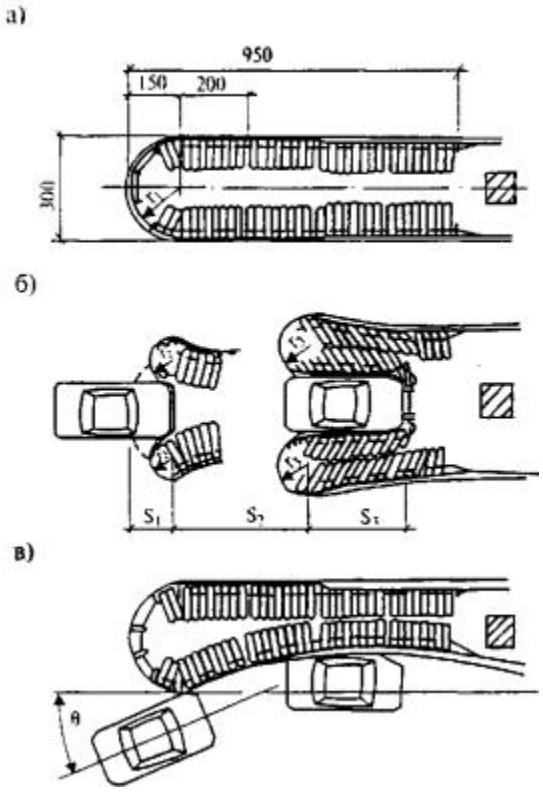


Рис. 20.17. Схема устройства и работы фронтально-бокового ограждения 211ДО-Н при фронтальном и боковом наездах:
а - схема устройства ограждения; б - характер деформации ограждения при фронтальном наезде; в - то же при боковом

При фронтальном наезде транспортного средства происходит прогиб торцевой радиусной части балки внутрь ограждения с образованием центральной и двух боковых петель. Центральная петля схватывает переднюю часть транспортного средства и удерживает его за счет сил сопротивления деталей металлических конструкций ограждения и перемещения инерционных модулей.

При наезде на боковую часть ограждения необходимая удерживающая способность ограждения и коррекция траектории движения транспортного средства оказывается обеспеченной сопротивлением деталей металлической конструкции и инерционных модулей, расположенных позади деформированной части.

Для изготовления, монтажа и ремонта ограждения в его конструкции максимально использованы стандартные элементы ограждений группы 11ДО по ГОСТ 26804-86 (см. рис. 20.14, а, б, в).

Эти и подобные конструкции ограждений целесообразно устанавливать:

на разветвлении автомобильных дорог в пределах клиновидной зоны, образованной между двумя проезжими частями;

у мостов (путепроводах) (рис. 20.18, а, б);

на высоких насыпях у водопропускных труб (рис. 20.18, в);

у зданий и массивных сооружений (рис. 20.19, г); перед концевой частью подпорных стенок (рис. 20.18, д);

у массивных опор информационно-указательных знаков (рис. 20.18, е) и опор снегозащитных галерей, селепроводов при наличии параллельной дороги для движения в летнее время (рис. 20.18, ж);

напротив примыкающей дорога, расположенной на крутом спуске, перед опорой путепровода или другим массивным препятствием (например, опорой высоковольтной линии электропередачи), расположенным на внешней стороне кривой в плане (рис. 20.18, з, и);

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

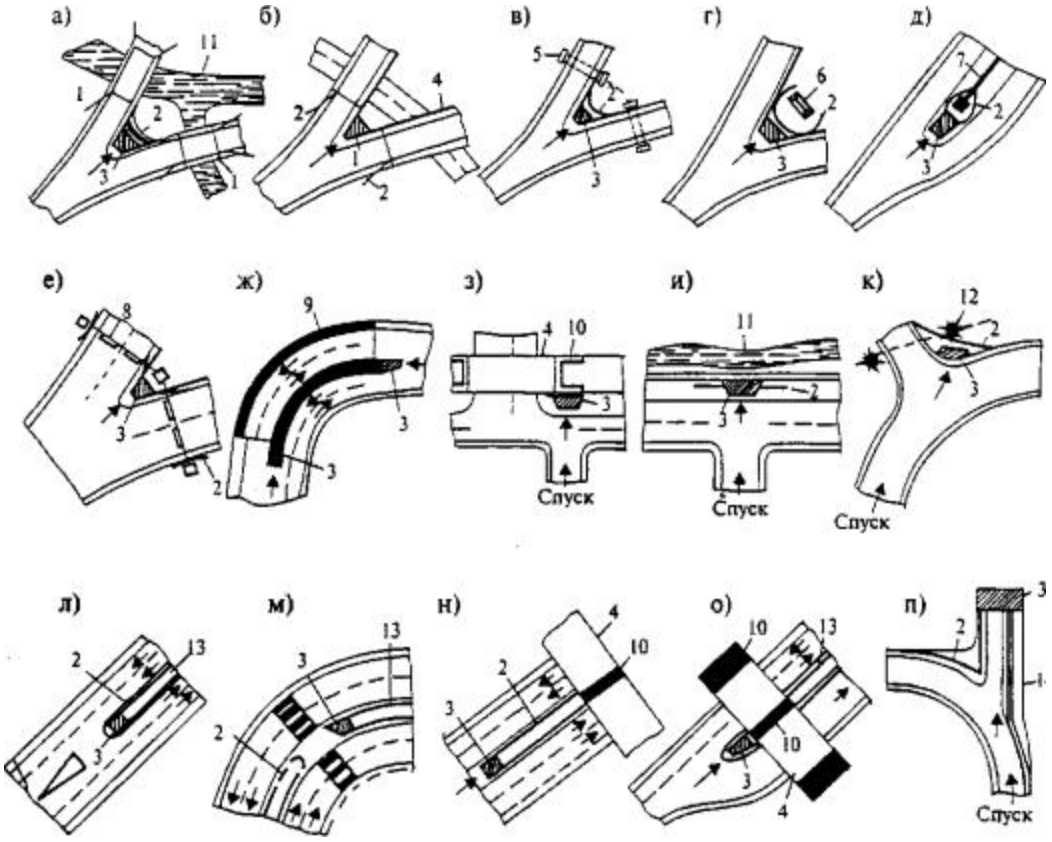


Рис. 20.18. Размещение ограждений первой группы у препятствий и на опасных участках дорог:
1 - мост; 2 - направляющие ограждения; 3 - останавливающие ограждения; 4 - путепровод; 5 - водопропускная труба; 6 - здание; 7 - подпорная стенка; 8 - рамная опора информационно-указательных знаков; 9 - тоннель, селепровод или снегозащитная галерея; 10 - опора путепровода; 11 - река; 12 - опора высоковольтных линий электропередачи; 13 - разделительная полоса; 14 - противоаварийный съезд

у концевых участков ограждений, обращенных торцом к направлению движения, в начале разделительной полосы (рис. 20.18, л);

у мест разрыва ограждений для пропуска пешеходов, поворота и разворота транспортных средств (рис. 20.18, м);

у опор путепроводов на участках, где размеры островка безопасности недостаточны для установки ограждения требуемой длины (рис. 20.18, н, о);

на затяжных крутых спусках в горной и пересеченной местностях вместо противоаварийных съездов или в дополнение к ним при ограниченной длине съездов (рис. 20.18, п). Их располагают на расстоянии не менее 1 м от края проезжей части.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Наиболее важные определения, характеризующие работу ограждений, приняты следующие.

Динамический прогиб ограждения - наибольшее горизонтальное смещение продольной оси балки ограждения в поперечном направлении относительно оси недеформированного ограждения (рис. 20.19, а) при наезде транспортного средства на ограждение.

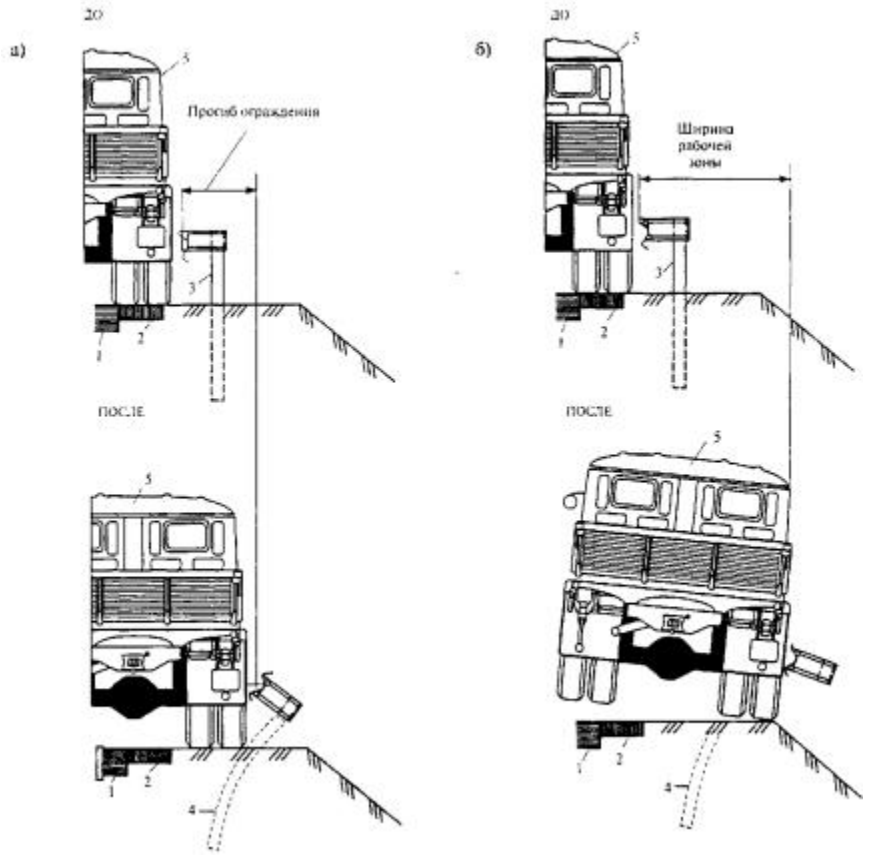


Рис. 20.19. Динамический прогиб ограждения:
1 - проезжая часть; 2 - краевая полоса; 3 - недеформированное ограждение; 4 - деформированное ограждение; 5 - автомобиль

Рабочая ширина - максимальное динамическое боковое смещение кузова транспортного средства, находящегося в нем груза или фрагмента ограждения (в зависимости от места установки ограждения) относительно лицевой поверхности балки недеформированного ограждения (рис. 20.19,б).

Рабочую ширину учитывают при установке ограждения на разделительной полосе, у опор путепроводов, консольных или рамных опор информационных дорожных знаков, опор линий электропередачи и связи, опор освещения и наземных

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

трубопроводных коммуникаций и т.п., а также на городских дорогах и улицах у бортового камня на тротуаре или газоне, разделяющем проезжую часть и тротуар.

Ограждение должно соответствовать требованиям к уровню удерживающей способности, динамическому прогибу, рабочей ширине и минимальной высоте.

Уровни удерживающей способности ограждений подразделяются на десять показателей от 130 до 600 кДж (табл. 20.7).

Таблица 20.7.

Показатели уровней удерживающей способности ограждений

Уровень удерживающей способности	У1	У2	У3	У4	У5	У6	У7	У8	У9	У10
Значение уровня, кДж	не менее 130	190	250	300	350	400	450	500	550	600

Уровни удерживающей способности ограждений выбирают с учетом степени сложности дорожных условий:

для участков автомобильных дорог по таблице 20.8; для мостовых сооружений на автомобильных дорогах по таблице 20.9; для городских дорог, улиц и мостовых сооружений на них по таблице 20.10. По степени сложности:

участки автомобильных дорог подразделяют на две группы - А и Б;

для мостовых сооружений на автомобильных дорогах на три группы - В, Г и Д;

для городских дорог , улиц и мостовых сооружений на них на две группы - Е и Ж.

Таблица 20.8.

Уровни удерживающей способности ограждений на автомобильных дорогах

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Участки автомобильных дорог	Продольный уклон дороги, ‰	Группа дорожных условий	Категория автомобильной дороги и число полос движения в обоих направлениях				
			I		II	III, IV	V
			6 полос и более	4 полосы	2-3 полосы	2 полосы	1 полоса
			Уровни удерживающей способности				
Обочины прямолинейных участков дорог и с кривыми в плане радиусом более 600 м	До 40	А	У5	У4	У3		У2
		Б	У4	У3	У2		У1
Обочина с внутренней стороны кривой в плане радиусом менее 600 м на спуске и после него на участке длиной 100 м	40 и более	А	У6	У5	У4	У3	У2
		Б	У5	У4	У3	У2	У1
Обочина с внешней стороны кривой в плане радиусом менее 600 м на спуске и после него на участке длиной 100 м	До 40	А	У6	У5	У4	У3	У2
		Б	У5	У4	У3	У2	У1

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Обочины на вогнутой кривой в продольном профиле, сопрягающей участки с абсолютным значением алгебраической разности встречных уклонов 50 ‰ и более	-	А	У6	У5	У4	У3	У2
		Б	У5	У4	У3	У2	У1
Обочины с внешней стороны кривой в плане радиусом менее 600 м и на спуске и после него на участке длиной 100 м	40 и более	А	У7	У6	У5	У4	У3
		Б	У6	У5	У4	У3	У2
Разделительная полоса	-	А	У6	У5			
		Б	У5	У4			

Таблица 20.9.

Уровни удерживающей способности ограждений на мостовых сооружениях автомобильных дорог

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Категория автомобильной дороги (число полос движения)	Мостовые сооружения автомобильных дорог					
	с тротуарами или служебными проходами			без тротуаров или служебных проходов		
	Группа дорожных условий					
	В	Г	Д	В	Г	Д
	Уровни удерживающей способности					
I (6 и более)	У8	У6	У5	У9	У7	У6
I (4)- II (4)	У7	У5	У4	У8	У6	У5
II(2)	У5	У4	У3	У6	У5	У4
III(2)	У4	У3	У2	У5	У4	У3
IV(2), V(1)	У3	У2	У1	У4	У3	У2

Примечание. Если интенсивность движения автомобилей, имеющих разрешенную максимальную массу 30 т и более, составляет не менее 1000 авт./сут, вместо уровней У7-У9 принимают соответственно уровни У8-У10.

Таблица 20.10.

Уровни удерживающей способности ограждений на городских дорогах, улицах и мостовых сооружениях на них

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Категории городских дорог и улиц	Группа дорожных условий	Дороги и улицы	Мостовые сооружения	
			с тротуарами или служебными проходами	без тротуаров или служебных проходов
		Уровни удерживающей способности		
Магистральные дороги скоростного движения Магистральные улицы общегородского значения непрерывного движения	Е	У4(У5)	У6(У5)	У7(У5)
	Ж	У3(У4)	У4(У4)	У5(У4)
Магистральные дороги регулируемого движения Магистральные улицы общегородского значения регулируемого движения	Е	У3	У4	У5
	Ж	У2	У3	У4
Магистральные улицы районного значения	Е	У2	У3	У4
	Ж	У1	У2	У3
Улицы и дороги местного значения	Е	У1	У2	У3
	Ж		У1	У2

Примечание. Значения в скобках относятся к ограждениям, устанавливаемым на разделительной полосе.

К группе дорожных условий А относят участки автомобильных дорог: на насыпи высотой более 5 м; расположенные на склоне местности круче 1:4;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

проложенные вдоль железнодорожных путей, болот, водных потоков или водоемов глубиной более 1 м, оврагов и горных ущелий, находящихся на расстоянии менее 15 м от края проезжей части; с разделительной полосой шириной 6 м и менее с односторонним поперечным уклоном круче 1:10, на которых массивные препятствия расположены на разделительной полосе или сбоку от проезжей части на расстоянии 4 м и менее от её кромки.

К группе дорожных условий Б относят участки автомобильных дорог: с разделительной полосой шириной 6 м и менее без массивных препятствий; проложенные вдоль железнодорожных путей, болот, водотоков или водоемов глубиной более 1 м, оврагов и горных ущелий, находящихся на расстоянии 15-25 м от края проезжей части; подходы к мостовым сооружениям при высоте насыпи, менее указанной в таблице 20.11, на автомобильных дорогах IV-V, II-III и I категорий протяженностью 12, 18 и 24 м соответственно без учета начальных и концевых участков; на насыпи с откосами круче 1:4 при условиях, указанных в таблице 20.11.

Таблица 20.11.

Условия отнесения участков автомобильных дорог к группе Б на насыпях

Участки автомобильных дорог	Продольный уклон дороги, ‰	Минимальная высота насыпи, м, при перспективной[1)] интенсивности движения, авт./сут, не менее	
		100[2)]	2000
Прямолинейные и с кривыми в плане радиусом более 600 м. С внутренней стороны кривой в плане радиусом менее 600 м на спуске и после него на участке длиной 100 м.	До 40	4,0	3,0

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Прямолинейные и с кривыми в плане радиусом более 600 м. С внутренней стороны кривой в плане радиусом менее 600 м на спуске и после него на участке длиной 100 м.	40 и более	3,5	2,5
С внешней стороны кривой в плане радиусом менее 600 м на спуске и после него на участке длиной 100 м	До 40		
На вогнутой кривой в продольном профиле, сопрягающей участки с абсолютным значением алгебраической разности встречных уклонов 50 ‰ и более.	-		
С внешней стороны кривой в плане радиусом менее 600 м на спуске и после него на участке 100 м	40 и более	3,0	2,0

Примечания:

1. На пятилетний период.

2. При организации на дороге регулярного автобусного движения ограждения устанавливают аналогично условиям, соответствующим интенсивности движения 2000 авт./сут и более.

Группы дорожных условий В, Г и Д на мостовых сооружениях автомобильных дорог принимаются по таблице 20.12.

Таблица 20.12.

Группы дорожных условий для мостовых сооружений автомобильных дорог

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Категория автомобильной дороги (число полос движения)	Группа дорожных условий					
	В		Г		Д	
	R, м менее	I. ‰ более	R, м	I, ‰	R, м более	I, ‰ менее
I (6 и более)	1500	30	1500-3000	20-30	3000	20
I(4) - II(4)	1000		1000-2500		2500	
II(2)	800	40	800-2000	30-40	2000	30
III(2)	600	50	600-1500	40-50	1500	40
IV(2), V(1)	500	60	500-1000	50-60	1000	50

Примечания:

1. На мостовом сооружении и примыкающих к нему участках подходов протяженностью 100 м выбирают наименьшее значение радиуса кривой в плане R и наибольшее значение продольного уклона I.

2. Если значения радиуса и уклона окажутся в разных группах, принимают группу с более сложными условиями движения.

К группе дорожных условий Е относят участки городских дорог и улиц: с продольным уклоном 50 ‰ и более;

с массивными препятствиями на центральной разделительной полосе шириной 4 м и менее; на насыпи высотой 5 м и более при расстоянии между бортовым камнем и бровкой земляного полотна 10 м и менее;

у водотоков или водоемов глубиной более 1 м, находящихся на расстоянии 10 м и менее от бортового камня;

на набережной;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

с подпорными стенками на расстоянии 4 м и менее от кромки проезжей части.

К группе дорожных условий Ж относят участки городских дорог и улиц: без массивных препятствий на разделительной полосе шириной 4 м и менее;

на насыпи высотой от 2 до 5 м при расстоянии между бортовым камнем и бровкой земляного полотна 10 м и менее;

с боковыми разделительными полосами шириной 4 м и менее с двусторонним движением на боковых проездах.

К группе дорожных условий Е на мостовых сооружениях в городах относят:

мостовое сооружение, пересекающее железные дороги, интенсивность движения по главным путям которых составляет более 100 поезд./сут, открытые линии метрополитена или трамвая;

на мостовом сооружении, расположенном на магистральной дороге или улице, трамвайные пути размещены на обособленном полотне;

проезжая часть на мостовом сооружении расположена в одном уровне с железнодорожными путями или путями метро; проезжая часть на мостовом сооружении магистральной дороги или улицы общегородского значения или перед ним на участке длиной 100 м имеет продольный уклон от 40 ‰ до 50 ‰ при длине сооружения более 100 м и более 50 ‰ при длине сооружения 100 м и менее; проезжая часть мостового сооружения расположена на расстоянии более 5 м от поверхности водотока или водоема глубиной более 1 м;

длина мостового сооружения более 250 м; эстакады третьего и выше уровней пересечений в разных уровнях.

Для всех других случаев дорожные условия на мостовых сооружениях в городах относят к **группе Ж**.

Уровни удерживающей способности ограждений, устанавливаемых на съездах пересечений и примыканий в разных уровнях автомобильных дорог, городских дорог и улиц, принимают равными:

У3 - для ограждений, устанавливаемых на правоповоротных съездах с одной полосой движения;

У4 - для ограждений, устанавливаемых на правоповоротных съездах с двумя полосами движения и на левоповоротных съездах;

У5 - для ограждений, устанавливаемых на мостовых сооружениях съездов.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Динамический прогиб барьерного ограждения, устанавливаемого на обочине, не должен превышать расстояние от продольной оси балки недеформированного ограждения до бровки земляного полотна, увеличенное на 0,25 м (рис. 20.20, а).

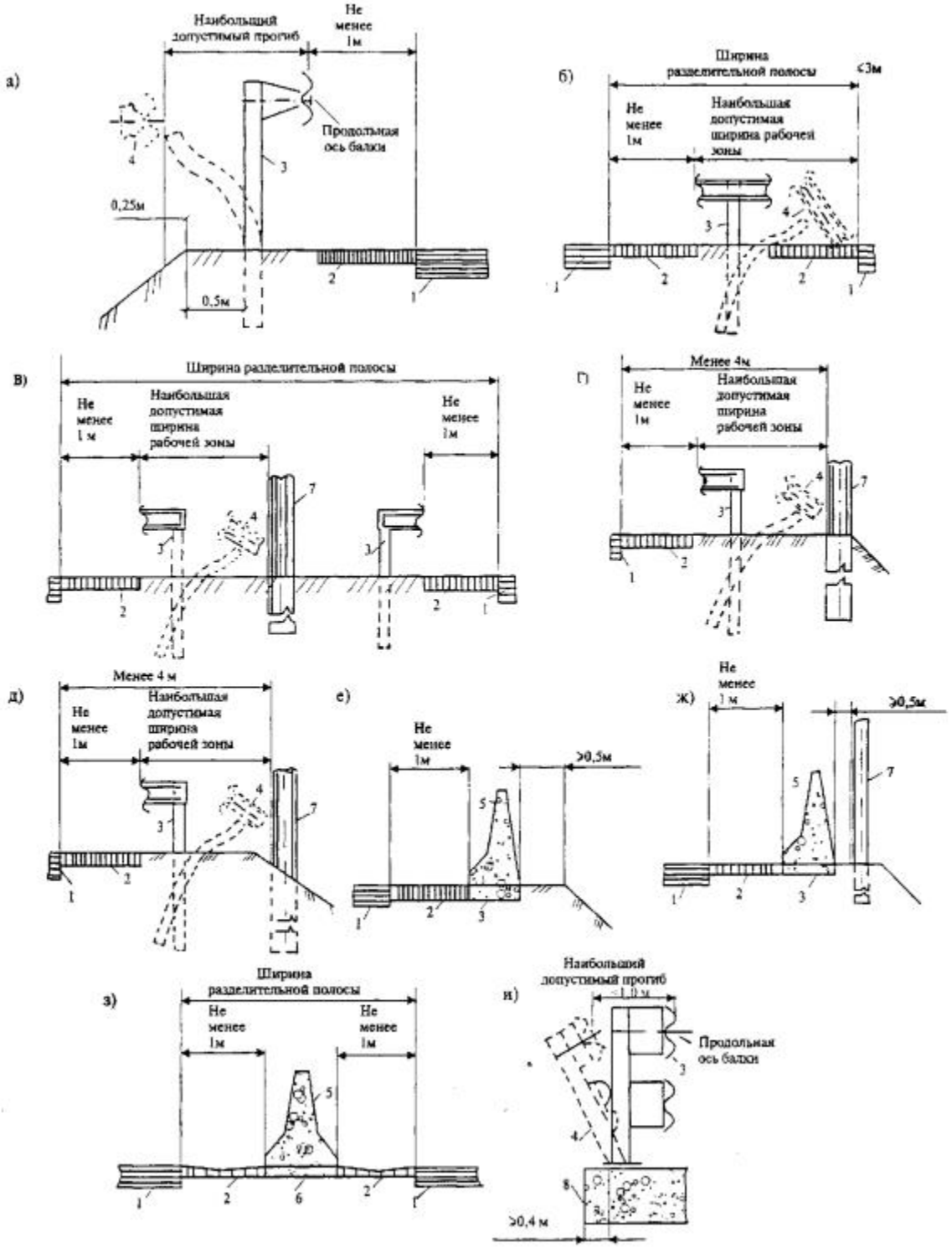


Рис. 20.20. Работа барьерного ограждения на обочине:
1 - проезжая часть; 2 - краевая полоса; 3 - недеформированное ограждение; 4 - деформированное ограждение; 5 - парапетное ограждение; 6 - основание ограждения; 7 - массивная опора; 8 - плита мостового сооружения

Рабочая ширина не должна превышать расстояние от лицевой поверхности балки ограждения до массивного препятствия (рис. 20.20, г, д), находящегося на обочине или за её пределами на расстоянии менее 4 м от кромки проезжей части.

На обочине автомобильной дороги барьерное ограждение устанавливают на расстоянии 0,50-0,85 м от бровки земляного полотна до стойки барьерного ограждения, парапетное - на расстоянии 0,50 м от бровки земляного полотна до ближнего края парапетного ограждения и не менее 1 м от кромки проезжей части до лицевой поверхности балки ограждения или до ближнего края парапетного ограждения (рис. 20.20, а, е).

При наличии на обочине или откосе насыпи массивного препятствия, парапетное ограждение устанавливают на расстоянии 0,30-0,50 м от него (рис. 20.20, ж).

Рабочая ширина для барьерного ограждения, устанавливаемого на разделительной полосе автомобильных дорог, городских дорог и улиц, а также мостовых сооружений не должна превышать:

расстояние от лицевой поверхности балки ограждения до края проезжей части (рис. 20.20, б) при установке ограждения по середине разделительной полосы шириной менее 3 м при отсутствии на ней массивных препятствий;

расстояние от лицевой поверхности балки ограждения до массивного препятствия при установке барьерного ограждения по боковым сторонам разделительной полосы (рис. 20.20, в) при наличии на ней массивных препятствий.

На разделительной полосе автомобильной дороги барьерное или парапетное ограждение устанавливают на расстоянии не менее 1 м от кромки проезжей части (рис. 20.20, б, в, з).

На боковых сторонах городской дороги и улицы ограждения устанавливают на газоне между проезжей частью и тротуаром. Если невозможно установить ограждение на газоне или если он отсутствует - между бровкой земляного полотна и внешним краем тротуара. Если и такая возможность отсутствует - на тротуаре, примыкающем к проезжей части.

Динамический прогиб барьерного ограждения, устанавливаемого между бровкой земляного полотна и внешним краем тротуара, не должен превышать

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

расстояние между продольной осью балки недеформированного ограждения и бровкой земляного полотна, увеличенное на 0,25 м.

Ограждение устанавливают на расстоянии не менее 0,5 м от бровки земляного полотна до стойки ограждения и не менее 0,1 м от продольной оси балки ограждения до тротуара (рис. 20.21, в, г, д, е), если расстояние от внешнего края тротуара до бровки составляет не менее 1,0 м.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

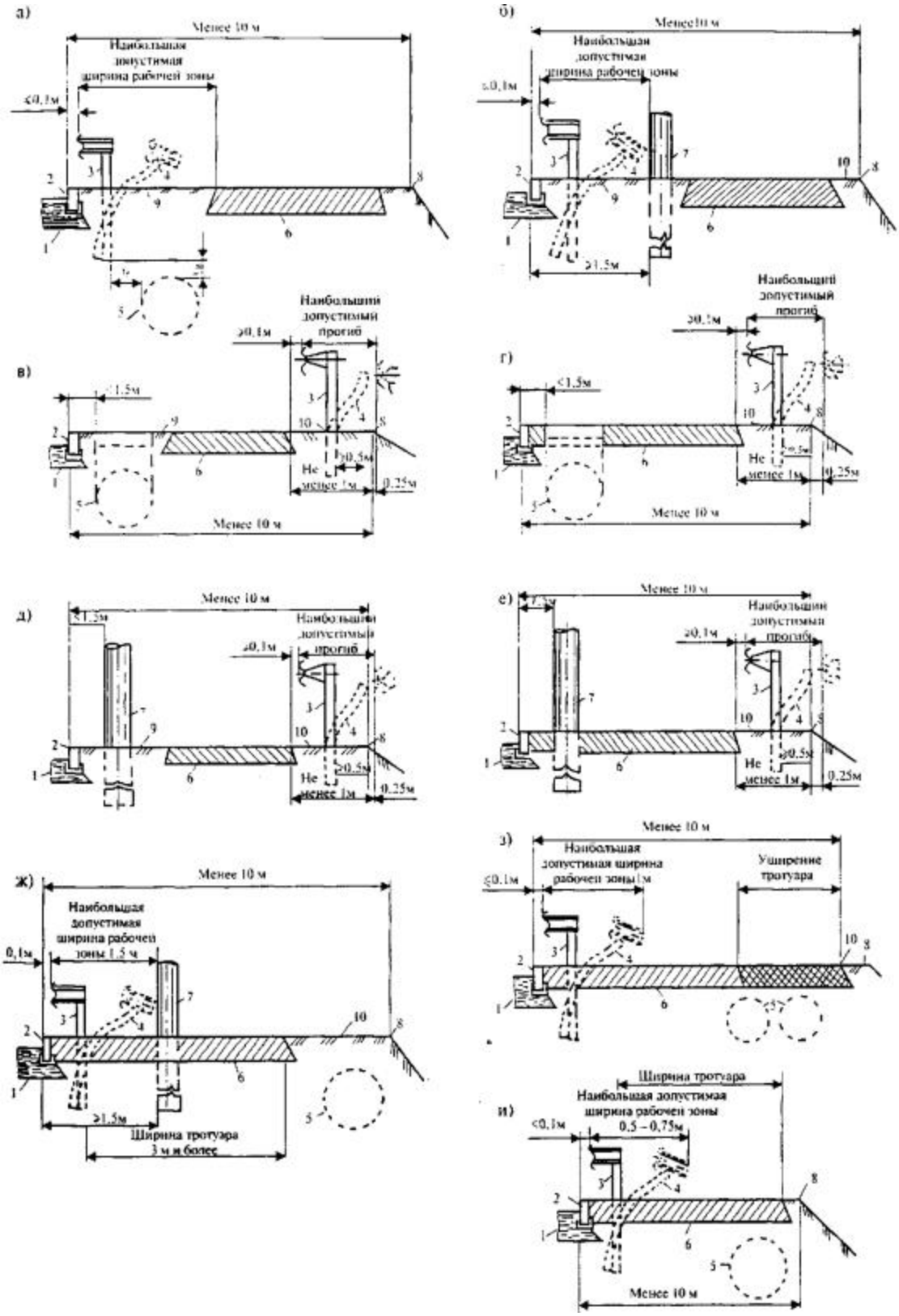

а)
Менее 10 м
Наибольшая допустимая ширина рабочей зоны
≤0,1м
б)
Менее 10 м
Наибольшая допустимая ширина рабочей зоны
≤0,1м
≥1,5м
в)
Наибольший допустимый прогиб
≥0,1м
≤1,5м
≥0,5м
Не менее 1м
0,25м
Менее 10 м
г)
Наибольший допустимый прогиб
≥0,1м
≤1,5м
Не менее 1м
0,25м
Менее 10 м
д)
Менее 10 м
≤1,5м
Наибольший допустимый прогиб
≥0,1м
≥0,5м
Не менее 1м
0,25м
е)
Менее 10 м
Наибольший допустимый прогиб
≥0,1м
≥0,5м
Не менее 1м
0,25м
ж)
Менее 10 м
Наибольшая допустимая ширина рабочей зоны 1,5 м
0,1м
≥1,5м
Ширина тротуара 3 м и более
з)
Менее 10 м
Наибольшая допустимая ширина рабочей зоны 1м
≤0,1м
Уширение тротуара
и)
Ширина тротуара
Наибольшая допустимая ширина рабочей зоны 0,5 – 0,75м
≤0,1м
Менее 10 м

Рис. 20.21. Работа барьерного ограждения, установленного у тротуара:
1 - проезжая часть; 2 - бортовой камень; 3 - недеформированное ограждение; 4 - деформированное ограждение; 5 - подземные инженерные сети; 6 - тротуар; 7 - массивная опора; 8 - бровка земляного полотна или край подпорной стенки; 9 - газон; 10 - полоса между тротуаром и бровкой земляного полотна

Рабочая ширина барьерного ограждения, устанавливаемого на газоне, не должна превышать расстояние от лицевой поверхности балки ограждения до массивного препятствия на газоне, при его отсутствии - до ближнего края тротуара, но не более 3 м (рис. 20.21, а, б).

На газоне барьерное ограждение устанавливают на расстоянии 0,05-0,10 м от бортового камня до лицевой поверхности балки ограждения.

Рабочая ширина барьерного ограждения, устанавливаемого на тротуаре, не должна превышать 1,5 м при ширине тротуара 3,0 м и более. При меньшей ширине тротуара его необходимо уширить до 3,0 м. При невозможности уширения тротуара рабочая ширина не должна превышать расстояние от лицевой поверхности балки ограждения до оси тротуара.

На тротуаре барьерное ограждение устанавливают на расстоянии 0,05-0,10 м от бортового камня до лицевой поверхности балки ограждения (рис. 20.21, ж).

Прогиб барьерного ограждения на мостовом сооружении без тротуаров или служебных проходов не должен превышать 1,0 м.

Барьерное ограждение устанавливают на расстоянии не менее 0,4 м от края плиты до стойки ограждения (рис. 20.20, и).

Динамический прогиб ограждения на мостовом сооружении с тротуарами или служебными проходами принимают по таблице 20.13.

Таблица 20.13.

Прогиб ограждения на мостовом сооружении

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Место расположения мостового сооружения	Служебный проход	Ширина тротуара, м		
		1,0	1,5	2,25 и более
	Прогиб ограждения, м			
Автомобильная дорога	0,75	0,75	1,25	1,5
Городская дорога или улица		-	1,00	1,25

Барьерные ограждения устанавливают на внешней границе полосы безопасности. Высота ограждения должна быть не менее указанной в таблице 20.14.

Таблица 20.14.

Минимальная высота ограждения

Место установки ограждения	Наличие и ширина тротуаров, м	Уровни удерживающей способности							
		У1	У2	У3	У4	У5	У6	У7	У8-У10
		Высота ограждения, м							
Автомобильные дороги, городские дороги и улицы Разделительная полоса мостового сооружения	-	0,75				1,10			-

<table>
<tr><td rowspan="3">Мостовые сооружения на автомобильных дорогах, городских дорогах и улицах</td><td>Без тротуаров и служебных проходов</td><td colspan="4">1,10</td><td colspan="2">1,30</td><td colspan="2">1.50</td></tr>
<tr><td>Служебные проходы шириной 0,75 м</td><td rowspan="2">0,60</td><td>0,75</td><td rowspan="2">0,75</td><td>0,90</td><td rowspan="2">0,90</td><td>1,10</td><td rowspan="2">1,10</td><td>1.30</td></tr>
<tr><td>Тротуары шириной более 1 м</td><td>0,60</td><td>0,75</td><td>0.90</td><td>1,10</td></tr>
</table>

Начальный и концевой участки барьерного и парапетного ограждения, устанавливаемого на обочине, устраивают с отгоном 1:20 к бровке земляного полотна. При этом балки барьерных ограждений и верхние плоскости парапетных ограждений начальных и концевых участков понижают до поверхности дороги.

Начальный и концевой участки одностороннего барьерного ограждения допускается выполнять с изгибом балки в форме петли длиной не менее 5,0 м, а расстояние от бровки земляного полотна до ближайшей стойки должно быть не менее 0,25 м.

На начальных и концевых участках балки одно- и двухсторонних барьерных ограждений и верхние плоскости парапетных ограждений, устанавливаемых на разделительной полосе, понижают до земли с уклоном 1:15. Односторонние ограждения сближают к оси разделительной полосы.

В местах технологических разрывов разделительной полосы, разворота, пересечений и примыканий в оном уровне, у постов дорожно-патрульной службы и т.п. допускается устраивать понижение балок или верхних плоскостей парапетных ограждений до земли с уклоном 1:10.

Переходные участки ограждений устраивают для соединения мостовых и дорожных ограждений, а также для соединения барьерных и парапетных ограждений.

Уровень удерживающей способности переходного участка ограждений не должен быть меньше самого низкого из двух допустимых уровней удерживающей

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

способности, установленных для соединяемых ограждений, и больше самого высокого из них.

Над переходными плитами в местах сопряжения мостового сооружения с насыпями подходов устанавливают такие же ограждения, как и на мостовом сооружении.

Барьерные ограждения устанавливают так, чтобы в местах соединения балок предыдущая по ходу движения балка накладывалась на последующую, а отклонения от оси балки от ее проектного положения в плане не превышали 1:1000 от длины соединяемых балок.

В блоках парапетных ограждений предусматривают соединения, препятствующие смещению или наклону блоков относительно друг друга. При монтаже блоков их относительное смещение в плане и по высоте не должно превышать 5 мм.

Парапетные ограждения не должны препятствовать отводу воды с поверхности проезжей части, обочин (полос безопасности) дорог и мостовых сооружений.

Конструкция ограждения на протяжении участка с одним и тем же уровнем удерживающей способности должна быть одинаковой.

Световозвращатели, изготовленные согласно ГОСТ Р 50971-96, размещают:

на барьерных ограждениях с балкой(ами) волнистого профиля - в углублении в средней части поперечного профиля балки (при наличии нескольких рядов балок - в углублении средней части поперечного профиля нижней балки);

на барьерных ограждениях с балкой не волнистого профиля - над верхней гранью верхней балки или на опоре над ней;

на парапетных ограждениях - на верхней плоскости ограждений.

Световозвращатели устанавливают по всей длине ограждения с интервалом 4 м (в т.ч. на участках отгона и понижения).

Удерживающие пешеходные ограждения (перила) (рис. 20.22) применяют у внешнего края тротуара на мостовом сооружении или на насыпи высотой более 1 м. Удерживающая способность перил должна быть не менее 1,27 кН.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

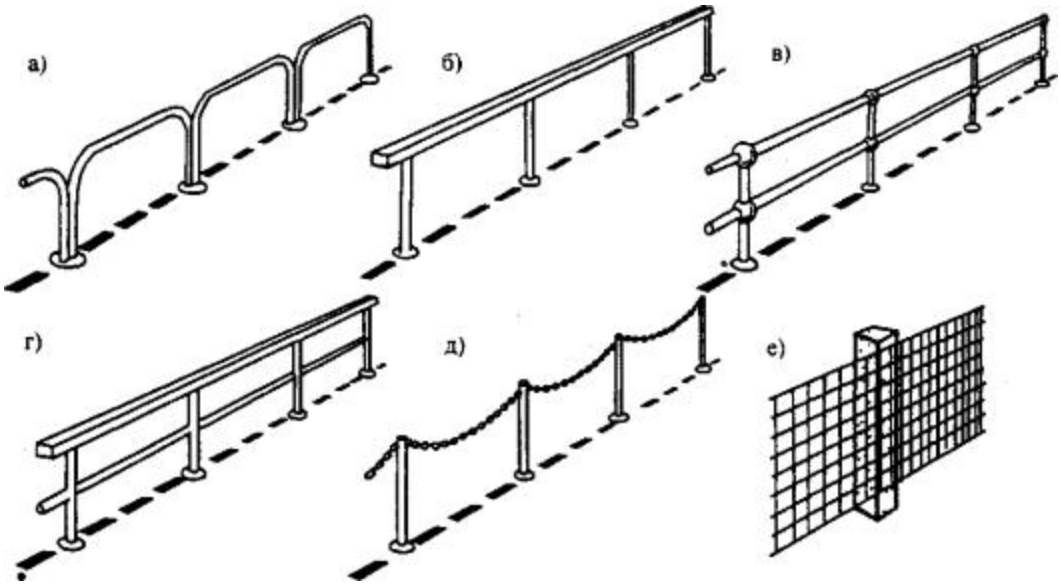


Рис. 20.22. Удерживающие пешеходные ограждения (перила)

Ограничивающие пешеходные ограждения, применяют:

перильного типа или сетки на разделительных полосах шириной не менее 1 м между основной проезжей частью и местным проездом напротив остановок общественного транспорта с подземными или надземными пешеходными переходами в пределах длины остановочной площадки на протяжении не менее 20 метров в каждую сторону за ее пределами при отсутствии на разделительной полосе удерживающих ограждений для автомобилей;

перильного типа - у наземных пешеходных переходов со светофорным регулированием с двух сторон дороги на протяжении не менее 50 м в каждую сторону от пешеходного перехода, а также на участках, где интенсивность пешеходного движения превышает 1000 чел./час на одну полосу тротуара при разрешенной остановке или стоянке транспортных средств и 750 чел./час при запрещенной остановке или стоянке.

Удерживающие пешеходные ограждения (перила) устанавливают у внешнего края тротуара на насыпях на расстоянии не менее 0,3 м от бровки земляного полотна.

Ограничивающие пешеходные ограждения устанавливают:

перильного типа - у внешнего края тротуара у наземных пешеходных переходов со светофорным регулированием на расстоянии не менее 0,3 м от лицевой поверхности бортового камня;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

перильного типа или сетки - на разделительной полосе между основной проезжей частью и местным проездом на расстоянии не менее 0,3 м от кромки проезжей части.

Высота пешеходных удерживающих ограждений (перил) должна быть не менее 1,1 м.

Высота ограничивающих ограждений перильного типа должна быть 0,8-1,0 м, сеток - 1,2-1,5 м. Ограждения перильного типа высотой 1,0 м должны иметь две перекладины, расположенные на разной высоте.

20.6. Освещение автомобильных дорог

Для обеспечения безопасности движения транспортных средств и пешеходов, а также повышения пропускной способности дорог в темное время суток, предусматривают стационарное электрическое освещение.

Наружное электрическое освещение на автомобильных дорогах предусматривают:

на участках в пределах населенных пунктов, при возможности использования расположенных вблизи электрических распределительных сетей;

на больших мостах;

автобусных остановках;

пересечениях дорог I и II категорий между собой и с дорогами III категории;

на кольцевых развязках и на пересечениях с железнодорожными путями;

на всех соединительных ответвлениях узлов пересечений и на подходах к ним на расстоянии не менее 250 м.

Если расстояние между соседними освещаемыми участками составляет менее 250 м, необходимо устраивать непрерывное освещение дороги, исключающее чередование освещенных и неосвещенных участков. Освещение дорог предусматривают:

на дорогах I категории с расчетной интенсивностью движения 20 000 авт./сут и более, достигаемой за ближайшие 5 лет;

на средних и больших мостах (путепроводах) в зависимости от длины искусственного сооружения, длины кабельной или воздушной линии от пункта питания электроэнергией до освещаемого объекта и интенсивности движения;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

на автозаправочных станциях и в зонах расположения комплексов обслуживания движения;

на пересечениях дорог I и II категорий между собой (в одном и в разных уровнях), а также на всех соединительных ответвлениях пересечений в разных уровнях и на подходах к ним на расстоянии не менее 250 м от начала переходно-скоростных полос;

на железнодорожных переездах;

в транспортных железнодорожных тоннелях на дорогах I и II категорий и на подходах к ним на расстоянии не менее 150 м от начала тоннеля;

в пешеходных тоннелях, на лестничных сходах и площадках перед входами в тоннель;

под путепроводами на дорогах I-III категорий, если длина проезда под ними превышает 30 м;

на автобусных остановках и в других местах сосредоточения пешеходов при расстоянии до источников энергоснабжения не более 2 км.

При освещении автомобильных дорог руководствуются следующими нормами. Вне населенных пунктов средняя яркость проезжей части дорог и мостов (путепроводов) должна составлять: 0,8-1,0 кд/м^2 на дорогах I категории; 0,6 кд/м^2 на дорогах II категории; 0,4 кд/м^2 на соединительных ответвлениях пересечений в разных уровнях и подходах к пересечениям. Средняя горизонтальная освещенность обочин должна быть не ниже 8 лк на дорогах I категории; 6 лк на дорогах II категории; 4 лк на соединительных ответвлениях пересечений в разных уровнях и подходах к пересечениям. Среднюю горизонтальную освещенность тротуаров мостов (путепроводов) назначают согласно СНиП 23-05-95. Отношение максимальной яркости проезжей части к минимальной должно составлять не более 3:1 на дорогах I категории и 5:1 на остальных участках дорог. Отношение максимальной освещенности обочины к средней должно быть при норме средней освещенности 6-8 лк не более 3:1, а при норме 4 лк - не более 5:1.

Нормы освещения автодорожных тоннелей и проездов под путепроводами (длиной более 60 м) принимают по СНиП 32-04-97. Средняя горизонтальная освещенность проездов под путепроводами (мостами) длиной от 30 до 60 м должна быть не менее 15 лк, а отношение максимальной освещенности к средней - не более 3:1. Для уменьшения слепящего действия наружного освещения значение показателя ослепленности должно быть не более 150.

Электрическое освещение должны иметь все железнодорожные переезды I и II категорий, а также переезды III и IV категорий, расположенные на участках,

оборудованных продольными линиями энергоснабжения или имеющих вблизи другие постоянные источники энергоснабжения. Средняя горизонтальная освещенность проезжей части на переездах должна быть не менее: I категории - 5 лк; II категории - 3 лк; III категории - 2 лк; ГУ категории - 1 лк. Подходы к железнодорожным переездам должны быть освещены на протяжении 100 м от крайнего рельса.

Для освещения дорог целесообразно применять газоразрядные ртутные лампы (ДРЛ 125, ДРЛ 250, ДРЛ 400), металлогалогенные лампы (ДРИ 250, ДРИ 400) или натриевые лампы высокого давления (ДнаТ250, ДнаТ400). Лампы накаливания (ЛН 200) применяют в основном для освещения пешеходных дорожек и улиц (дорог) с нормируемой яркостью проезжей части не более 0,4 кд/м^2:

В районах с хорошими атмосферными условиями, где количество загрязняющих частиц в воздухе не превышает 150 мг/м, следует применять открытые зеркальные или призматические светильники РКУ-01, СПО-200. В районах с тяжелыми атмосферными условиями, обусловленными высокой интенсивностью движения и наличием предприятий, загрязняющих атмосферу, следует применять светильники ЖКУ-01, ЖКУ-02, РСУ-05, ЖСУ-05, закрытые колпаками из оргстекла.

Опоры светильников устанавливают, как правило, за бровкой земляного полотна на расстоянии от неё не менее 0,5 м. На насыпях высотой до 3 м для установки опор устраивают присыпные бермы с размерами 2´2 м. При большей высоте насыпи и наличии устойчивых откосов опоры устанавливают на сваях длиной 5-6 м с оголовком (рис. 20.23, а) или на бермах огражденных деревянными коробами (рис. 20.23, б), засыпая пазухи в верхней части дренирующим грунтом. В исключительных случаях (на насыпях высотой более 3 м при наличии неустойчивых откосов земляного полотна, на участках дорог, где размещению опор препятствуют кабельные или воздушные линии связи или электропередачи) допускается устанавливать опоры на обочине (при её ширине не менее 3 м) с устройством ограждений.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

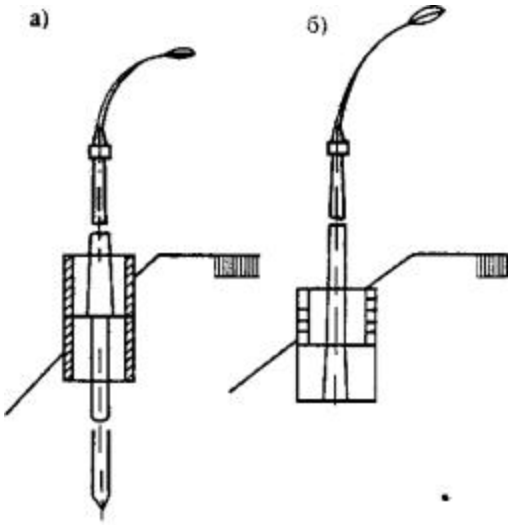


Рис. 20.23. Способы установки опор светильников на откосах высоких насыпей

При проектировании осветительных установок учитывают светотехнические характеристики дорожных покрытий, мощность ламп, светораспределение светильников, схему размещения опор (рис. 20.24). Выбор параметров осветительной установки осуществляют на основе технико-экономических расчетов по дисконтированным затратам.

Опоры размещают с одной стороны дороги (односторонняя схема), если ширина проезжей части не превышает 12 м (см. рис. 20.24, а). При большей её ширине опоры устанавливают с двух сторон дороги в прямоугольном (см. рис. 20.24, б) или шахматном порядке (см. рис. 20.24, в). Эти схемы используют и при проектировании осветительных установок на дорогах с разделительной полосой, но в отдельных случаях по экономическим соображениям допускается установка опор на разделительной полосе шириной не менее 5 м (см. рис. 20.24, г) при условии зашиты опор ограждения.

В зависимости от нормируемых значений яркости и освещенности опоры располагают через 25-40 м, а светильники подвешивают на высоте 6-12 м. На закруглениях дорог в плане радиусом менее 600 м опоры устанавливают у обочины на внешней стороне кривой. При этом следует уменьшать расстояние между опорами на закруглении дороги по сравнению с расстоянием, принятым для прямолинейного участка (табл. 20.15).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

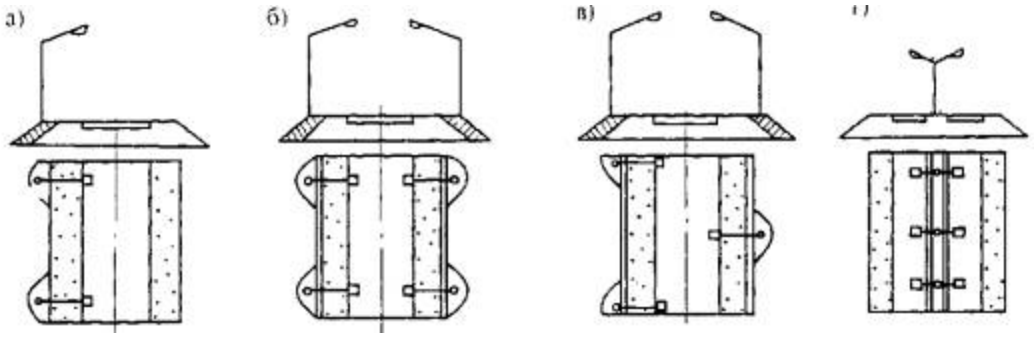


Рис. 20.24. Схемы размещения опор светильников в поперечном профиле дороги

Таблица 20.15.

Величины относительных расстояний между опорами светильников на горизонтальных кривых

Радиус кривой в плане, м	600	400	200	100
Отношение расстояния между опорами на кривой в плане к расстоянию на прямолинейном участке	1,0	0,8	0,5	0.45

Включение освещения участков автомобильных дорог следует производить при снижении уровня естественной освещенности до 20 лк, а при отключении - при его повышении до 10 лк.

В ночное время следует предусматривать снижение нормируемого уровня освещения протяженных участков дорог (длиной более 300 м) и подъездов к мостам, тоннелям и пересечениям автомобильных дорог с автомобильными и железными дорогами путем включения не более половины светильников. При этом не следует допускать отключение подряд двух светильников, а также светильников, расположенных вблизи ответвления, примыкания, вершины кривой в продольном профиле радиусом менее 300 м, пешеходного перехода, остановки общественного транспорта, стационарного поста ГИБДД, на съездах, на кривой в плане радиусом менее 100 м.

Электроснабжение осветительных установок автомобильных дорог, а также технических средств организации дорожного движения надлежит осуществлять от электрических распределительных сетей ближайших населенных пунктов, производственных, сельскохозяйственных предприятий, объектов других организаций и ведомств.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Электроснабжение осветительных установок железнодорожных переездов следует, как правило, осуществлять от электрических сетей железных дорог, если эти участки железнодорожного пути оборудованы продольными линиями электроснабжения на линии электроблокировки.

Управление сетями наружного освещения следует предусматривать централизованным дистанционным или использовать возможности установок управления наружным освещением ближайших населенных пунктов и производственных предприятий и т.д.

Световые и светосигнальные приборы, располагаемые на мостах через судоходные водные пути, Не должны создавать помех судоводителям в ориентировании и ухудшать видимость судоходных сигнальных огней.

20.7. Составление схемы обстановки дороги

При проектировании автомобильных дорог составляют график обустройства дороги, на котором схематично показывают расположение основных сооружений и технических средств организации движения.

На некоторые сложные узлы, а в отдельных случаях и на всю дорогу необходимо составлять схему обстановки дороги, на которой указывают расположение дорожных знаков, разметки, ограждений, освежительных установок, направляющих устройств (рис. 20.25).

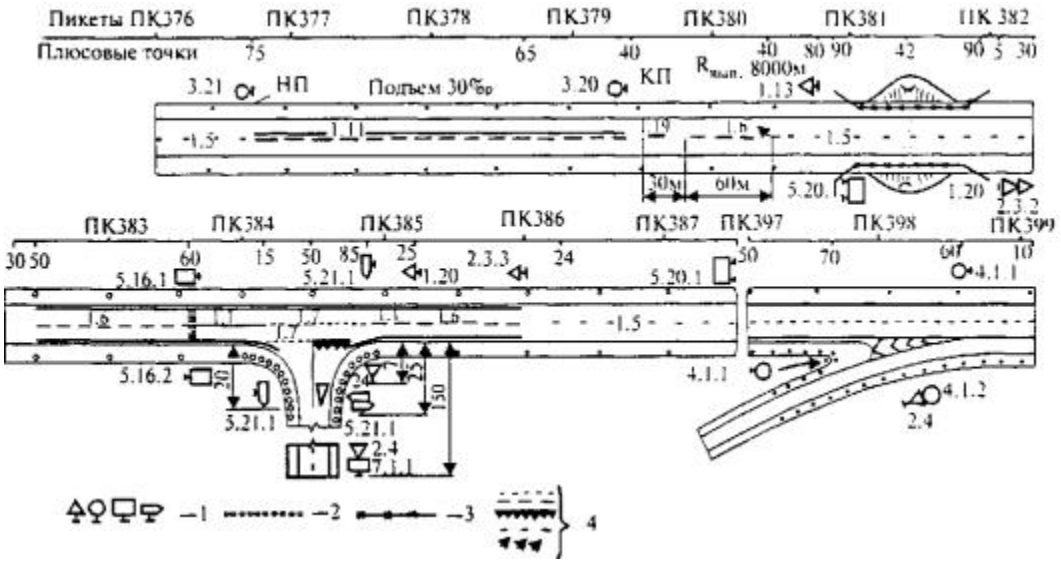


Рис. 20.25. Схема инженерного обустройства дороги:
1 - дорожные знаки; 2 - направляющие столбики; 3 - дорожные ограждения; 4 - дорожная разметка;
НП - начало подъема; КП - конец подъема

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Схему вычерчивают в масштабе 1:500 (для населенных пунктов 1:200) и на ней указывают пикетажное положение мест установки знаков, начала и конца однотипных линий разметки. На схеме не следует изображать участки дороги, на большем протяжении которых используют однотипную разметку и применяют стандартные схемы установки дорожных знаков. После изображения такого участка на схеме делают разрыв, в котором помешают ссылку на соответствующие типовые схемы или ведомость расстановки дорожных знаков. Границы разрыва должны быть отмечены по пикетажу.

При составлении схемы обстановки дорог разрабатывают мероприятия в следующем порядке: 1 - Установка дорожных знаков; 2 - применение дорожной разметки; 3 - установка дорожных ограждений и сигнальных столбиков: 4 - освещение дороги.

Работу по составлению схемы целесообразно выполнять в несколько этапов. На **первом этапе** на схеме размещают указательные знаки, информирующие водителей об основных направлениях движения, протяженности дороги, расположении и наименовании отдельных пунктов маршрута и участков, на которых установлен определенный порядок движения транспортных средств (скоростная дорога, населенный пункт). В соответствии с условиями применения каждого знака располагают на схеме километровые знаки, маршрутные марки, обозначающие дороги, знаки с названиями населенных пунктов, сельских населенных пунктов, рек, перевалов, через которые проходит дорога, знаки-указатели направлений движения к пунктам следования, расположенным в стороне от дороги: населенным пунктам, железнодорожным станциям, переправам, заготовительным пунктам, карьерам, заводам, складам, аэропортам, пристаням, речным, и морским портам. При этом учитывают необходимость повторения на специальных знаках надписей на национальном языке республики или на дорогах, по которым осуществляется движение иностранных автотуристов, - повторение надписей латинским шрифтом, передающим произношение названий на соответствующем национальном языке. На всех дорогах должны быть обозначены знаками подъезды к достопримечательным местам и пункты обслуживания движения. Эти знаки наносят на схему, учитывая необходимость установки дополнительных знаков для предварительной информации водителей в соответствии с правилами установки каждого знака.

На этом этапе намечают расположение и содержание изображений знаков «Предварительный указатель направлений» и знаков «Указатель расстояний»

На **втором этапе** работы вначале условно разделяют всю дорогу по протяженности на две группы участков: населенные пункты и перегоны. Затем в пределах каждого участка выделяют следующие элементы: перекрестки, мосты, путепроводы, тоннели, железнодорожные переезды, кривые в плане и продольном профиле, сужения, подъемы и спуски с уклоном более 20 ‰, сооружения

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

обслуживания движения, места оживленного пешеходного движения. Некоторые элементы могут быть»проанализированы совместно.

Для каждого элемента или группы элементов, изображенных на схеме, анализируют необходимость применения различных знаков и разметки. Для обеспечения этой задачи предварительно в пределах каждого элемента или группы элементов на схеме выделяют возможные конфликтные зоны:

1 - зоны оживленного пешеходного и велосипедного движения вдоль проезжей части или поперек нее и зоны возможного скопления людей, ожидающих попутных автомобилей;

2 - зоны, где часто происходят изменение скорости движения или маневры автомобилей; автобусные остановки; места кратковременной и длительной стоянки автомобилей; участки, где часто происходят обгоны и смена полос движения; зоны пересечения, разветвления и слияния транспортных потоков, разворота автомобилей и изменения траекторий движения; зоны, в которых резко изменяется скорость свободного движения (коэффициент безопасности менее 0,8); зоны, где резко уменьшается скорость движения транспортного потока из-за повышенной плотности движения или появления медленно двигающихся транспортных средств;

3 - зоны, в которых ширина проезжей части, число полос движения, габариты высоты или допускаемая нагрузка от автомобилей меньше, чем на смежных участках;

4 - зоны с ограниченной видимостью в плане и профиле:

5 - зоны, в которых в различное время года возникают густые туманы, гололед, сильный боковой ветер, имеется ямочность и колейность покрытия, появляется опасность падения камней, выхода животных на дорогу;

6 - зоны со светофорным регулированием и односторонним движением;

7 - зоны, в которых необходимо устраивать дорожные ограждения, сигнальные столбики или устраивать стационарное освещение.

Выявив конфликтные зоны на опасных участках по возможности следует применять меры по устранению причин, порождающих эту опасность, и в максимальной степени использовать типовые проектные решения.

На **третьем этапе** разрабатывают предложения по устройству дорожной разметки в основных конфликтных зонах. При этом необходимо обращать внимание на дислокацию дорожных знаков и их смысловое содержание, чтобы информация от знаков и разметки не была противоречивой. В первую очередь намечают расположение линий, разграничивающих встречные полосы движения, и

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

линий, указывающих преимущество в движении на пересечениях. Во вторую очередь разграничивают зоны наземных пешеходных переходов, островков безопасности и остановок общественного транспорта. В третью очередь устанавливают места расположения указательных и направляющих стрел, линий вертикальной разметки, надписей и обозначений на проезжей части.

На **четвертом этапе** уточняют виды знаков с учетом схемы разметки дороги, изучают возможности сокращения числа знаков и исключения отдельных видов разметки, оценивают необходимость ограничения скорости или исправления плана и профиля дороги.

На **пятом этапе** отмечают положение опасных участков, где возможны серьезные травмы людей при неожиданных съездах автомобилей с дороги, наездах на дорожные сооружения и препятствия. При этом следует рассмотреть возможность использования планировочных решений (снижение высоты насыпи, устройство откосов насыпей крутизной 1:3 или 1:4, устройство широкой разделительной полосы), исключающих необходимость установки дорожных ограждений. Конструкции ограждений выбирают с учетом возможностей строительных организаций и наличия соответствующих материалов. После уточнения мест установки ограждений первой и второй групп приступают к разработке схемы установки сигнальных столбиков.

На **шестом этапе** намечают ориентировочно схемы освещения опасных участков и расположение опор освещения (схему уточняют после разработки проектов освещения специализированными организациями).

На **седьмом этапе** окончательно уточняют элементы и детали схемы обстановки дороги, оценивают необходимость применения объемных дорожных знаков, выбирают материалы для разметки, уточняют, в каких местах необходимо устанавливать ударобезопасные конструкций элементов обстановки дороги.

На **заключительном этапе** проводят согласование схемы с заинтересованными организациями.

ГЛАВА 21. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

21.1. Особенности реконструкции автомобильных дорог

С 90-х годов прошлого столетия резко сократились объемы инвестиций в дорожную отрасль. По этой причине в настоящее время приоритет отдается сохранению существующей сети автомобильных дорог посредством содержания, ремонта и реконструкции.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Рост интенсивности движения и особенно доли в ней большегрузных автомобилей, автопоездов и автобусов привело к существенному возрастанию изнашивающего и разрушающего воздействия автомобилей на дорогу, следствием чего является рост потребности в ремонтно-восстановительных дорожных работах, увеличение их объемов. Эта тенденция в ближайшей перспективе будет неизбежно нарастать, чтобы обеспечить работоспособность существующих автомобильных дорог.

Весьма существенным является то, что значительная часть протяженности существующих дорог имеет тонкослойную дорожную одежду, не способную пропускать грузовые автомобили и автобусы с параметрами выше расчетных для этой части дорог. Но выполняемые объемы ремонтных работ явно недостаточны для приведения транспортно-эксплуатационного состояния дорог в соответствие с нормативными требованиями.

Действующая классификация **ремонтных работ** предполагает при капитальных ремонтах существенное улучшение транспортно-эксплуатационных показателей ремонтируемых дорог, повышение технических нормативов дорог в пределах уже присвоенных им категорий, увеличение прочности дорожных одежд, значительное повышение работоспособности сооружений без изменения их габаритных размеров.

Реконструкция автомобильных дорог предполагает, кроме того, обязательное повышение категории дороги с соблюдением соответствующих этой новой категории норм проектирования плана трассы, проектной линии продольного профиля, ширины земляного полотна и проезжей части, а также увеличения требуемого модуля упругости дорожных одежд.

Под реконструкцией автомобильной дороги подразумевают перестройку существующей автомобильной дороги или отдельных ее участков с учетом изменившихся и ожидаемых в перспективе условий движения транспортных потоков с обязательным проведением комплекса мероприятий, повышающих транспортно-эксплуатационные качества, удобство и безопасность движения, а также обеспечивающих меньшее вредное воздействие автомобильной дороги на окружающую среду.

Необходимость в периодической реконструкции автомобильных дорог закономерно обусловлена рядом объективных факторов:

расширением самостоятельности регионов, что существенно увеличило количество прямых транспортных связей между регионами, а также с зарубежными странами, портами, рекреационными районами. Быстрое развитие происходит в сфере торговли, обслуживания и связанных с ними отраслях, которые в силу своей специфики тяготеют к автомобильному транспорту;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

изменением схемы расселения жителей Российской Федерации, особенно вблизи крупных административных и промышленных центров. С началом экономической реформы в малых городах и сельских районах высвободились значительные трудовые ресурсы, которые не находя применения в местах проживания, устремились в крупные административные и промышленные центры. В связи с этим в пригородных зонах ускоренно увеличивается численность населения, работающего и в целом тяготеющего к соседнему крупному городу;

ростом подвижности населения и уровня его автомобилизации, который в разных районах страны находится в пределах от 80 до 200 автомобилей на 1000 человек. Средняя общая численность автопарка имеет закономерную тенденцию к увеличению на 3-4 % в год;

ежегодным ростом грузооборота и пассажирооборота, который составляет порядка 4 %, что обусловлено, в частности, и соответствующим ростом валового внутреннего продукта (ВВП);

неуклонным ростом интенсивности движения на сети автомобильных дорог. Средний темп роста общей интенсивности на дорогах в настоящее время составляет 3-4 %. При этом, по видам транспорта этот показатель составляет для грузовых автомобилей 2-3 %, для легковых - 4-5 % и для автобусов - 3-4 %. Таким образом, каждые 15-20 лет интенсивность движения на автомобильных дорогах удваивается с соответствующим снижением уровней удобства, средних скоростей и безопасности движения;

тем, что ряд дорог существующей сети автомобильных дорог с твердыми покрытиями были построены по устаревшим к настоящему времени техническим нормам проектирования.

Обращает на себя внимание то обстоятельство, что по сравнению с 80-и годами сильно изменился состав транспортного потока. Структура современного транспортного потока в среднем лежит в пределах:

грузовые автомобили.....20-25 %;

легковые автомобили.....70-80 %;

автобусы..... 8-10 %.

Резко возросла доля легковых автомобилей, которая в настоящее время составляет 70-80 % против 50-60 % в 80-е годы. Произошло соответствующее снижение доли грузового транспорта до 20-25 % против 35-45 % в 80-е годы за счет соответствующего увеличения его грузоподъемности.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Средний по стране состав современного грузового транспортного потока следующий:

легкие (до 2,0 т).....25-35 %;

средние (от 2,1 до 5,0 т).....10-15 %;

тяжелые (от 5,1 до 8,0 т).....15-20 %;

очень тяжелые (свыше 8,0 т).....35-45 %.

Произошло увеличение доли грузового автотранспорта малой грузоподъемности (до 2,0 т) и очень большой грузоподъемности (свыше 8,0 т). Увеличилась доля автобусов малой вместимости (до 11 человек).

В результате этих факторов автомобильные дороги испытывают большие перегрузки и требуют повышенного внимания к содержанию, своевременному ремонту и реконструкции.

Капитальный ремонт и реконструкция автомобильных дорог являются вынужденными мерами по приведению существующей сети автомобильных дорог с твердыми покрытиями в соответствие с современными требованиями движения транспортных потоков. Многие участки существующей сети автомобильных дорог уже подвергались неоднократным перестройкам и совершенствованию, что привело, в частности, к резкой неоднородности ряда маршрутов по транспортно-эксплуатационным характеристикам.

На существующей сети автомобильных дорог имеется огромное количество опасных мест, допускающих лишь движение с ограниченными скоростями. Эти места характеризуются, как правило, сосредоточением наибольшего числа дорожно-транспортных происшествий и обладают ограниченной пропускной способностью.

Поэтому работы по непрерывному улучшению и совершенствованию существующей сети автомобильных дорог путем проведения капитальных ремонтов и реконструкции еще в течение ряда лет будут основным видом деятельности дорожно-эксплуатационных и дорожно-строительных организаций.

Необходимо отметить, что разработка проектов реконструкции автомобильных дорог является процедурой значительно более сложной, чем разработка проектов строительства новых автомобильных дорог.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

21.2. Особенности изысканий для разработки проектов реконструкции автомобильных дорог

Изыскания при разработке проектов реконструкции автомобильных дорог имеют свои существенные отличия от технологии и методов сбора информации о местности, используемых при изысканиях нового строительства. В частности, одна из основных, сложных и наиболее ответственных задач изысканий для нового строительства сводится, прежде всего, к обоснованию границ полосы варьирования трассы. При реконструкции эта задача на большем протяжении реконструируемой дороги оказывается во многом практически решенной в связи с необходимостью максимального использования существующих земляного полотна и дорожных покрытий, а также сведения к минимуму площадей вновь отводимых земельных угодий и сноса.

Именно по этой причине, необходимость в использовании сложных аналитических методов обоснования границ полосы варьирования конкурентоспособных вариантов трассы при реконструкции остается лишь на участках нового строительства (например, на участках обхода населенных пунктов или на участках радикального улучшения геометрии реконструируемых дорог). На этих участках работы производят по правилам изысканий новых автомобильных дорог.

В подготовительный период изысканий автомобильных дорог вместо общего изучения характеристик района проектирования и обоснования полосы варьирования трассы основное внимание уделяют детальному изучению архивных материалов, материалов наземных, аэрофотосъемок и аэрокосмических изысканий прошлых лет, изучению паспортов и линейных графиков дороги, инвентаризационных и дефектных ведомостей, отчетные материалы по проводившимся на дороге ремонтно-восстановительным работам и зимнему содержанию. В органах ГИБДД собирают и анализируют данные об условиях движения автотранспорта на реконструируемом участке, о дорожно-транспортных происшествиях, их характере и местах их концентрации. В дорожно-эксплуатационных службах, кроме того, собирают всю информацию по проводившимся в предшествующие периоды учетам движения на всем реконструируемом участке: интенсивности, состава, скоростей движения, уровней удобства и безопасности движения и другие характеристики транспортных потоков. Объем и характер последующих полевых работ во многом определяется количеством, достоверностью и детальностью полученных в подготовительный период материалов.

На участках использования при реконструкции существующего полотна дороги требуется осуществить большое число промеров поперечных профилей земляного полотна и проезжей части и получить полную информацию о местности, особенно со стороны предполагаемого уширения земляного полотна.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Обязательной задачей решаемой в период изысканий при реконструкции автомобильных дорог является обследование состояния существующих дорожных одежд (прочности, ровности, ямочности, трещиноватости, состояния кромок проезжей части и обочин). При этом, учитывая высокую стоимость дорожных конструкций, обязательно решают задачу максимального использования при реконструкции существующей дорожной одежды в качестве основания новой одежды, а при значительной изношенности существующего покрытия решают задачу повторного использования материалов разобранной одежды. Обоснованное решение задачи о возможности максимального использования при реконструкции существующих дорожных конструкций или их материалов в конечном итоге в значительной степени влияют на общую стоимость реконструкции дороги.

Существующие искусственные сооружения (мосты, путепроводы, водопропускные трубы, подпорные и одевающие стенки, тоннели и т.д.) должны быть детально обследованы с позиций их возможного использования при реконструкции, а также для использования при проектировании накопленного опыта их. работы на существующей дороге.

В ходе изысканий обязательно изучают существующие здания и сооружения дорожно-эксплуатационной и автотранспортной служб, сооружения обстановки и принадлежности дороги. Особое внимание уделяют существующим автобусным остановкам, АЗС и подъездам к ним, съездам, переездам, примыканиям и пересечениям в одном и разных уровнях и т.д.

Учитывая сказанное, аэрокосмические методы сбора информации при изысканиях для реконструкции автомобильных дорог используют в существенно меньшем объеме, чем при изысканиях новых дорог, но за счет более широкого использования современных наземных методов сбора информации (систем спутниковой навигации - «GPS», электронной тахеометрии, наземных фототеодолитных съемок, лазерного сканирования, арсенала современных геофизических методов инженерно-геологической разведки). Естественно, что в ходе самого проектирования реконструкции автомобильных дорог широко используют ГИС-технологии, системы автоматизированного проектирования (САПР), автоматизированные системы цифровой фотограмметрии (АСЦФ), современные средства автоматизации и вычислительной техники.

Следует особо отметить, что на участках использования существующего полотна реконструируемой дороги в ходе сбора информации для составления проекта реконструкции на первое место выходят методы лазерного сканирования местности (рис. 21.1), с которыми не в состоянии конкурировать самые современные наземные методы сбора информации.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru



Рис. 21.1. Лазерная сканирующая система Leica HDS2500

При изысканиях реконструкции автомобильных дорог особое внимание уделяют вопросам организации производства работ и, прежде всего, вопросам организации пропуска существующих транспортных потоков, строительного транспорта и механизмов (постройка временных объездов и переправ, организация движения по половине проезжей части, либо по основанию строящейся дорожной конструкции и т.д.).

Изыскания для реконструкции автомобильных дорог всегда проводят в тесном контакте с работниками дорожно-эксплуатационных служб и органов ГИБДД, которые наблюдая в процессе своей повседневной деятельности за особенностями работы реконструируемой дороги в разные сезоны года в течение длительного времени, могут сообщить изыскателям массу ценной информации об участках дороги и сооружениях на ней нуждающихся в улучшении и перестройке. Особенно ценную информацию изыскатели могут получить об участках неудовлетворительного поверхностного водоотвода, снежных лавинах, оползнях и осыпях, снегозаносах, местах систематического пучинообразования, концентрации плотности транспортных потоков и ДТП и т.д.

При разработке календарных планов производства полевых изыскательских работ учитывают, что многие из них эффективны лишь при выполнении их в определенные периоды года (оценка прочности существующих дорожных конструкций, выявление участков пучинообразования, выявление особенностей поверхностного водоотвода, изучение условий пропуска паводков мостовыми переходами и условий зимней эксплуатации автомобильной дороги).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

На дорогах с высокой интенсивностью движения для производства изыскательских работ выбирают периоды суток, приуроченные к часам спада интенсивности движения.

Перед началом работ на полотне дороги с обеих сторон от места их производства устанавливают предупреждающие знаки «Дорожные работы», а также переносные барьеры, перекрывающие те полосы движения, на которых предполагается производство полевых работ. Все необходимые для производства измерительных работ приборы и оборудование размещаются по возможности за пределами дорожного полотна. Автомобили, перевозящие людей и оборудование, размещают на обочинах, площадках отдыха, а при наличии съездов и полевых дорог - за пределами полосы отвода.

Полевые изыскательские работы для разработки проектов реконструкции на участках использования существующего дорожного полотна начинают с восстановления трассы существующей дороги и определения ее параметров.

Для определения параметров закруглений производят крупномасштабную съемку полотна реконструируемой дороги и проезжей части и, вычертив в камеральных условиях топографический план, графически устанавливают положение прямых участков трассы, на продолжении их вершин углов определяют величины углов поворота q и, измерив графически величины биссектрис $Б$, устанавливают параметры закруглений по формуле:

$$R = \frac{Б}{\sec\frac{\vartheta}{2} - 1}.$$

Промеры линий и разбивку пикетажа ведут по правой бровке дороги по ходу километража, указывая на сторожках и в пикетажном журнале расстояние до оси дороги. При разбивке пикетажа на существующих дорогах, помимо использования традиционных мерных приборов (землемерных лент, рулеток, светодальномеров и т.д.), весьма эффективным оказывается применение измерительных колес (полевых курвиметров) (рис. 21.2).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru



Рис. 21.2. Измерительные колеса (полевые курвиметры):
а - дорожное колесо пластиковое; б - дорожное мини-колесо SK3

Закрепление восстановленной трассы целесообразно осуществлять, как правило, привязкой к постоянным предметам придорожной полосы (дорожные знаки, опоры линий связи, оголовки труб и т.д.).

При выполнении продольного нивелирования для получения продольного профиля по оси существующей дороги пикеты по бровке существующего полотна дороги принимают в качестве связующих точек, а пикеты и характерные (плюсовые) точки по оси трассы - в качестве промежуточных.

Съемку поперечников земляного полотна осуществляют в пределах полосы, необходимой для проектирования уширения существующего земляного полотна и системы поверхностного дорожного водоотвода с шагом 50-100 м. Съемку поперечников проезжей части осуществляют геометрическим нивелированием либо электронными безотражательными тахеометрами (рис. 21.3) с шагом 10-20 м. В пределах каждого поперечника проезжей части следует брать не менее 5-7 точек. Для этих же целей весьма эффективно использовать лазерное сканирование.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

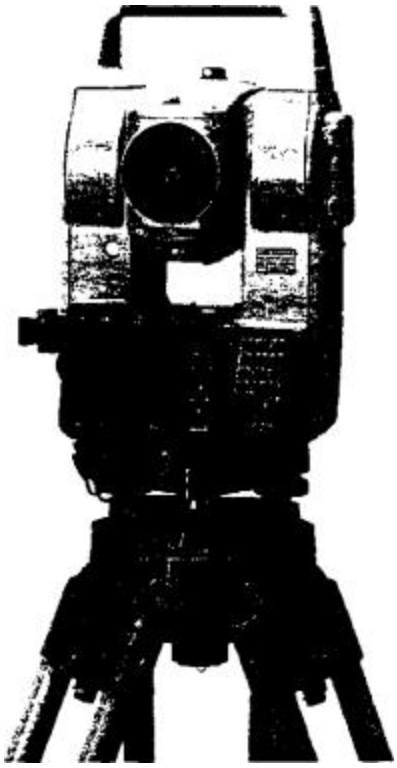


Рис. 21.3. Безотражательный электронный тахеометр Sokkia SET 030R3

При съемке земляного полотна и проезжей части существующих автомобильных дорог находят широкое применение технологии спутниковой навигации и приемники «GPS» (рис. 21.4).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru



Рис. 21.4. Интегральный мобильный GPS-приемник 5800

Большое значение имеет обследование существующей системы поверхностного дорожного водоотвода. Необходимо выявлять места застоев воды, размывов канав и русел и устанавливать причины их возникновения.

В случаях, когда возникают сомнения в правильности назначения отверстий существующих мостов и труб, должны быть собраны все необходимые данные для выполнения контрольных расчетов по определению величин расчетного стока (максимальных расходов и объемов стока) и для гидравлических расчетов отверстий водопропускных сооружений с учетом аккумуляции. В связи с этим необходимо уделять особое внимание установлению схем мостов, отверстий труб,

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

состоянию регуляционных и укрепительных сооружений, отводящих и подводящих русел и т.д.

Для проведения инженерно-геологических и гидрогеологических обследований на обочинах закладывают шурфы и буровые скважины. Скважины должны проходить через существующую насыпь и заглубляться не менее чем на 1 м в грунт основания. Обычно на 1 км существующей дороги закладывают не менее двух геологических выработок. При проведении инженерно-геологических обследований на современном этапе является весьма эффективным использование радиолокационных методов разведки (георадаров), а также других методов геофизической разведки.

Самостоятельным разделом изысканий для составления проектов реконструкции автомобильных дорог является обследование полосы отвода (существующие предметы и объекты на полосе отвода, съезды, примыкающие полевые дороги и т.д.).

21.3. Реконструкция автомобильных дорог в плане и продольном профиле

Любое вынужденное изменение плана и продольного профиля реконструируемой автомобильной дороги сопряжено с необходимостью существенного увеличения объемов инвестиций в дорожное строительство, поэтому каждое такое изменение должно быть обосновано соответствующими технико-экономическими расчетами.

Необходимость исправления плана и продольного профиля трассы автомобильных дорог при их реконструкции возникает чаще всего в связи со следующим:

несоответствием существующих радиусов кривых в плане и продольном профиле регламентированным действующими нормами проектирования минимальным параметрам закруглений для дороги той категории, по которой в обосновании инвестиций рекомендовано реконструировать существующую дорогу;

необходимостью устранения излишней извилистости трассы и волнистости в продольном профиле («биения трассы»);

целесообразностью устранения на участках дороги с повышенной аварийностью неудачных сочетаний элементов плана и продольного профиля, дезориентирующих водителей в части ожидаемого направления движения;

необходимостью исправления участков трассы существующей дороги при неудачном вписывании полотна ее в прилегающий ландшафт;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

необходимостью обхода крупных населенных пунктов;

целесообразностью улучшения условий пересечения водотоков, а также и существующих автомобильных и железных дорог;

необходимостью улучшения условий поверхностного водоотвода;

необходимостью обхода участков местности с трудными инженерно-геологическими условиями (болота, оползни, осыпи, карсты, просадочные грунты и т.д.), на которых накоплен предшествующий негативный опыт эксплуатации автомобильной дороги.

Учитывая, что понятие «реконструкции» автомобильной дороги предполагает обязательный перевод реконструируемой автомобильной дороги в дорогу более высокой категории, то проектирование ее ведут по более жестким техническим нормам (при больших минимальных радиусах кривых в плане и продольном профиле, меньших значениях предельно допустимых продольных уклонов, больших значениях требуемых модулей упругости дорожных конструкций и т.д.). Уже только одно это условие в большинстве случаев делает невозможным следование на всем протяжении плану и профилю существующей автомобильной дороги, полное использование полотна существующей дороги, дорожных конструкций и полосы отвода. Выполнение этих противоречивых условий - максимального приближения плана и профиля реконструируемой дороги к существующей при существенном улучшении параметров плана и продольного профиля при максимальном использовании существующих дорожных конструкций, наиболее эффективно решается при современном системном автоматизированном проектировании с использованием принципов «свободной геометрии». Наиболее эффективно эта задача решается в рамках системы автоматизированного проектирования CAD «IndorCAD/Road» (см. главу 27), в рамках которой план и продольный профиль реконструируемых дорог решается в едином классе гибких функций Безье или трехмерных сплайнов.

Излишняя извилистость трасс реконструируемых автомобильных дорог в ряде случаев вызвана целым комплексом причин: многоэтапным последовательным улучшением дорог низших категорий с переводом их в более высокие; недостаточной мощностью дорожно-строительных организаций в период реконструкции; в результате изменения функций дороги (например, при переводе местных и областных дорог в статус федеральных) и условий перевозок и т.д. Поскольку излишняя извилистость трассы вызывает перепробеги автомобилей, снижение скорости перевозок и является причиной повышенной аварийности на дороге (см. главу 9), исключение излишней извилистости трасс является одной из обязательных задач реконструкции (рис. 21.5). Брошенные участки автомобильных дорог, если их не предполагается использовать в качестве площадок отдыха или подъездов к населенным пунктам, подлежат разборке, а занимаемые ими земли -

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

рекультивации с последующим их возвращением сельскохозяйственным организациям и фермам.

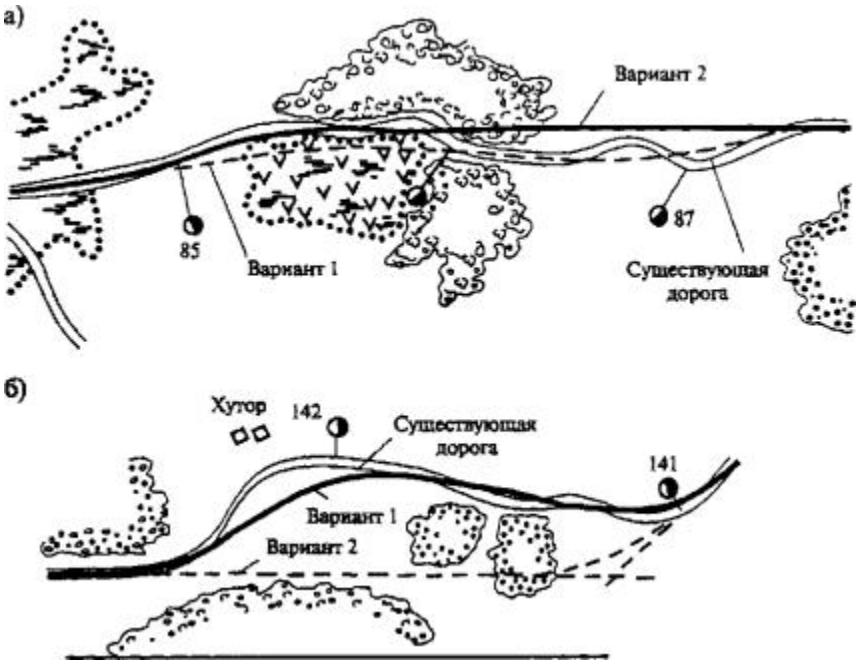


Рис. 21.5. Варианты исправления трассы дороги в плане:
а - на прямом участке трассы; б - на сопряжении кривых

Аналогичным образом приходится существенно корректировать план и продольный профиль трассы на участках неудачного сочетания плана и продольного профиля автомобильных дорог, дезориентирующих водителей в части дальнейшего направления трассы за пределами фактической видимости, а также в случаях неудачного вписывания полотна дороги в прилегающий ландшафт (см. главу 9).

На участках прохождения реконструируемых дорог по населенным пунктам, в связи с закономерным ростом интенсивности движения, год от года условия движения становятся все более напряженными: снижается скорость транспортных потоков, растет аварийность, растет негативное влияние транспортных потоков на экологию придорожной полосы и расположенные там жилые объекты и т.д. В связи с этим, на участках прохождения дорог по населенным пунктам всегда приходится рассматривать варианты их обхода реконструируемой дорогой, в подавляющем большинстве случаев в пользу строительства по новому направлению.

На участках реконструируемых автомобильных дорог часто встречаются пересечения других автомобильных и железных дорог в одном уровне. На старых автомобильных дорогах нередко встречаются участки, где такие пересечения встречаются на близком расстоянии. Путем спрямления реконструируемой дороги удается сократить число таких пересечений, а целесообразность строительства

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

пересечений в разных уровнях обосновывают путем технико-экономических сравнений вариантов.

На участках существующих автомобильных дорог с неблагоприятными грунтовыми, геологическими и гидрогеологическими условиями, с необеспеченным поверхностным водоотводом (оползни, осыпи, пучинообразования, снегозаносы и т.д.) рассматривают варианты обхода этих участков, либо путем изменения проектной линии продольного профиля. При этом, все изменения проектной линии продольного профиля связаны с неизбежной перестройкой на значительном протяжении существующих покрытий с существенной потерей материалов, с необходимостью перестройки водопропускных труб, мостов и путепроводов.

21.4. Земляное полотно при реконструкции автомобильных дорог

Реконструкция автомобильных дорог всегда бывает сопряжена с необходимостью выполнения определенных объемов земляных работ, связанных: с уширением земляного полотна (особенно при реконструкции двухполосных дорог до параметров I и Iб категории), углублением выемок и повышением высоты насыпей.

Земляные работы при реконструкции существующего земляного полотна обычно сопряжены с известными трудностями их выполнения, заключающимися: в неравномерности их объемов по длине реконструируемой трассы; необходимости обеспечения надлежащего сопряжения вновь отсыпаемого земляного полотна со старым; необходимости отсыпки тонких слоев грунта на существующих откосах; сложности уплотнения присыпаемого грунта; необходимости в ряде случае нарезки ступеней на откосах существующего полотна. Грунт для отсыпки земляного полотна реконструируемой дороги обычно доставляют автовозкой из сосредоточенных резервов и грунтовых карьеров, поскольку использовать существующие придорожные резервы оказывается редко возможным.

В местах, где отсутствует необходимость изменения положения трассы в плане и продольном профиле и требуется только выполнить уширение земляного полотна и дорожной одежды используют несколько типовых решений, выбор наилучшего из которых зависит прежде всего от принятой конструкции дорожной одежды и способа ее уширения.

Возможны следующие случаи уширения существующих насыпей и выемок (рис. 21.6):

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

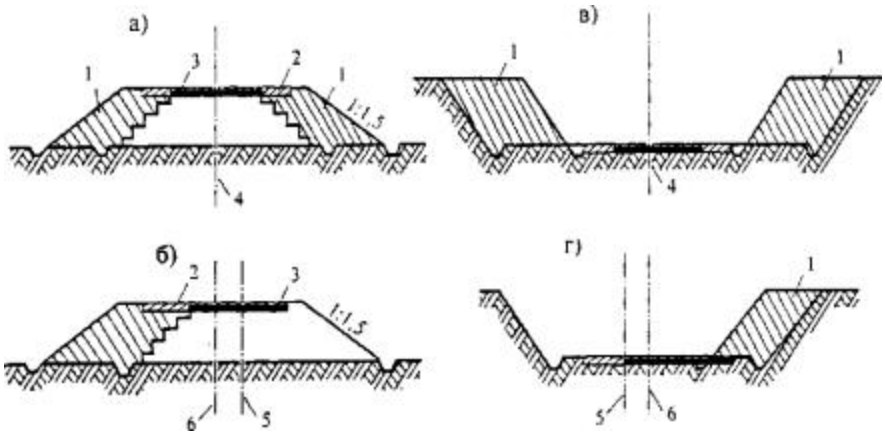


Рис. 21.6. Схемы уширения земляного полотна:
а, в - двустороннее симметричное; б, г - одностороннее;
1 - присыпной грунт; 2 - новое покрытие; 3 - существующее покрытие; 4 - ось дороги; 5 - ось старой дороги; 6 - ось уширенной дороги

1. Двустороннее уширение, при котором ось реконструируемой автомобильной дороги совмещают с осью существующей. При этом, приходится досыпать откосы насыпей (в ряде случаев с вынужденной засыпкой боковых канав и резервов) и срезать укрепленные откосы выемок. Существующая дорожная одежда при таком способе уширения полностью остается на прочном, уплотненном основании. Такой способ применим при относительно малых высотах насыпей.

Двустороннее уширение невысоких насыпей часто сочетают с устройством пологих откосов (1:5 - 1:6), обеспечивающих безопасный съезд потерявших управление автомобилей на придорожную полосу, а также лучшее обтекание насыпей снежно-ветровым потоком.

2. Одностороннее уширение, при котором ось реконструируемой дороги смещают в сторону от оси существующей. Особенность такого способа уширения состоит в том, что новая часть уширенной дорожной одежды оказывается частично расположенной на свеже отсыпанном грунте, которому трудно придать ту же степень уплотнения, как и на старом земляном полотне. Тем не менее при таком способе уширения оказывается проще организовать нарезку ступеней и хорошее уплотнение присыпаемого грунта.

3. На косогорных участках ось реконструируемой дороги, как правило, оказывается целесообразным смешать в сторону косогора, с тем чтобы земляное полотно уширялось за счет выемки, без использования присыпного грунта. Во всех случаях требуется проверка устойчивости подрезаемого откоса.

При больших уширениях, когда осуществляется перевод реконструируемой дороги в I категорию, новое направление движения оказывается целесообразным разместить самостоятельно по склону с использованием принципа «раздельного

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

трассирования». В пользу такого решения свидетельствует довод о простоте организации строительных работ, когда существующая дорога используется для двухстороннего движения на период строительства.

При любом способе уширения земляного полотна должно быть обеспечено хорошее сопряжение и уплотнение присыпаемого грунта и обеспечение совместной работы старой насыпи и новых частей земляного полотна.

Рациональное размещение оси нового полотна реконструируемой дороги относительно старого определяют на основе технико-экономического сравнения различных вариантов.

21.5. Дорожные одежды при реконструкции автомобильных дорог

При реконструкции дорог существующую старую дорожную одежду можно использовать различными способами. Самый простой из них, часто используемый при капитальных ремонтах, состоит в выравнивании существующего покрытия и усилении старой дорожной одежды без его уширения. Однако, поскольку реконструкция автомобильной дороги всегда предусматривает перевод ее в более высокую категорию, то практически всегда реконструкция предусматривает уширение земляного полотна и проезжей части.

Наиболее рациональный способ уширения дорожной одежды в большинстве случаев связывают с принятым способом уширения земляного полотна. Одностороннее уширение проезжей части с той же стороны, с которой производится уширение земляного полотна, вызывает смещение оси проезжей части и делает необходимым несимметричное усиление дорожной одежды по ширине проезжей части, что приводит к некоторому перерасходу асфальтобетона, связанному с созданием нового поперечного профиля. При уширений учитывают необходимость создания с каждой стороны проезжей части краевых полос шириною, в зависимости от категории дороги, 0,5-0,75 м.

В подавляющем большинстве случаев при реконструкции не удается ограничиться только уширением и усилением проезжей части. На ряде участков реконструируемой дороги приходится смягчать продольные уклоны и выравнивать пилообразную проектную линию, что требует соответствующего увеличения рабочих отметок на большую величину, чем необходимая толщина усиления одежды.

В таких случаях для упрощения производства работ новую дорожную одежду часто строят на «погребенной» старой, а в случае недостатка местных каменных материалов рассматривают варианты использования материалов старой дорожной одежды в конструкции новой.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

При реконструкции автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями или покрытиями с цементобетонными основаниями далеко не всегда оказывается целесообразным использовать старые цементобетонные покрытия в качестве оснований новых. Наличие многочисленных трещин, выбоин, околов кромок и швов и других разрушений не гарантирует однородную прочность новой дорожной одежды и провоцирует появление так называемых «отраженных» трещин. Кроме того, в ходе многолетней эксплуатации цементобетонных покрытий последние часто оказываются покрытыми трудноудаляемой масляной пленкой, которая препятствует хорошему сцеплению между старым цементобетонным и новым покрытием.

Тем не менее, в случаях, когда происходит использование старых цементобетонных покрытий в качестве оснований новых, последние устраивают по выравнивающему слою из черного песка толщиной 5-10 см для предотвращения появления «отраженных» трещин.

В тех же случаях, когда использование старых цементобетонных покрытий в качестве оснований новых оказывается нецелесообразным, для обеспечения нормальной работы новых дорожных покрытий старые дробят на куски перфораторами или бетоноломами и после удаления арматуры и уплотнения тяжелыми катками используют в качестве одного из конструктивных слоев новой одежды.

Старые асфальтобетонные покрытия также могут быть непосредственно использованы в качестве оснований новых, укладываемых, как правило, по выравнивающему слою из черного песка. В случаях сильной изношенности старых асфальтобетонных покрытий и слоев, обработанных органическими вяжущими, используют комплекты машин для регенерации старых асфальтобетонных покрытий с последующей их повторной укладкой на месте.

Усиление дорожных одежд, как правило, с одновременным выравниванием производят на основе детальной проверки конструкции и состояния существующей одежды дороги и расчетов необходимой толщины усиления. Расчеты ведут теми же методами, что и вновь строящиеся дорожные одежды, исходя из эквивалентного модуля упругости существующей конструкции, если она находится в удовлетворительном состоянии.

На старых дорогах, ранее подвергавшихся улучшению путем устройства усовершенствованных покрытий, прочность дорожной одежды часто меняется на относительно коротких участках. В этих случаях в ходе изысканий важно получить сведения о конструкции существующей дорожной одежды на отдельных участках и свойствах материалов отдельных ее слоев, а также об условиях работы дороги в периоды избыточного увлажнения. Для этого необходимо оценить общую прочность с помощью рычажных прогибомеров, либо с помощью установок

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

смонтированных на автомобилях и позволяющих непрерывно измерять прогибы дорожной одежды при проезде с малой скоростью.

Фактический общий модуль упругости существующей конструкции определяют по формуле:

$$E_{общ} = \frac{pD\left(1-\mu^2\right)}{l},$$ где

p - давление на покрытие;

l - упругий прогиб;

D - диаметр круга, равновеликого площади контакта автомобиля с покрытием;

m - коэффициент Пуассона, принимаемый равным 0,3.

Зная общий $E_{общ}$ и требуемый $E_{тр}$, модули упругости находят толщину дополнительного слоя усиления существующей дорожной конструкции.

На основе этих исследований вычерчивают эпюру прочности существующей дорожной одежды (рис. 21.7) и, показав на ней требуемый эквивалентный модуль упругости дорожной одежды, устанавливают участки, на которых требуется усиление существующей дорожной конструкции.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

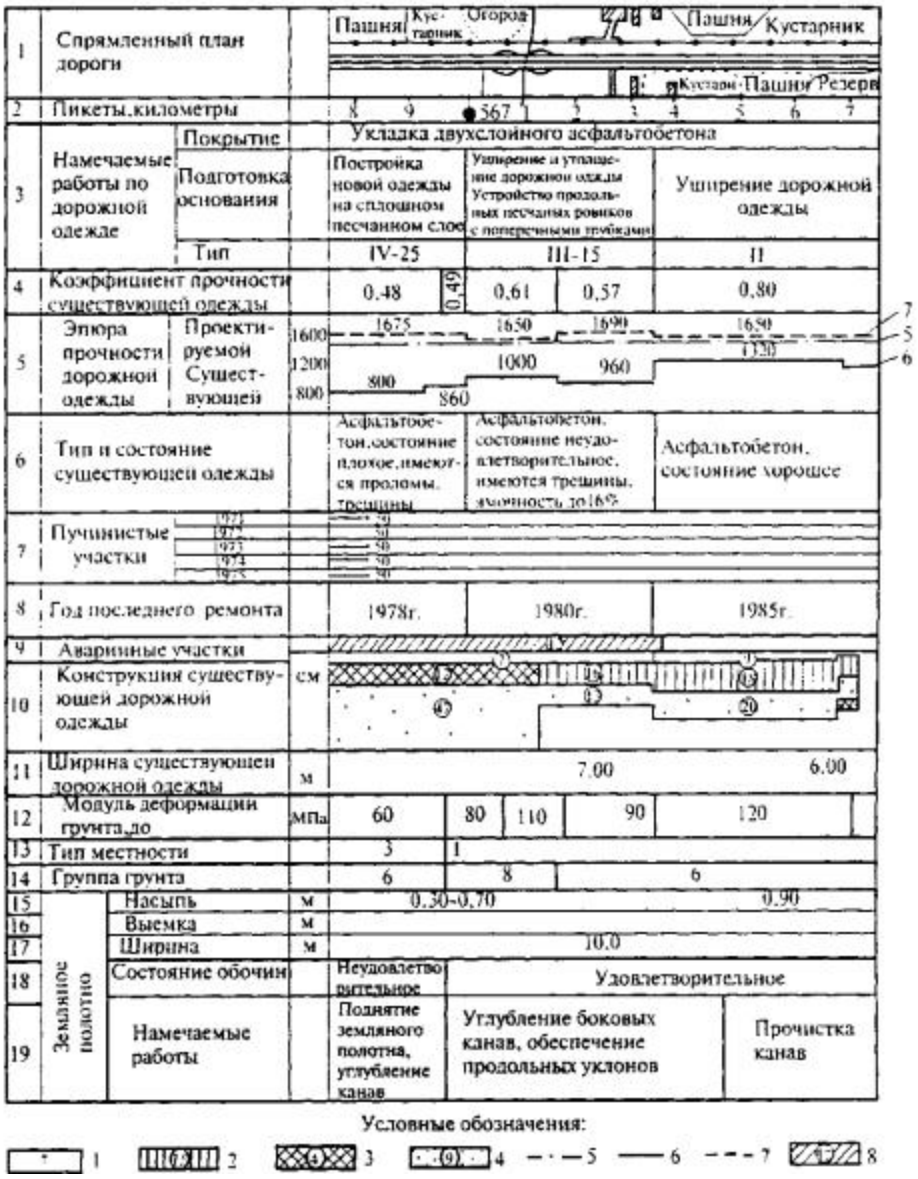


Рис. 21.7. Линейный график прочности дорожной одежды:
1 - асфальтобетон; 2 - мостовая; 3 - щебень; 4 - песок; 5 - требуемый модуль упругости, мПа; 6 - эквивалентный модуль упругости существующей дорожной одежды, мПа; 7 - эпюра прочности проектируемой дорожной одежды, мПа; 8 - аварийный участок и количество ДТП за последний год

Уширение дорожной одежды выполняют полосами, разбирая существующую конструкцию у кромок на ширину 10-20 см. На уширениях проектируют равнопрочную новую конструкцию с обязательным обеспечением водоотвода из дренирующих слоев существующей одежды.

Несмотря на существенные различия конструкции и состояние дорожной одежды по длине дороги, при реконструкции все же стремятся к использованию

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

однотипного оборудования, определенного вида применяемых материалов и технологических процессов.

21.6. Особенности организации работ при реконструкции автомобильных дорог

Условия организации работ при реконструкции и новом строительстве автомобильных дорог, как правило, весьма различны. Обоснованных рекомендаций по проектированию организации работ при реконструкции до настоящего времени не существует. Поэтому в проектах организации строительства и производства работ для реконструкции автомобильных дорог ряд принципиальных вопросов не находят правильного освещения или же вообще не рассматриваются.

Организация работ при реконструкции автомобильных дорог имеет следующие особенности:

необходимость обеспечения на период реконструкции удовлетворительных условий движения существующих транспортных потоков в ряде случаев значительной интенсивности;

невозможность использования для некоторых строительных операций обычной, серийно выпускаемой дорожно-строительной техники;

необходимость разработки и применения индивидуальных технологических схем;

в ряде случаев повышенная энергоемкость и, как следствие, повышенная себестоимость единицы объема строительных работ.

Перечисленные особенности и степень их учета при разработке проектов организации реконструкции в существенной степени влияет как на стоимость производства работ, так и на календарную их продолжительность.

Возможны несколько принципиальных вариантов организации работ при реконструкции.

1. Дорожно-строительная организация, обладающая необходимыми материально-техническими ресурсами, выполняет работы по реконструкции всего участка автомобильной дороги одним потоком. Скорость и направление строительного потока определяются технико-экономическими расчетами при экономическом обосновании инвестиций.

Мероприятия по дорожному обеспечению существующего движения выполняют эксплуатационные организации, обслуживавшие дорогу ранее, до начала реконструкции, кроме участков нового строительства и участков объезда мест

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

производства работ. В большинстве случаев этот вариант организации работ наиболее целесообразен при относительно небольшой протяженности реконструируемого участка автомобильной дороги и сроке реконструкции не превышающем 2-3 года.

2. При реконструкции автомобильной дороги большой протяженности и выполнении работ одной подрядной дорожно-строительной организацией в течение нескольких лет, целесообразно разделять дорогу по очередям строительства. К первым очередям строительства относят, прежде всего, те участки, на которых экономика несет наибольшие потери в результате несоответствия дорожных условий требованиям существующего движения.

Наличие участков с различной очередностью строительства, располагаемых часто в непоследовательном порядке, препятствует организации единого строительного потока. Дополнительные затраты, связанные с вынужденным рассредоточением материально-технических и трудовых ресурсов и необходимостью их передислокации с одного участка на другой, обычно окупаются выгодами, получаемыми в транспортной сфере благодаря первоочередной реконструкции опасных и убыточных для транспорта мест. Поэтому на автомагистралях большой протяженности в большинстве случаев ориентируются на поэтапную по очередям строительства схему организации работ при реконструкции.

3. Стадийное улучшение транспортно-эксплуатационных качеств дороги, выполняемое обычно непрерывно эксплуатационными организациями с относительно небольшими ежегодными затратами. Такой вариант реконструкции реализуют обычно при малых объемах финансирования и недостаточности материально-технических ресурсов.

Выбор той или иной схемы реконструкции в конечном счете определяется расчетами экономической эффективности инвестиций с учетом транспортно-эксплуатационных характеристик реконструируемой дороги, конкретных условий производства работ, объемами финансирования, характеристиками производственной базы и наличием материально-технических ресурсов*.

* При разработке настоящей главы автором были использованы материалы книги: Реконструкция автомобильных дорог/ Под ред. проф. В.Ф. Бабкова. - М.: «Транспорт», 1978. - 264 с.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

ГЛАВА 22. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

22.1. Цели и задачи проекта организации строительства

Нормативным документом рекомендательного характера, устанавливающим для добровольного применения общие правила ведения строительства, сложившиеся в практике и обусловленные действующим законодательством, является СНиП 12-01-2004. Организация строительства.

Нормативные положения данного документа содержат требования по подготовке строительного производства; определяют функции застройщика (заказчика) и подрядчика (генподрядчика); порядок передачи исполнителю работ утвержденной проектной документации, в том числе проекта организации строительства (ПОС); определяют порядок приемки законченного строительством объекта, а также перечень контрольных процедур оценки соответствия законченного строительством объекта требованиям действующего законодательства, проектной и нормативной документации.

Требования СНиП 12-01-2004 приобретают статус обязательных, если в договоре строительного подряда, заключаемого участниками строительства в соответствии с Гражданским кодексом Российской Федерации, имеется ссылка на применение настоящих строительных норм и правил при строительстве конкретного объекта.

Проект организации строительства разрабатывается на основе принятых проектных решений с учетом требований СНиП 12-01-2004, ведомостных нормативных документов, технических и технологических регламентов.

Состав и содержание проектных решений и документации в проекте организации строительства определяют в зависимости от вида и сложности объекта строительства.

ПОС должен способствовать своевременному вводу в действие объектов строительства с наименьшими затратами трудовых, материальных и топливно-энергетических ресурсов при высоком качестве объектов.

Проект организации строительства решает следующие задачи: создание инфраструктуры проектируемого строительства;

выбор и согласование источников получения основных дорожно-строительных материалов и конструкций и способов их транспортировки;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

календарное планирование строительства с определением продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений дороги в целом (согласно СНиП 1.04.03-85) и оптимальной последовательности строительства отдельных сооружений и конструкций проектируемой автомобильной дороги;

определение структуры машинного парка и численности отдельных видов дорожно-строительных и транспортных машин на каждый период (этап) строительства;

определение потребности в рабочей силе с выделением основных категорий работников;

решение вопросов отвода и рекультивации временно занимаемых земель и разработка мероприятий по охране окружающей среды.

При этом создание инфраструктуры строительства требует решения следующих вопросов:

оптимальное размещение элементов производственной базы строительства;

выбор железнодорожных станций или речных причалов для разгрузки материалов и конструкций и мест складирования доставляемых по железной дороге или водным путем материалов, изделий и полуфабрикатов;

разработка и создание временной транспортной сети, обеспечивающей в любых климатических и погодных условиях бесперебойную доставку материалов, изделий и полуфабрикатов на базы переработки материалов и приготовления цементобетонных, асфальтобетонных, пескоцементных смесей, а также материалов, изделий и полуфабрикатов с производственных баз, площадок разгрузки, мест складирования на трассу, к непосредственному месту производства работ;

размещение временных жилых поселков строителей с привязкой их к существующей транспортной сети, источникам водоснабжения, теплоснабжения, энергоснабжения и обеспечением их необходимыми культурно бытовыми и медицинскими услугами;

создание устойчивой диспетчерской связи между различными подразделениями строительных организаций, задействованных на данном объекте строительства, а также обеспечение ею всех структур производственной базы (заводов по приготовлению цементобетонных, асфальтобетонных и пескоцементных смесей, станций и причалов разгрузки, мест складирования материалов, крупных резервов грунта и карьеров и т.д.) и мест (фронтов) производства строительных работ.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Временная транспортная сеть (схема), способы транспортировки строительных грузов, схема расположения притрассовых и прирельсовых ЦБЗ и АБЗ, железнодорожных станций и причалов, площадок складирования и их количество должны отвечать требованиям минимальных дисконтированных затрат на ее создание и выполнение строительно-монтажных работ.

Проект организации строительства объекта разрабатывается на полный объем строительных работ, предусмотренный проектом.

Обоснования всех потребностей и затрат должны содержать решения по источникам их покрытия. Кроме того, в проекте организации строительства должны быть приведены следующие технико-экономические данные:

ведомости объемов СМР по следующим главам проекта автомобильной дороги: глава 1. Подготовка территории строительства; глава 2. Земляное полотно; глава 3. Дорожная одежда; глава 4. Искусственные сооружения; глава 5. Пересечения и примыкания; глава 6. Дорожные устройства и обстановка дороги; глава 7. Дорожная и автотранспортная службы; глава 8. Подъезды; глава 9. Временные здания и сооружения;

расчет средних дальностей возки дорожно-строительных материалов, товарных смесей и конструкций с железнодорожных станций или портов разгрузки к площадкам складирования на трассу, а также средних дальностей возки или перемещения грунта из сосредоточенных или притрассовых резервов в земляное полотно строящейся автомобильной дороги;

справка на определение размера удорожания при перевозке автомобильным транспортом местных материалов по грунтовым дорогам в период бездорожья в связи с повышением тарифов на перевозки, а также определение протяженности грунтовых дорог, по которым планируется доставка местных дорожно-строительных материалов;

объемы земляных работ, выполняемых в зимнее время, для разделения общих объемов перемещаемых земляных масс на дренирующие грунты, скальные и связные;

справка по видам источников электроэнергии с выделением в ней части электроэнергии, получаемой от передвижных электростанций;

справка для расчета затрат на транспортирование привозных материалов:

справка для расчета затрат на содержание и восстановление после окончания строительства действующих постоянных автомобильных дорог и автомобильных дорог, сооружаемых поданному проекту;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

справка на проведение противопаводковых мероприятий;

в случаях строительства автомобильной дороги в суровых природно-климатических зонах, учитываются особые условия производства работ в районе проектируемой автомобильной дороги (районы Крайнего Севера, высокогорные, безводные и т.д.);

справка о балансовой стоимости сносимых зданий и сооружений.

Исходные данные для разработки ПОС включают в свой состав:

исходные проектные данные, представляемые в установленном порядке заказчиком генеральной проектной организации с утвержденным заданием на разработку проекта (рабочего проекта) автомобильной дороги;

информацию, получаемую в ходе сбора дополнительных исходных данных, самой проектной организацией при выполнении инженерных изысканий и согласований по организации строительства, а также обзора оценки условий прохождения трассы проектируемой автомобильной дороги.

Состав исходных материалов для разработки ПОС определяется требованиями СНиП 12-01-2004 «Организация строительства».

22.2. Строительный генеральный план

Одним из основных документов ПОС является строительный генеральный план. Разработку строительного генерального плана (рис. 22.1) ведут в такой последовательности:

на план трассы дороги (взятый за основу из раздела 1 проекта) наносят все расположенные в районе строительства постоянные действующие пути сообщения: автомобильные и железные дороги, водные пути с находящимися на них транспортными узлами, железнодорожными станциями, причалами и площадками, пригодными для разгрузки и складирования материалов, изделий и конструкции;

определяют оптимальный перечень используемых в ходе строительства железнодорожных станций и причалов, намечают рациональное, подтвержденное расчетами экономической эффективности расположение временных производственных баз (притрассовых или прирельсовых), зданий и сооружений, жилых поселков строителей;

трассируют временные подъездные дороги, соединяющие постоянные действующие автомобильные дороги, железнодорожные станции, площадки складирования материалов и конструкции, причалы, временные заводы по приготовлению цементобетонных и асфальтобетонных смесей, карьеры,

сосредоточенные резервы грунта, временные сооружения по содержанию и ремонту дорожно-строительной техники, жилые поселки строителей с проектируемой дорогой, а также временные проезды вдоль ее трассы;

в случае прохождения трассы проектируемой дороги по территории нескольких административных территорий или областей обозначают их границы, как и границы высокогорных районов, районов Крайнего Севера и т.д.;

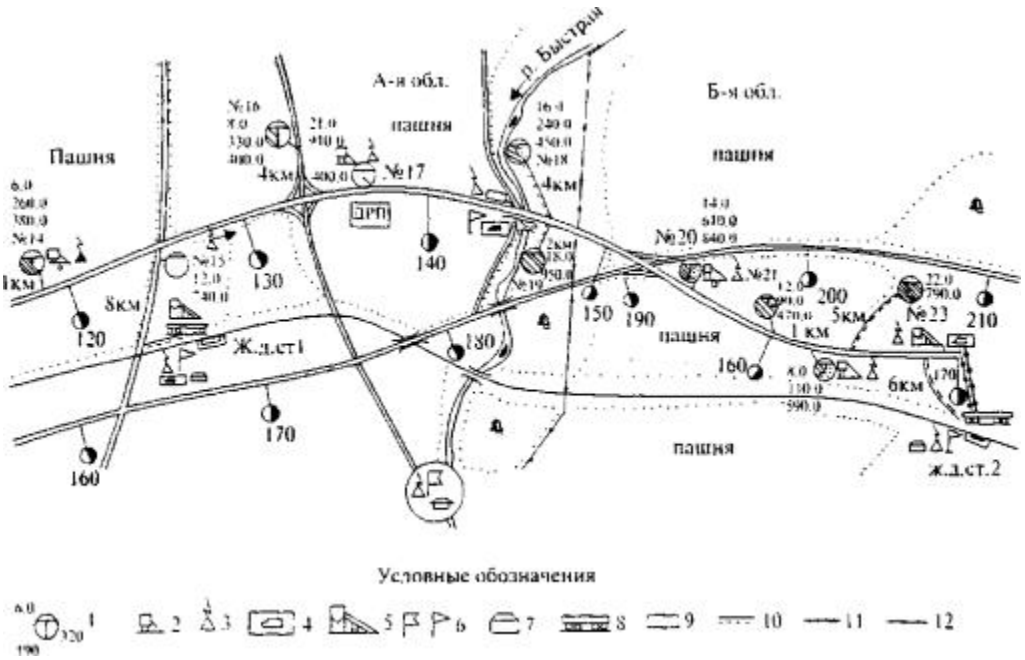


Рис. 22.1. Строительный генеральный план:
1 - сосредоточенный резерв грунта (цифры и условные обозначения показывают: объемы вскрышных работ, тыс. $м^3$; 2 - грунтосмесительная установка: 3 - средства оперативной связи; 4 - автоколонна; 5 - завод по приготовлению цементобетонной (асфальтобетонной) смеси; 6 - строительные подразделения; 7 - жилой поселок строителей; 8 - железнодорожная станция разгрузки; 9 - площадка складирования строительных материалов и конструкций; 10 - временные дороги и их протяжение; 11 - временный водопровод; 12 - временные линии энергоснабжения

определяют места расположения (дислокации) управлений строительства, прорабских участков, механизированных колонн;

наносят пункты диспетчерской связи между различными подразделениями строительных организаций.

22.3. Календарный план строительства

Первым этапом построения календарного плана строительства является определение продолжительности строительства. Регламентирующим документом в

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

этом случае является СНиП 1.04.03-85. Далее устанавливают сроки и очередность строительства временных баз, подъездных железных и автомобильных дорог, проведения работ подготовительного периода на трассе, строительства искусственных сооружений, возведения земляного полотна, устройства дорожной одежды, строительства комплексов дорожно-эксплуатационной службы, временного и постоянного жилья и т.д. с разбивкой объемов работ по годам строительства.

При разработке календарного плана строительства необходимо исходить из того, что он является директивным документом, управляющим длительным и сложным процессом строительства автомобильной дороги, поэтому форма воплощения этого плана как системы управления играет важную роль в его эффективности. Существующие системы управления можно классифицировать по видам моделей:

использующих линейные модели;

использующих сетевые модели.

Процесс управления становится наиболее наглядным, если объект управления представить в виде модели, объективно отражающей все его состояния и изменения. Наиболее доступными методами создания модели на этапе разработки Инженерного проекта (Рабочей документации) автомобильной дороги являются графические методы. Широкое распространение среди этих методов по своей простоте и доступности нашли ленточные диаграммы Ганта и линейные календарные планы. Однако и те и другие отличаются слишком условными способами передачи временных и, что особенно важно, технологических зависимостей между отдельными производственными процессами и операциями. Их характеризуют строго статические изображения технологических и организационных решений, что приводит к утере практического значения этих моделей и к многократным их переделкам и пересчетам с целью сохранения их эффективности. Недостатки упомянутых выше моделей привели к необходимости создания новых графических способов отображения технологических и организационных решений, а именно к созданию сетевых моделей производственных процессов, отличающихся высокой адекватностью моделируемым системам и устойчивостью к корректировкам планов и изменяющимся условиям.

Сегодня существуют две основные сетевые системы:

CPM (Critical Path Method) - метод критического пути;

PERT (Program evolution and review technique) - техника обзора и оценки программ, известная под названием ПЕРТ и имеющая наибольшее распространение в нашей стране. В модифицированном виде эта система, получившая название СПУ

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

(сетевое планирование и управление), предназначена для выявления и использования резервов времени и материальных ресурсов, прогнозирования и предупреждения возможных срывов в ходе выполнения работ, достоинством системы СПУ является высокая объективность планирования, большая степень оперативности и создание условий для быстрого и эффективного руководства. Применение компьютерной техники для обработки информации, предоставляемой системой СПУ, значительно повышает возможности управления строительным процессом за счет оперативного анализа и прогноза последствий, вызываемых планируемым или случайным изменением сроков, технологической последовательности выполнения отдельных операций и перераспределения ресурсов.

Таким образом, при разработке календарного плана возможно использование любой из трех упомянутых систем планирования и управления:

при проектировании несложных, небольшой протяженности автомобильных дорог и продолжительности работ до 1 года целесообразно в качестве календарного плана строительства использовать ленточные диаграммы Ганга;

при проектировании автомобильных дорог средней сложности, планируемых к строительству силами одного строительного подразделения и отсутствии многочисленных и трудоемких работ по переносу и переустройству инженерных сооружений с привлечением сторонних специализированных организаций и при продолжительности строительства до 2 лет, календарный план строительства может быть разработан в виде линейного календарного графика;

при проектировании автомобильных дорог повышенной сложности, планируемых к строительству несколькими дорожно-строительными организациями с привлечением к выполнению строительно-монтажных работ (СМР) большого числа специализированных организаций для осуществления строительства мостов, путепроводов, переноса зданий, переустройства различных инженерных сооружений и при продолжительности строительства более 2 лет, целесообразно использовать в качестве календарного плана строительства сетевые графики, на стадии Инженерного проекта укрупненные, а на стадии Рабочей документации - развернутые, «сшитые» из нескольких частных сетевых графиков на каждый отдельный объект строительства.

Ниже приводятся примеры календарных планов строительства.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru



Рис. 22.2. Ленточная диаграмма (на диаграмме показаны даты начала и окончания работ)

Ленточная диаграмма Ганга. График в виде ленточной диаграммы (рис. 22.2) предполагает ограниченное количество работ, выполняемых в относительно короткие сроки. При увеличении числа работ (строк) в ленточной диаграмме до нескольких десятков и длительных сроках производства СМР диаграмма вызывает ощутимые осложнения в восприятии общей картины строительного процесса, лишает возможности увязки технологических последовательностей выполнения отдельных операций. К тому же на ленточной диаграмме отсутствуют явные физические адреса мест производства работ.

К достоинствам ленточной диаграммы можно отнести возможность построения в масштабе времени различных графиков (эпюр), отражающих потребность строительства в трудовых и материальных ресурсах, основных строительных машинах, транспортных средствах и т.д. Расположенные одна под другой, такие эпюры позволяют, хотя и со значительными трудозатратами, оптимизировать строительные процессы по ряду важных параметров:

по трудозатратам, а значит, и по потребности в рабочих кадрах;

по потребности в транспортных средствах;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

по потребности в материалах, изделиях и конструкциях для согласования с принятой периодичностью их поставок сторонними организациями;

по потребности в строительных машинах для обеспечения установленного по ведомству коэффициента сменности их эксплуатации и равномерной и оптимальной занятости парка строительных машин и т.д.

Однако даже небольшие отклонения сроков начала работ или срывы из-за погодных условий, задержки поставок материалов и конструкций, выхода из строя машин и транспортных средств делают ленточную диаграмму не пригодной к дальнейшему использованию и требуют ее серьезных корректировок, а на практике - составлению заново.

Линейный календарный график. Построение календарного плана строительства в форме линейного календарного графика (рис. 22.3) позволяет представить уже большее количество процессов, поскольку каждый из воспроизводимых на графике процессов представлен одной линией, хотя и здесь иногда приходится прибегать к некоторым искусственным приемам для достижения наглядности. В отличие от ленточной модели линейная строится в двух осях и графически увязывается со схематическим планом трассы - упрощенным строительным генеральным планом, где трассу представляют в виде масштабной прямой линии в окружении всех (временных и постоянных) инженерных сооружений и сетей. Это обстоятельство значительно повышает уровень восприятия информации всех изображенных на графике технологических и организационных решений с увязкой с физическим адресом СМР.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

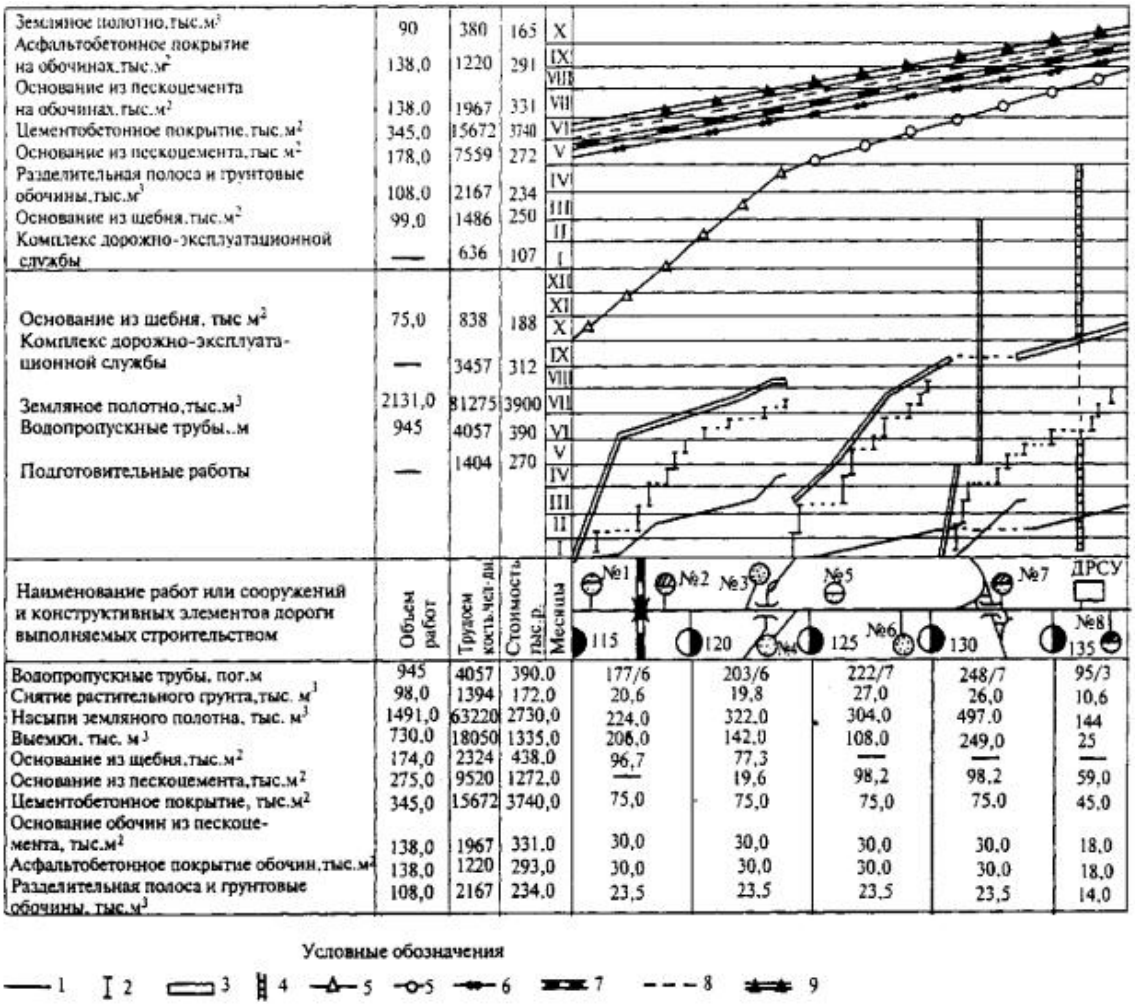


Рис. 22.3. Линейный календарный график организации строительства автомобильной дороги:
1 - подготовительные работы; 2 - строительство водопропускных труб; 3 - возведение насыпей и разработка выемок; 4 - строительство комплекса дорожно-эксплуатационной службы; 5 - устройство основания из щебня и пескоцемента; 6 - устройство основания обочин; 7 - устройство цементобетонного покрытия; 8 - устройство разделительной полосы; 9 - устройство асфальтобетонного покрытия обочин

Линейный календарный график сохраняет свойства ленточной диаграммы по проведению графической оптимизации затрат по тем же параметрам производственного процесса: по трудозатратам; по потребности в основных строительных машинах; по потребности в транспортных средствах; по потребности в материалах, изделиях и конструкциях.

Однако эта форма представления календарного плана, как и предыдущая, отличается, как отмечалось выше, статичностью изображения технологических и

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

организационных решений, что при незначительных изменениях граничных условий построения модели приводит к ее полной практической непригодности.

Сетевой график. Воплощением календарного плана строительства автомобильной дороги в форме сетевой модели является сетевой график. Выше отмечались достоинства сетевых систем планирования и управления (СПУ).

На рис. 22.4 представлен пример построения сетевого графика и выполнения работ по разработке экскаватором грунта в резерве (выемке), транспортированию его на трассу строящейся дороги и отсыпке в земляное полотно с последующим уплотнением.

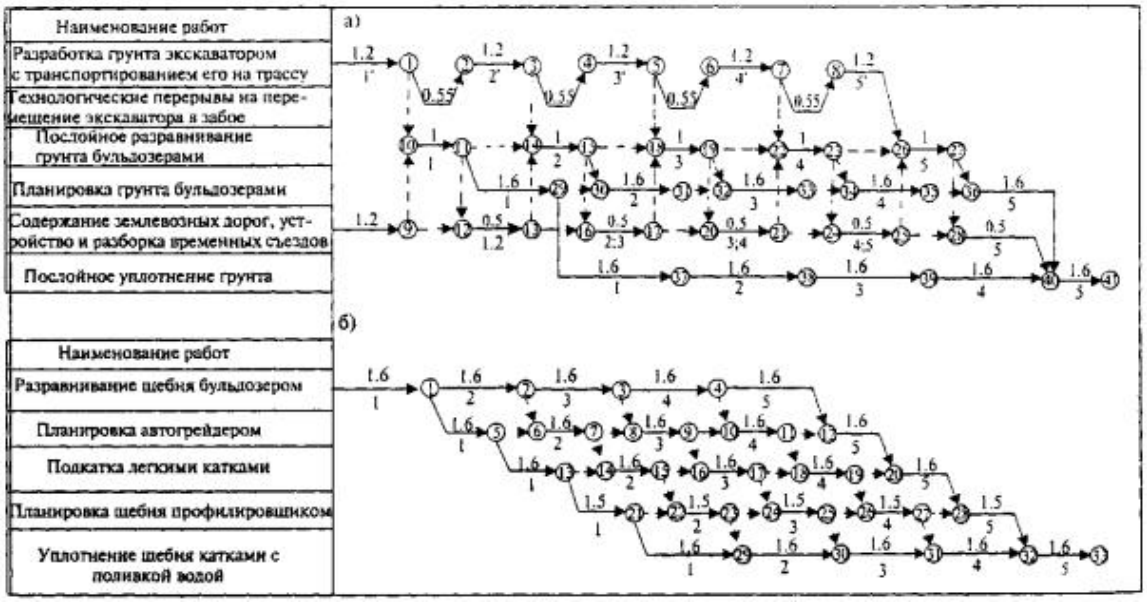


Рис. 22.4. Сетевой график выполнения работ:
а - по возведению земляного полотна из грунта, разрабатываемого в сосредоточенном резерве; б - по устройству щебеночного основания

Этот график, как и все сетевые графики на строительство отдельных сооружений автомобильной дороги, построен по так называемой «коридорной» схеме. Эта особенность построения сетевых графиков позволяет выделять в отдельные «коридоры» работы звеньев, отрядов, бригад, что в заметной степени облегчает планирование работ, выполняемых по принципу бригадного подряда. Кроме того, технологические характеристики поточных производственных процессов на строительстве автомобильной дороги (восстановление трассы, отсыпка земляного полотна, сооружение различных слоев дорожной одежды и пр.), предполагающие протяженные во времени и пространстве работы с их искусственным членением на участки или захватки, выполняемые одними и теми же механизмами, определяют предлагаемый характерный абрис сетевого графика.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

По такой же «коридорной» схеме построен график выполнения работ по устройству щебеночного основания (рис. 22.4, б).

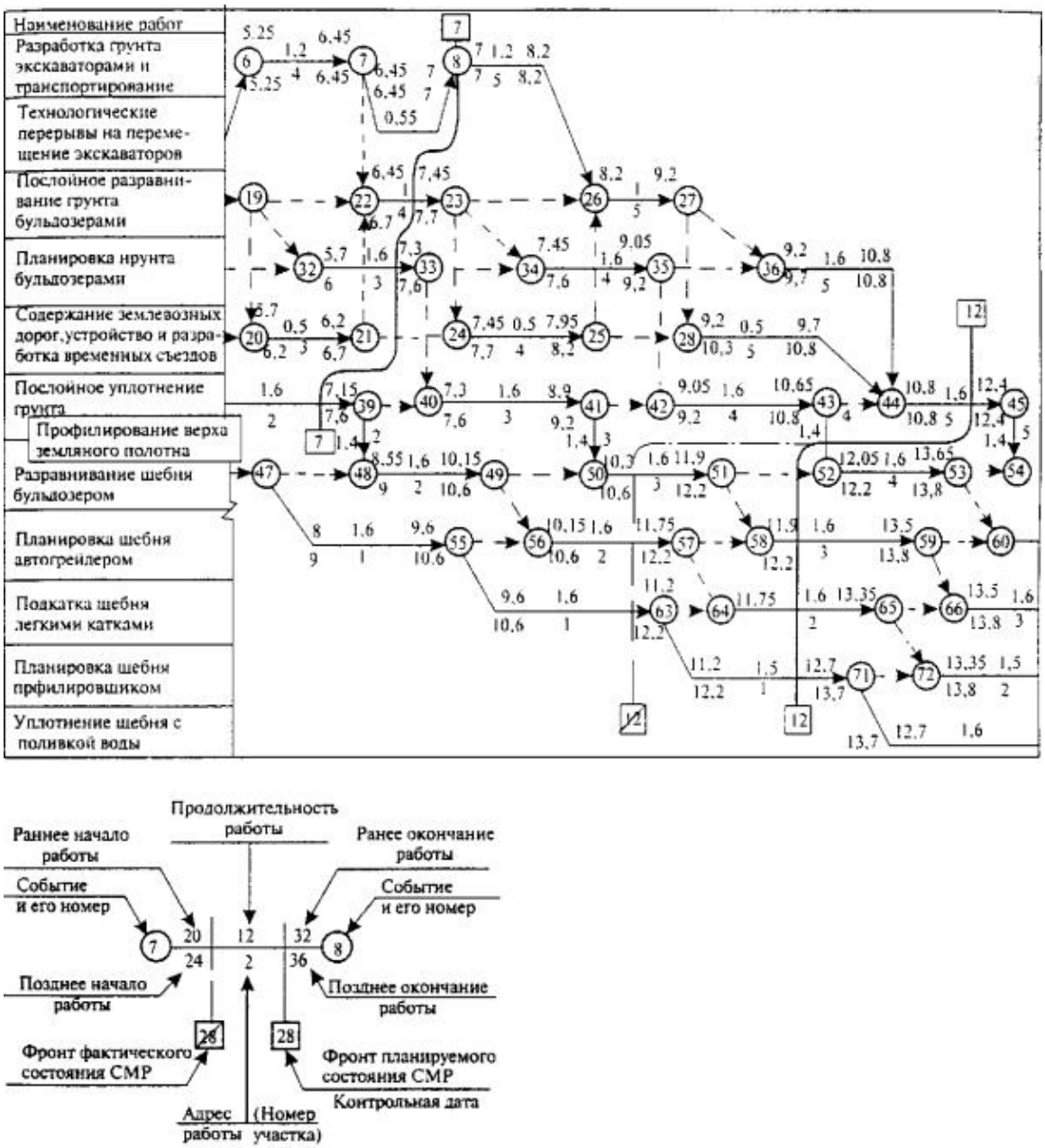


Рис. 22.5. Сетевой график организации строительства участка земляного полотна автомобильной дороги и устройства на нем щебеночного основания

На рис. 22.5 оба графика путем «сшивания» объединены в один общий сетевой график выполнения работ по возведению земляного полотна и устройству щебеночного основания (представлен фрагмент графика) - дан расчет продолжительности работ с определением по каждому участку или захватке

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

раннего и позднего начала работы и раннего и позднего окончания. Расчет сетевого графика выполнен на самом графике, что существенно увеличивает его информативность и упрощает работы по определению критических и напряженных путей графика и резервов времени как отдельных работ, так и целых путей. Расчет на графике в том виде, как он представлен на рис. 22.5, позволяет вести контроль за выполнением запланированных работ путем построения «фронтов» по контрольным календарным датам. С этой целью с помощью табл. 22.1 контрольная дата переводится в контрольную длину пути, далее на графике, построенном как в масштабе времени, так и без него, определяют участки всех путей с длиной, равной контрольной длине, т.е. соответствующей контрольной дате. Через концы найденных участков - контрольные точки проводят линию - фронт планируемого выполнения работ, который сравнивают с действительным состоянием работ на строящемся объекте. На рис. 22.5 построены фронты по планируемому состоянию работ на 7-ю и 12-ю смену (сутки, недели, декады и т.д.), обозначенные сплошной линией, и обозначенные пунктирной линией фронты фактического состояния работ, которые могут заметно отличаться в ту или другую сторону от планового. Сопоставление расчетного, определенного по плановому фронту состояния работ с фактическим состоянием работ на трассе строящейся дороги, последующие анализ и оценка ситуации предполагают принятие организационных и технологических решений в случае отставания работ от календарного плана строительства.

Таблица 22.1.

Пример определения календарных дат на 1989 г. подлине расчетного пути сетевого графика

Месяцы	Календарные даты и рабочие дни																									
	Календарные даты рабочих дней																									
Январь	2	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	18	19	20	21	22	23	25	26	27	28	29	30		
Февраль	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18	19	20	22	23	24	25	26	27	29		
Март	1	2	3	4	5	7	9	10	11	12	14	15	16	17	18	19	21	22	23	24	25	26	28	29	30	31	
...																											

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Номера рабочих дней	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Рабочие дни																										
Январь	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
Февраль	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50		
Март	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	
...																											

При возможных срывах, изменениях граничных условий производят пересчет графика и принимают организационные решения, исключающие изменение, как правило, в большую сторону длины критического пути, так как для последнего еще на начальном этапе разработки календарного плана - при определении продолжительности строительства дороги рассчитывают начало, длину и окончание.

Неизбежный в ходе строительства пересчет параметров сетевого графика без изменения топологии самой сети не представляет особых сложностей, так как расчет временных оценок графика, а именно они отличаются наименьшей устойчивостью в ходе строительства, при числе событий в системе СПУ до 500 легко реализуются вручную. Однако лучше, особенно для сетей с числом событий более 500, расчеты вести с использованием соответствующих компьютерных программ. Укрупненные сетевые модели, разрабатываемые в составе ПОС для автомобильных дорог с продолжительностью строительства до 4-5 лет, целесообразно выполнять с использованием банков данных и информационно-поисковых систем, что позволяет оперативно осуществлять пересчет временных оценок в ходе выполнения СМР и тем самым реализовать гибкость предлагаемой структуры календарного плана работ.

Еще одно важное свойство сетевых графиков - возможность изменения календарного плана по его основному параметру - времени с сохранением топологии сети, а также управления рядом других не менее существенных параметров процесса строительства автомобильной дороги, а именно стоимостью, ресурсами, технико-экономическими показателями. При этом меняется только

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

расчетная часть графика и сохраняется в неприкосновенности графическая часть - модель с управления. В связи с этим оперативное вмешательство в ход строительства можно осуществлять на любом уровне: в главном управлении, управлении строительства (тресте), в строительном управлении, в прорабском участке и т.д. Единственное условие такого вмешательства - сохранение соответствующих граничных условий для каждого уровня управления системой. Для главного управления это продолжительность строительства, стоимость СМР и т.д. На уровне строительного управления суживаются рамки системы, а граничные условия локальной сети определяются характеристиками тех узловых точек, по которым эта локальная сеть сшивается с объединенной системой СПУ.

Оптимизация сети по денежным ресурсам решает проблему упорядоченного распределения затрат во времени. Для оптимизации по денежным ресурсам на сеть, кроме временных оценок, выносят данные по себестоимости каждой работы (рис. 22.6, а).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

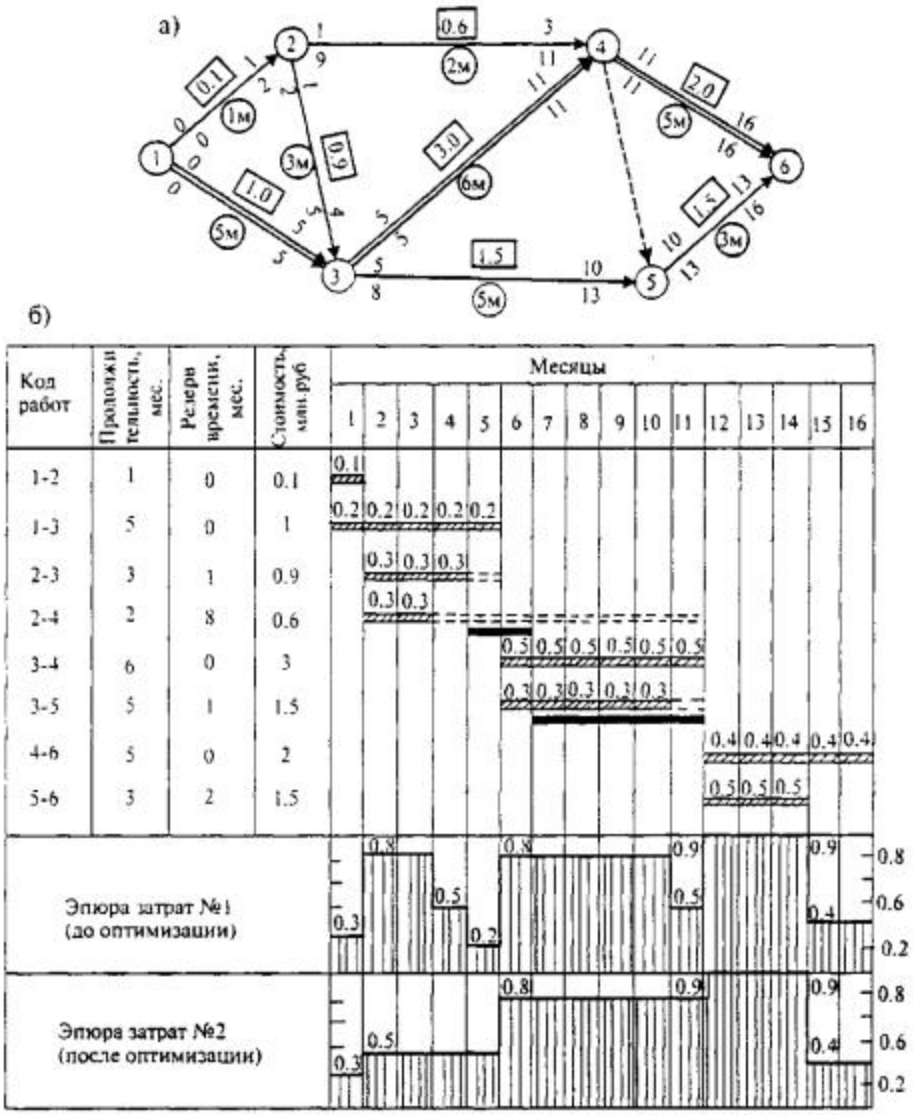


Рис. 22.6. Оптимизация сетевого графика по денежным затратам:
а - укрупненный сетевой график строительства объекта (в квадратах показана стоимость работ, млн. руб., а в кружках - продолжительность работы, мес); б - график распределения затрат

На укрупненной модели выполняют расчет временных оценок путей и определяют критический путь. На основе исходной сети строят график распределения затрат во времени (рис. 22.6, б), где пунктиром изображают резервы времени каждой работы. Под графиком в том же масштабе времени строят эпюру суммарных затрат, которая указывает на их сильные колебания от месяца к месяцу. Но достаточно передвинуть начало работы 2-4 на 3 месяца, а работы 3-5 на 1 месяц в пределах имеющихся резервов времени, определенных путем расчета сети, как положение меняется. Эпюра № 2 указывает на плавное нарастание затрат и полное отсутствие «провалов», характерных для эпюры № 1 на 5-м и 11-м месяцах работы.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Ограниченный размер условного сетевого графика заметно снижает эффект оптимизации, однако в реальных системах СПУ, где доля напряженных работ достигает 90 %, легко добиться требуемого распределения объемов работ в денежном выражении путем оптимизации сети по этому параметру.

22.4. Механизация дорожного строительства

При решении вопросов механизации дорожного строительства в проекте автомобильной дороги в первую очередь определяют оптимальный состав парка дорожно-строительных машин, механизмов и транспортных средств. Известные критерии оценки оптимальности структуры и состава парка дорожно-строительных машин при разработке ПОС должны быть согласованы с перечнем имеющихся в наличии у подрядной строительной организации дорожно-строительных машин и транспортных средств, нормами выработки для различных машин и видов работ в расчете на одну среднесписочную машину, а также увязаны с организационно-технологическими схемами, разработанными в составе ПОС, с учетом конкретных условий строительства и характеристик проектируемой дороги.

Ниже приведены некоторые данные по структуре парка машин, применяемых в дорожном строительстве:

Машины	Состав парка, %
Экскаваторы с ковшом вместимостью, $м^3$:	
до 0,65	28
0,65-1,0	58
1,25-1,6	13
более 1,6	1
ИТОГО	100
Скреперы прицепные с ковшом вместимостью, $м^3$:	

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

3	3
6	7
7	6
Скреперы самоходные с ковшом вместимостью, $м^3$:	
8	79
15	5
ИТОГО	100
Бульдозеры на тракторе тягового класса, кН:	
до 60	32
60	35
100	22
150	4
более 150	7
ИТОГО	100

В табл. 22.2 приведены нормы выработки некоторых типов машин. Рассматривая дальнейшее повышение уровня механизации дорожного строительства как одну из существенных задач, решаемых ПОС, необходимо иметь в виду постоянное насыщение отрасли высокопроизводительной техникой и обновление машинного

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

парка, повышение единичной мощности строительных и транспортных машин, внедрение новых, более совершенных их типов. Однако, решая вопрос структуры и состава парка строительных и транспортных машин, следует ориентироваться не только на экономические показатели эксплуатации принимаемых в проекте типов машин, но и на технологические возможности их применения на проектируемых объектах.

Таблица 22.2.

Годовая выработка ведущих машин

Машины	Характер нормирования	Норма выработки
Экскаваторы	На 1 $м^3$ ковша	106,5 тыс. $м^3$
Скреперы	На 1 $м^3$ ковша	6,1 тыс. $м^3$
Бульдозеры	На 1 машину (класса 100 кН)	39 тыс. $м^3$
Автотранспорт	На 1 среднесписочный автомобиль	28,6 тыс. т-км

Подобные соотношения характерны для ряда общестроительных машин - рост их мощности и производительности ведет к снижению стоимости производства работ и в то же время накладывает жесткие ограничения на возможность использования части таких машин в строительстве автомобильных дорог.

22.5. Машины для земляных работ

Машины для производства земляных работ на строительстве автомобильных дорог делят на три группы: землеройные, для уплотнения грунтов, для вспомогательных работ.

Классификация машин для земляных работ при строительстве автомобильных дорог:

I. Землеройные машины:

экскаваторы циклического действия (с гибкой или с жесткой подвеской рабочего оборудования);

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

экскаваторы непрерывного действия (роторные, цепные);

землеройно-транспортные машины (скреперы самоходные и прицепные, автогрейдеры, грейдеры, бульдозеры, грейдер-элеваторы);

II. Машины для уплотнения грунта:

статического действия (самоходные катки пневмоколесные и с металлическими вальцами; прицепные катки пневмоколесные, кулачковые, решетчатые);

динамического действия (вибрационные катки самоходные и прицепные, вибрационные плиты, трамбовочные машины).

III. Машины для вспомогательных работ экскаваторы - планировщики с телескопической стрелой;

кусторезы;

корчеватели;

рыхлители;

бурильно-крановые машины;

буровые машины.

Широкое применение в строительстве автомобильных дорог получили одноковшовые экскаваторы, как наиболее универсальные землеройные машины, пригодные к применению в самых различных грунтовых условиях. Задача организации земляных работ наиболее экономичным способом заключается в выборе одного или нескольких типов экскаваторов с учетом зависимостей, связывающих между собой вместимость ковша экскаватора, стоимость производства работ и наименьшую высоту забоя, которая определяется в свою очередь средней глубиной разрабатываемых выемок или резервов грунта.

После определения основных типов экскаваторов подбирают транспортные средства, исходя из принципа соответствия вместимости кузова (грузоподъемности) транспортного средства размерам рабочего органа (ковша) экскаватора.

Рекомендуемая грузоподъемность транспортных средств, обслуживающих экскаватор, в зависимости от типа экскаватора и дальности транспортирования приведена в табл. 22.3.

Таблица 22.3.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Рекомендуемая грузоподъемность автомобилей-самосвалов

Дальность транспортирования грунта, км	Грузоподъёмность автомобилей, т, в зависимости от вместимости ковша экскаватора, $м^3$					
	0,4	0,65	1	1,25	1,6	2,5
7	5	7	10	10	12	12
2	5	10	10	12	12	18
3	7	10	12	12	18	25
4	7	10	12	18	18	25
5	10	12	12	18	18	25

Необходимое число автомобилей-самосвалов в зависимости от вместимости ковша экскаватора и дальности транспортирования грунта приведено в табл. 22.4.

Таблица 22.4.

Число автомобилей-самосвалов на один экскаватор

Дальность транспортирования грунта, км	Вместимость ковша экскаватора, $м^3$										
	0,4	0,5-0,65		0,8			1-1,6		2-3		4-6
	Количество автомобилей-самосвалов грузоподъемностью, т										
	1,5	4,5	7	4,5	7	12	7	12	12	25	25

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

1	3	5	4	7	5	4	7	4	6	2	5
2	3	7	6	9	7	5	9	5	9	3	7
3	4	9	7	11	9	6	11	7	11	4	9
4	5	11	9	13	11	7	13	9	13	5	11
5	6	13	11	15	13	8	15	10	16	6	13
6	-	15	12	17	15	9	17	12	19	6	-
7	-	16	14	19	18	10	20	13	22	7	-
8	-	18	16	21	20	11	23	15	25	8	-
9	-	20	17	23	22	12	26	17	28	9	-
10	-	22	19	25	24	13	29	18	31	10	-

Особую группу среди экскаваторов составляют экскаваторы-планировщики. Они находят широкое применение на строительных работах как экскаваторы при небольших объемах и разнообразной номенклатуре работ. Набор сменного оборудования, которым оснащается их телескопическая стрела, позволяет:

с помощью погрузочного ковша осуществлять погрузку грунта, строительного мусора в транспортные средства;

планировочным ковшом осуществлять планировку откосов в недоступных для других механизмов местах и со значительно большей эффективностью и безопасностью работ, чем это можно делать с помощью драглайна;

отвалом и рыхлителем выполнять работы, связанные с разработкой незначительных объемов грунта, разгрузку грунта с открытых платформ;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

двухчелюстным захватом и крановым оборудованием механизировать погрузочно-разгрузочные работы со штучными грузами;

выполнять операции всем названным сменным оборудованием в стесненных и трудно доступных местах за счет использования специальной вставки для смещения оси копания.

На основных дорожно-строительных работах эти машины используют как планировщики - оборудование позволяет планировать откосы длиной до 9-11 м с одной стоянки. Организовав работу таким образом, что первый проход экскаватор осуществляет поверху земляного полотна, а второй вдоль основания откоса, можно планировать откосы длиной более 20 м с последующим разравниванием излишков Грунта или погрузкой его в транспортные средства для использования в насыпь (в этом случае выгоднее излишки грунта перемешать по откосу насыпи вверх).

Тип экскаватора-планировщика можно выбирать с использованием табл. 22.5.

Таблица 22.5.

Характеристики экскаваторов-планировщиков

Показатели	ЭО-2131А	ЭО-3332	Э-4010
Вместимость ковша, $м^3$	0,25	0,4	0,4
Наибольшая высота копания, м	3,4	5	4,5
Наибольшая глубина копания, м	2,9	3,9	3,4
Наибольший радиус копания, м	7,1	8,1	7,4
Сменные рабочие органы:			
погрузочный ковш	+	+	+
планировачный ковш	+	+	+

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

отвал	+	+	+
вставки для смещения оси копания	-	+	+
двухчелюстный захват	-	+	-
рыхлитель	-	-	+
кран	-	-	+
удлинители стрелы, м	1; 2	1,4; 2,8	1,2; 3,66

При выборе типов машин необходимо иметь в виду, что одноковшовые экскаваторы, выпускаемые промышленностью в настоящее время, получили новую индексацию.

Первая цифра новой индексации обозначает размерную группу экскаваторов:

Размерная группа.....1 2 3 4 5 6 7 8

Вместимость ковша, $м^3$.....0,15 0,25 0,40 0,65 1,00 2,50 4,00 > 4,00

Вторая цифра обозначает тип ходового устройства:

Тип.....Ходовое устройство

1.....Гусеничное

2.....Гусеничное уширение

3.....Пневмоколесное

4.....Специальное шасси автомобильного типа

5.....Шасси грузового автомобиля

6.....Тракторное

Третья цифра обозначает конструктивное исполнение рабочего оборудования:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Тип.....Исполнение рабочего оборудования

1.....С канатной подвеской

2.....С жесткой подвеской

3.....Телескопическое

Четвертая цифра обозначает порядковый номер модели данного типа и исполнения. При модернизации машины к индексу присоединяется одна из трех букв: А, Б, В.

Например, индекс экскаватора ЭО-5122 означает: экскаватор одноковшовый с вместимостью ковша 1 $м^3$ на гусеничном ходу, с жесткой подвеской рабочего органа, второй модели.

Скреперы относятся к группе, объединяющей землеройно-транспортные машины. Они могут быть прицепными, полуприцепными и самоходными. Применение скреперов обусловлено рядом условий, учитывающих особенности их эксплуатации:

ограниченные по сравнению с автомобильной возкой дальности транспортирования грунта;

необходимостью предварительного рыхления тяжелых и плотных грунтов;

потребностью в факторах-толкачах при работе в тяжелых грунтах;

невозможностью работы в сыпучих песках, в грунтах, содержащих крупные валуны, на переувлажненных и заболоченных грунтах и на грунтах, не очищенных от пней и корней.

Потребность в факторах-толкачах можно определить из табл. 22.6 в зависимости от типа скрепера и дальности транспортирования грунта.

Таблица 22.6.

Применение толкачей для обслуживания скреперов

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Расстояние транспортирования, м	Прицепные скреперы			Самоходные скреперы	
	Число скреперов, обслуживаемых одним толкачом, при вместимости ковша скрепера, $м^3$				
	2,85	6	8-10	8-10	15
100	2	2	2	-	-
200	3	4	3	2	-
400	4	4	3	3	3
500	4	5	4	3	4-5
750	-	5	6	4	7-8
1000	-	-	6	6	9-12

При разработке ПОС необходимо решать вопросы, связанные с определением предельной, целесообразной дальности транспортирования грунта скреперами, как альтернативы более дорогостоящим экскаваторным работам и возке грунта автомобилями. Это можно сделать путем построения графиков экономического сравнения двух способов разработки и транспортирования грунта, по которым определяют предельные дальности транспортирования в зависимости от типа скрепера и вместимости его ковша (табл. 22.7).

Таблица 22.7.

Предельные расстояния транспортирования груза скреперами

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Скреперы	Расстояние перемещения, м, при вместимости ковша, $м^3$					
	до 3	4	6	10	15	25
Прицепные	250	250-300	300-350	550-600	1000-1500	-
Самоходные	-	-	до 1000	1000-1500	1500-2000	2500-3000

Характеристики скреперов, находящихся в эксплуатации и выпускаемых промышленностью, приведены в табл. 22.8 и 22.9.

Таблица 22.8.

Прицепные скреперы

Показатель	ДЗ-30	ДЗ-33 (Д-569)	ДЗ-58 (Д-697)	ДЗ-111	ДЗ-12А (Д-374А)	ДЗ-20 (Д-498)	ДЗ-20Б (Д-498Б)	ДЗ-20В (Д-498 В)	ДЗ-77	ДЗ-23 (Д-511
Тягач:										
модель	Т-74-С9	ДТ-54-С2	Т-4П	Т-4АП2	Т-100МЗ	Т-100МЗГП		Т-130.1.Г-1		ДПТ-25
тяговый класс, кН	30	30	40	40	100	100		100		250
мощность двигателя, кВт	55	59	66	96	79	79		118		220,8
Вместимость ковша, $м^3$	3	3	4,5	4,5	6	7		7	8	15

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Толщина отсыпаемого слоя грунта, м	0,3	0,35	0,4	0,4	0,15-0,5	0,15-0,5	0,15-0,5	0,15-0,
Радиус поворота, м	2.7		-	5		6.5	7,5	-

Таблица 22.9.

Самоходные скреперы

Показатель	ДЗ-11П (Д-357М)	ДЗ-32 (Д-567)	ДЗ-13Щ-392)	ДЗ-115	ДЗ-67
Тягач:					
модель	МоАЗ-546П	МоАЗ-546		БелАЗ-53	
тяговый класс, кН	100	100	150	150	250
мощность двигателя, кВт	116	-	265	Двухмоторный 2´265	638
Вместимость ковша, $м^3$	8(10)	10	15	15(19)	25
Толщина отсыпаемого слоя грунта, м	0,47	0,5	0,5	0,5	0,55

Наиболее универсальной дорожно-строительной машиной является бульдозер. Основной задачей бульдозера является разработка и перемещение грунта на расстояния до 100 м. Перечень работ, выполняемых бульдозером при строительстве автомобильных дорог, чрезвычайно широк: съем и обвалование

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

растительного грунта, возведение насыпей из притрассовых резервов и разработка выемок с перемещением грунта в насыпь, рыхление, разравнивание и планировка грунта, подготовка забоев для работы экскаваторов, устройство и содержание временных землевозных дорог и съездов, устройство траншей и котлованов и их обратная погрузка в случае отсутствия специальных машин для погрузки песка, щебня, грунта в транспортные средства через пандус и эстакаду, снегоочистка, работа в качестве толкача скреперов и т.д.

Весь этот набор работ выполняют бульдозеры различных конструкций, смонтированные на факторах всех тяговых классов (табл. 22.10, 22.11, 22.12).

Таблица 22.10.

Колесные бульдозеры

Показатель	ДЗ-37	ДЗ-48Ш-661
Базовая машина:		
модель	МТЗ-52	К-702
тяговый класс, т	1,4	6
мощность двигателя. кВт	40	335
Управление	Гидравлическое	

Таблица 22.11.

Гусеничные бульдозеры с неповоротным отвалом

Показатель	ДЗ-101	ДЗ-53	ДЗ-54С	ДЗ-27С	ДЗ-110	ДЗ-35	ДЗ-34С	ДЗ-118
Базовая машина:								

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

модель	Т-4АП1	Т-100МЗ	Т-100МЗГП	Т-130.1.Г-1		Т-180Г	ДЭТ-250	ДЭТ-250М
тяговый класс. кН	40	100	100	100	100	150	250	250
мощность двигателя, кВт	96	79	79	118	118	132	228	228
Управление	Гидравлическое	Канатное	Гидравлическое					

Таблица 22.12.

Гусеничные бульдозеры с поворотным отвалом

Показатель	ДЗ-104	ДЗ-17(Д-492А)	ДЗ-18Ш-493А)	ДЗ-109	ДЗ-25 (Д-522)
Базовая машина:					
модель	Т-4АП1	Т-100МЗ	Т-100МЗГП	Т-130.1.Г-1	Т-180Г
тяговый класс, кН	40	100	100	100	150
мощность двигателя. кВт	96	79	79	118	132
Управление	Гидравлическое	Канатное	Гидравлическое		

Для работы в тяжелых, плотных и мерзлых грунтах таких землеройных машин, как экскаваторы, бульдозеры, скреперы требуется предварительное рыхление этих

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

грунтов. Наиболее экономичным способом является рыхление с помощью специального оборудования, навешиваемого на фактор - рыхлителя. Промышленность выпускает несколько типов рыхлителей, которыми оснащают, как правило, бульдозеры на факторах тягового класса 100 кН и выше (табл. 22.13).

Таблица 22.13.

Бульдозеры-рыхлители

Показатель	ДП-15 на ДЗ-54	ДП-14 на ДЗ-18	ДЗ-116 на ДЗ-110	ДЗ-117 на ДЗ-109	ДП-35 (ДП-22)	ДЗ-34 (ДП-9С)
Базовая машина:						
модель	Т-130МЗГП		Т-130.1.Г-1		Т-180Г	ДЭТ-250М
тяговый класс, кН	100		100		150	250
мощность двигателя, кВт	79		118		132	228
Количество рыхлительных зубьев, шт.	3		1		1-3	1-3
Глубина рыхления, мм	400		450		500	700

Следующей группой землеройно-транспортных машин являются автогрейдеры, которые предназначены для планировки и профилирования поверхности земляного полотна автомобильных дорог, планировки откосов невысоких насыпей и выемок, устройства водоотводных канав, содержания землевозных дорог, а также для возведения невысоких насыпей подъездных и внутриплощадочных дорог (табл. 22.14).

Таблица 22.14.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Автогрейдеры

Показатель	ДЗ-99-1	ДЗ-31-1	ДЗ-122	ДЗ-98	ДЗ-105	ДЗ-14
Тип	Легкий	Средний		Тяжелый		
Мощность двигателя, кВт	66	96	96	184	184	121
Длина отвала, мм	3040	3700	3745	4250	4200	3700
Угол резания, град.	30-70	30-70	30-70	30-70	30-70	30-80
Угол обрабатываемого откоса, град.	0-90	40-90	0-90	25-90	0-90	0-70
Боковой вынос отвала, мм	700	800	800	1050	800	800
Ширина кирковщика, мм	970	1225	1490	1265	1265	1185

Примечание. Автогрейдеры ДЗ-99-1, ДЗ-31-1, ДЗ-98 имеют ряд модификаций.

Основной рабочий орган автогрейдера - отвал, закрепленный на поворотном круге, обеспечивающем его ориентирование как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях: вращение на 360°, перекос в широких пределах. Поворотный круг в свою очередь имеет нежесткое прикрепление через шарнирно закрепленную тяговую раму, что позволяет осуществлять вынос отвала в сторону.

В качестве дополнительного оборудования автогрейдеры имеют небольшой бульдозерный отвал, кирковщик для рыхления грунтов, а также удлинители и откосники.

Ряд машин этого типа оснащены системами автоматического стабилизирования заданных положений отвала в поперечной плоскости и по высоте.

При выборе основных землеройных и землеройно-транспортных машин очень важна оценка грунтовых условий прохождения трассы проектируемой дороги.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Физико-механические свойства грунтов и дальность их транспортирования в насыпь из выемок и резервов служат основой для рационального подбора машин из имеющегося в распоряжении строительной организации парка строительных и транспортных машин.

Классификация грунтов по трудности разработки различными машинами приведена в табл. 22.15.

Таблица 22.15.

Группы грунтов по трудности разработки

Наименование и характеристика грунтов	Плотность в естественном залегании, кг/м^3	Одноковшовые экскаваторы	Скреперы	Бульдозеры	Автогрейдеры
Галечно-гравийно-песчаные грунты (кроме моренных) при размере частиц:					
до 80 мм	1750	I	II	II	III
свыше 80 мм	1950	II	-	III	-
свыше 80 мм с содержанием валунов до 10 %	1950	III	-	III	-
Глина:					
мягко- и тугопластичная без примесей	1800	II	II	II	II

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

мягко- и тугопластичная с примесью щебня, гравия или строительного мусора до 10 %	1750	II	II	II	III
полутвердая	1950	III	II	III	III
твердая	1950-2150	IV	-	III	-
Грунт растительного слоя:					
без корней	1200	I	I	I	I
с корнями	1200	I	I	II	-
с примесью щебня, гравия, строительного мусора	1400	I	1	11	-
Грунты моренные:					
пески, супеси и суглинки при показателе консистенции более 0,5	1600	I	-	I	-
пески, супеси и суглинки при	1800	II	-	II	-

показателе консистенции до 0.5					
глины при показателе консистенции до 0,5	1850	III	-	III	-
Дресва в коренном залегании	2000	V	-	-	-
Дресвяный грунт	1850	IV	-	-	-
Лёсс:					
легкопластичный	1600	I	I	I	I
туго пластичный	1800	I	I	I	II
твердый	1800	IV	II	III	-
Мусор строительный:					
рыхлый и слежавшийся	1800	II	-	II	-
сцементированный	1900	III	-	III	-
Песок:					

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

без примесей и с примесью щебня, гальки, гравия до 10 %	1600	I	II	II	II
с примесью щебня, гальки, гравия более 10 %	1700	I	II	II	-
барханный и дюнный	1600	II	-	III	Ill
Скальные грунты, предварительно разрыхленные	-	VI	-	IV	-
Суглинок:					
мягкопластичный без примесей и с примесью щебня, гальки, гравия до 10 %, туго пластичный	1700	I	I	I	I
мягкопластичный с примесью более 10 %, полутвердый и твердый с примесью до 10 %	1750	II	II	II	-
полутвердый и твердый с примесью более 10 %	1950	III	-	II	-

Супесь:					
пластичная без примесей и с примесью щебня, гальки и гравия до 10 %, твердая без примесей	1650	I	II	II	II
пластичная и твердая с примесью более 10 %	1850	I	II	II	-
Торф:					
без корней и с корнями толщиной до 30 мм	800-1100	I	I	I	I
с корнями толщиной более 30 мм	900-1200	II	-	II	-
Чернозем и каштановый грунт:					
пластичный без корней и с корнями	1300	I	I	I	I
твердый	1200	II	II	II	II

Щебень:					
при размере частиц до 40 мм	1750	II	-	III	-
- " - - "- до 150 мм	1950	II	-	III	-
Шлак:					
котельный	700	I	-	I	-
металлургический	-	II	-	II	-

Зависимость между профильными объемами возводимых насыпей и требуемым количеством грунтов с различными физико-механическими свойствами определяется коэффициентами их относительного уплотнения, значения которых приведены в табл. 22.16.

Таблица 22.16.

Коэффициенты относительного уплотнения грунтов

Минимальное значение коэффициента уплотнения грунта насыпи	Песок, супесь, пылеватые суглинки	Суглинки, глины	Лёсс, лёссовидные грунты, чернозем	Шлак, грунты отвалов промышленности	Скальные грунты в зависимости от плотности скелета, т/м^3		
					1,9-2,2	2,2-2,4	2,4-2,7

1,00	1.10	1,05	1,20	1,2-1,4	0,90	0,85	0,80
0,95	1,05	1,00	1,15				
0,90	1,00	0,95	1,10				

22.6. Машины для уплотнения грунтов и материалов дорожных одежд

Устойчивость земляного полотна автомобильных дорог и прочность дорожных одежд находится в непосредственной зависимости от качества уплотнения грунта и материалов, используемых в дорожных одеждах.

Для уплотнения грунтов и дорожно-строительных материалов применяют в зависимости от их физико-механических свойств и условий производства работ машины трех различных типов уплотняющего воздействия - статического, вибрационного и ударного (табл. 22.17- 22.22). При этом выбор уплотняющих машин должен основываться как на их экономической эффективности для конкретных грунтовых условий проектируемой автомобильной дороги, так и на их технических и технологических возможностях.

Таблица 22.17.

Дорожные полуприцепные и самоходные пневмоколесные катки

Показатель	ДУ-37Б	ДУ-16Б	ДУ-21	ДУ-31	ДУ-29
Тип		Полуприцепной		Самоходный	
Масса, т	15	25	57	16	30
Ширина уплотняемой полосы, м	2.6	2,6	2,68	1,92	2,22
Толщина уплотняемого слоя, м	0,25	0,35	0,43	0,15	0,15

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Тип тягача	Т-158	МоАЗ-546П	БелАЗ-531	-	-

Таблица 22.18.

Дорожные самоходные катки с гладкими вальцами

Показатель	ДУ-50	ДУ-8В	ДУ-8Б	ДУ-9В	ДУ-49А
Масса, т	8	13	12	18	18
Ширина уплотняемой полосы, м	1,8	1,3	1,85	1,3	1,3
Мощность двигателя, кВт	32	37	37	37	37

Таблица 22.19.

Дорожные прицепные кулачковые катки

Показатель	ДУ-26	ДУ-27	ДУ-32А	ДУ-3
Масса, т	8	18	18	29
Ширина уплотняемой полосы, м	1,8	4	2,6	2,8
Толщина уплотняемого слоя грунта, м	0,2-0,22	0,2-0,22	0,3	0,4
Тип тягача	ДТ-75С2	Т-100М3		Т-180

Таблица 22.20.

Дорожные прицепные пневмоколесные катки

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Показатель	ДУ-30	ДУ-4	ДУ-30А	ДУ-5
Масса, т	12,5	25	25	45
Ширина уплотняемой полосы, м	2,2	2,5	2,6	3,3
Толщина уплотняемого слоя грунта, м	0,25	0,3	0,35	0,5
Тип тягача	Т-74С2	Т-100МЗ		Т-130

Таблица 22.1.

Дорожные вибрационные и комбинированные катки

Показатель	ДУ-14 (Д-480)	ПВК-70ЭА	ДУ-10А (Д-455А)	ДУ-25А (Д-613А)	ДУ-47А	ДУ-43
Тип	Полуприцепной		Самоходный			
Масса, т	3,0	28,0	1,8	4,2	60	50
Возмущающаяся сила, кН	80	100	20	47	1,2	1,0
Ширина уплотняемой полосы, м	1,4	2,64	0,85	1,0	-	-
Толщина уплотняемого слоя, м	0,6	0,5	-	-	-	-

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Тип тягача	Трактор класса 20 кН	ДЭТ-250	-	-	-	-

Таблица 22.22.

Трамбующие машины

Показатель	ДУ-12Б (Д-471Б)	ДУ-12В (Д-471В)
Базовый трактор	Т-100М	Т-130
Ширина уплотняемой полосы, м	2,5	2,5
Число ударов по одному следу	3-6	3-6
Толщина уплотняемого слоя, м	1,2	1.2

Для уплотнения насыпей автомобильных дорог, возводимых из связных и несвязных грунтов, доставляемых автомобилями, применяют, как правило, дорожные прицепные или самоходные катки на пневматических шинах в сочетании с кулачковыми или решетчатыми. Грунт отсыпают слоями до 40 см. Использование для производства работ в этих условиях вибрационных или комбинированных катков позволяет добиться коэффициента уплотнения до 0,95 за один проход. Уплотнение верхних слоев насыпей, оснований выемок завершается прикаткой их самоходными катками.

Использование в качестве землеройно-транспортных машин скреперов позволяет достичь уплотнения до 0,9 требуемой плотности без применения грунтоуплотняющих машин и, таким образом, заметно сократить число проходов катков по одному следу для достижения требуемого коэффициента уплотнения. Это обстоятельство должно учитываться при выборе способов устройства насыпей и проверяться экономическим сравнением вариантов технологических решений.

Крупнообломочные и скальные грунты в насыпях уплотняют тяжелыми решетчатыми катками или вибрационными. В отдельных случаях применяются трамбующие машины.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

22.7. Определение потребности в основных строительных машинах, транспортных средствах и трудовых ресурсах

Одним из обязательных документов проекта автомобильной дороги является график потребности в основных строительных машинах и транспортных средствах. Потребность в основных строительных машинах и транспортных средствах планируют на основе предварительно разработанного календарного плана строительства автомобильной дороги и принятых решений по структуре машинного парка. При этом в результате составления этого графика могут быть выявлены ощутимые колебания числа необходимых для строительства дороги машин и транспортных средств, для выравнивания потребности и согласования ее с имеющимся парком машин должны быть приняты решения по оптимизации календарного плана и изменению порядка выполнения определяющих потребность в машинах и транспортных средствах работ. Далее путем последовательных приближений определяют оптимальную очередность, продолжительность выполнения отдельных процессов и экономическую целесообразность выбранной структуры парка машин.

Графики потребности (рис. 22.7, 22.8 и 22.9) в основных строительных машинах и транспортных средствах строят в форме ленточной диаграммы, вдоль горизонтальной оси которой откладывают соответствующие интервалы времени (смены, дни, недели, месяцы).

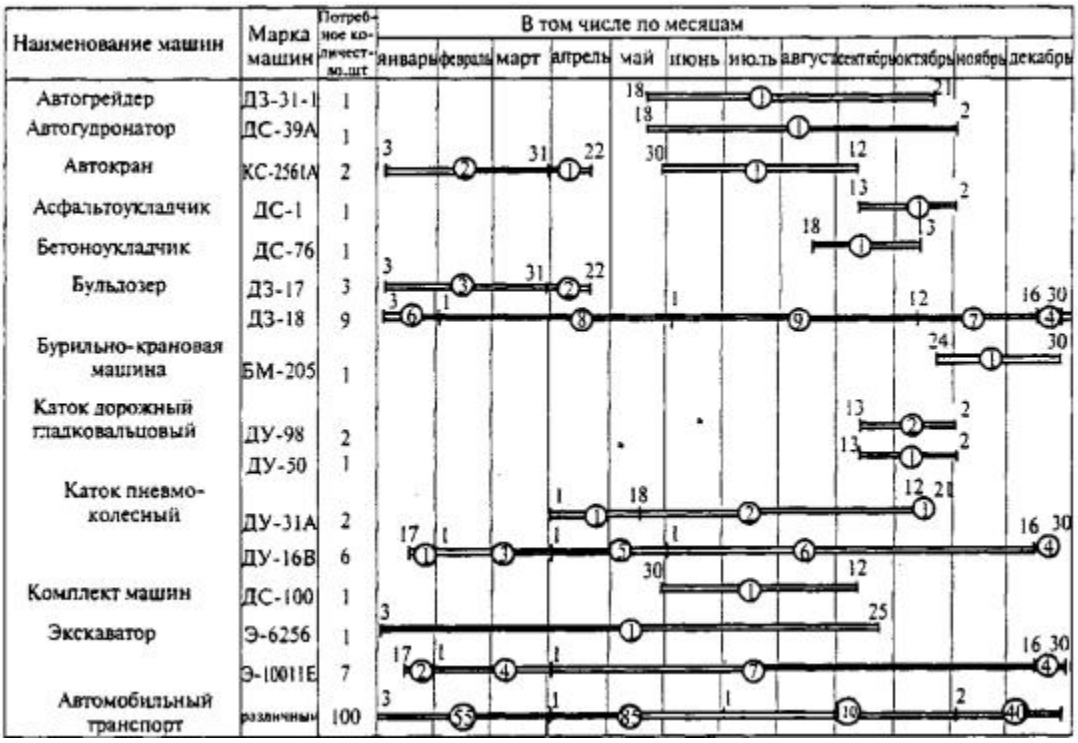
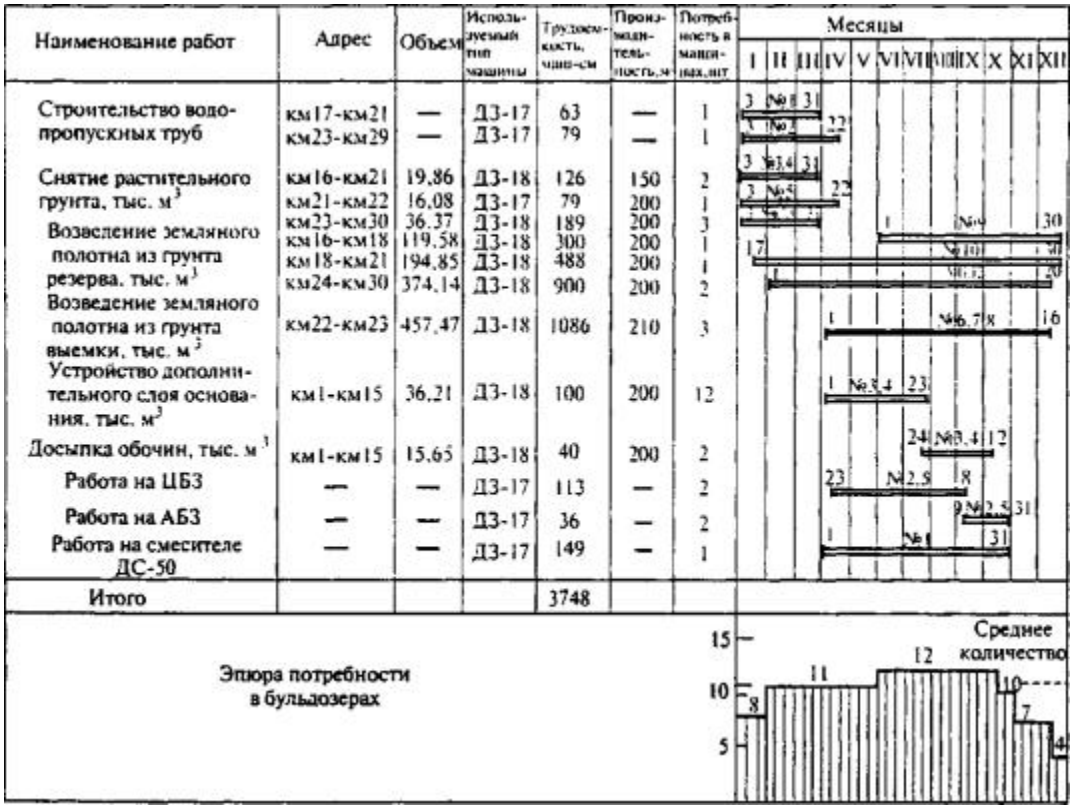


Рис. 22.7. График потребности в основных строительных машинах и транспортных средствах (на графике показаны начало и окончание работы машин, в кружках - требуемое количество машин)



Наименование работ	Адрес	Объем	Используемый тип машины	Трудоемкость, чел-см	Производительность, м³	Потребность в машинах, шт	Месяцы
Строительство водопропускных труб	км17-км21	—	Д3-17	63	—	1	
	км23-км29	—	Д3-17	79	—	1	
Снятие растительного грунта, тыс. м³	км16-км21	19,86	Д3-18	126	150	2	
	км21-км22	16,08	Д3-17	79	200	1	
	км23-км30	36,37	Д3-18	189	200	3	
Возведение земляного полотна из грунта резерва, тыс. м³	км16-км18	119,58	Д3-18	300	200	1	
	км18-км21	194,85	Д3-18	488	200	1	
	км24-км30	374,14	Д3-18	900	200	2	
Возведение земляного полотна из грунта выемки, тыс. м³	км22-км23	457,47	Д3-18	1086	210	3	
Устройство дополнительного слоя основания, тыс. м³	км1-км15	36,21	Д3-18	100	200	12	
Досыпка обочин, тыс. м³	км1-км15	15,65	Д3-18	40	200	2	
Работа на ЦБЗ	—	—	Д3-17	113	—	2	
Работа на АБЗ	—	—	Д3-17	36	—	2	
Работа на смесителе ДС-50	—	—	Д3-17	149	—	1	
Итого				3748			

Рис. 22.8. График потребности в бульдозерах (на графике показаны начало и окончание работы и условные номера машин)

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

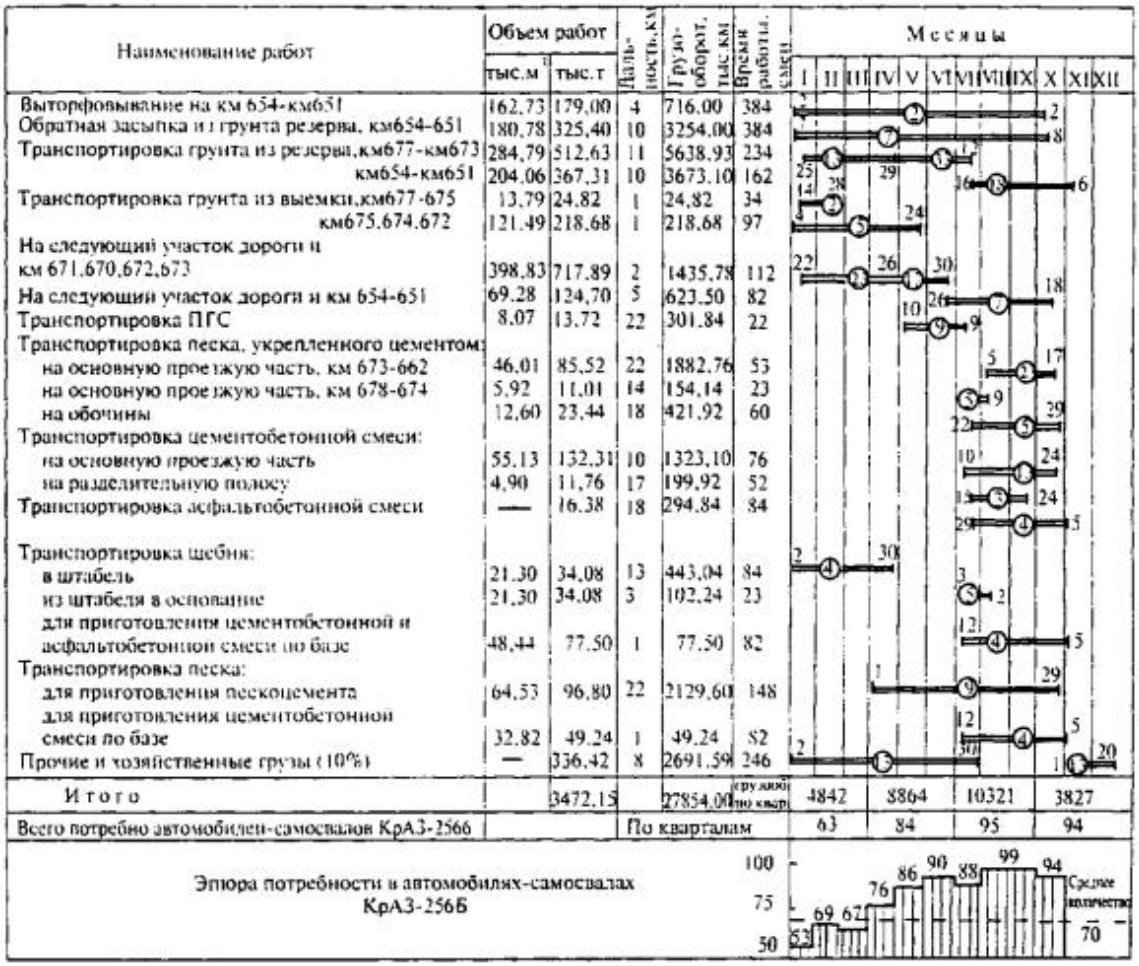


Рис. 22.9. График потребности в автомобилях-самосвалах (на графике показаны начало и окончание работы автомобилей, в кружках - требуемое количество автомобилей)

Левая часть диаграммы представляет собой в общем случае перечень основных строительных машин и транспортных средств, правая - временную и количественную оценку занятости конкретного типа машин и транспортных средств.

В случае, когда потребность в определенных типах машин и механизмов превышает допустимое количество, разрабатывают графики потребности в этих машинах и транспортных средствах - по каждому типу отдельный. Такие графики разрабатывают также в случае сооружения больших и сложных объектов, где машины заняты на большом количестве работ. В этом случае, в левой части графика перечисляются все работы, на которых заняты машины или транспортные средства, а в правой - требуемое их количество и продолжительность выполнения перечисленных работ.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

График потребности в кадрах строителей по основным категориям составляют по той же методике и в той же форме, что и графики потребности в основных строительных машинах и транспортных средствах Пример построения графика потребности в кадрах строителей по основным категориям приведен на рис. 22.10.

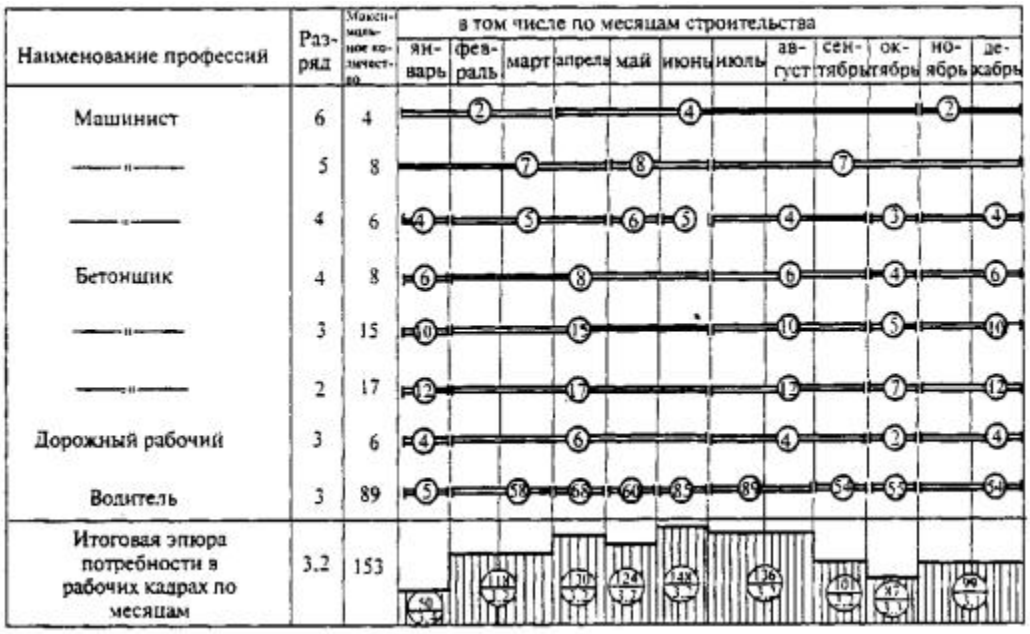


Рис. 22.10. График потребности в кадрах строителей по основным категориям (в эпюре указано: в числителе - потребность в рабочих, в знаменателе - средний разряд)

При необходимости оптимизации потребности в кадрах строителей под графиком строят эпюру общей потребности в кадрах или по отдельным категориям. Посредством эпюры выявляют интервалы времени, когда потребность в кадрах заметно больше или, наоборот, меньше средней потребности, и принимают решения по изменению сроков или продолжительности производства работ, выполняемых в данный промежуток времени. При этом надо помнить, что вместе с изменением потребности в кадрах строителей такое решение влечет за собой изменение потребности и в других ресурсах (в строительных машинах, транспортных средствах, материалах). Поэтому всякое вмешательство в уже разработанный календарный план строительства должно быть строго сбалансировано по всем видам ресурсов.

Оптимальные решения по потребности в перечисленных ресурсах, а также в денежных средствах могут быть определены путем расчета всех элементов календарного плана на компьютере*.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

* Глава 22 подготовлена на основе раздела 19 Справочника инженера-дорожника. (Проектирование автомобильных дорог: Справ. инж. дор./ Под ред. д-ра техн. наук. проф. Г.А. Федотова. - М.: Транспорт, 1989)

ГЛАВА 23. ОЦЕНКА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

23.1. Система показателей для оценки проектных решений

При сравнении вариантов проектных решений в процессе проектирования автомобильных дорог и для оценки рекомендуемого к строительству варианта применяют показатели, которые могут быть разделены на следующие группы:

1. Технические показатели:

план и продольный профиль - протяжение трассы, коэффициент ее развития, наименьшие значения примененных при проектировании радиусов кривых в плане, выпуклых и вогнутых вертикальных кривых;

число углов поворота и среднее значение угла поворота;

среднее значение радиусов кривых в плане;

максимальный продольный уклон;

протяженность участков с максимальным и другими достаточно большими значениями уклонов;

протяженность участков, проходящих в пределах населенных пунктов; земляное полотно - ширина земляного полотна;

рабочие отметки, протяженность участков в сложных инженерно-геологических условиях, в том числе на болотах, в скальных грунтах и т.д.;

профильные и оплачиваемые объемы земляных работ, в том числе по видам применяемых для разработки машин;

объем оплачиваемых работ на 1 км дороги;

объемы укрепительных работ;

дорожная одежда - ширина проезжей части;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

характеристики прочности дорожной одежды;

конструкции дорожной одежды основной проезжей части и укрепленных полос, укрепления обочин;

площади проезжей части, укрепленных полос и укрепления обочин;

водопропускные сооружения - количество водопропускных труб и их суммарная длина, в том числе для различных отверстий;

количество и размеры мостов (малых, средних и больших), путепроводов, тоннелей, пешеходных переходов в разных уровнях, подпорных стенок;

пересечения и примыкания - количество пересечений с автомобильными дорогами в одном и разных уровнях;

количество съездов с дороги;

количество пересечений с железными дорогами в одном и разных уровнях;

обстановка дороги - количество дорожных знаков, сигнальных столбиков, длина ограждений различного типа, количество автобусных остановок, площадок отдыха, протяженность линий связи, освещения, снегозащитного и декоративного озеленения;

подготовка территории и организация строительства - общие площади постоянного и временного отвода, в том числе по видам земельных угодий;

площадь рекультивируемых земель;

объемы работ по сносу зданий и сооружений, переустройству подземных и воздушных коммуникаций;

сроки строительства, потребность в основных дорожно-строительных материалах, машинах и механизмах

2. Экономические показатели:

сметная стоимость строительства, в том числе по отдельным главам;

стоимость 1 км дороги, 1 $м^3$ земляных работ, 1 $м^2$ дорожной одежды и т.д.;

сопоставление единичных стоимостей с нормативными показателями и проектами - аналогами.

3. Показатели транспортно-эксплуатационных качеств дороги:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

объем перевозок; грузооборот; интенсивность и состав транспортного потока;

пропускная способность;

коэффициенты загрузки дороги движением;

скорости движения одиночных автомобилей и транспортного потока;

зрительная плавность и ясность трассы;

протяженность участков с ограниченной видимостью;

допускаемые нагрузки на дорожную одежду и водопропускные сооружения.

4. Показатели безопасности движения:

коэффициенты безопасности и коэффициенты относительной аварийности для различных участков дороги;

ожидаемые потери народного хозяйства от дорожно-транспортных происшествий.

5. Показатели, учитывающие неблагоприятное воздействие дороги на окружающую среду:

уровни транспортного шума и загрязнения атмосферного воздуха на участках дорог, проходящих через населенные пункты или в непосредственной близости от них, их сопоставление с допустимыми значениями;

площадь примыкающих к дороге земель, где концентрация соединений свинца в почве превышает допустимые значения;

протяженность участков, в пределах которых дорога может оказать неблагоприятное воздействие на существующий ландшафт, животный и растительный мир, исторические и культурные памятники, в том числе проходящих по территории заповедников, санитарных и защитных зон.

6. Показатели экономической эффективности:

чистый дисконтированный доход за расчетный период;

индекс доходности;

внутренняя норма доходности и срок окупаемости.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

При обосновании проектных решений в настоящее время показатели экономической эффективности капитальных вложений используют в качестве основного критерия, определяющего экономическую целесообразность строительства дороги или ее сооружения. В их составе (см. гл. 4) учитывают в стоимостной форме значительную часть показателей практически всех перечисленных выше групп, оказывающих существенное влияние на сметную стоимость строительства, автотранспортные и эксплуатационные расходы, потери народного хозяйства от дорожно-транспортных происшествий. Необходимо иметь в виду, что последствия многих видов отрицательных воздействий дороги и движущихся по ней автомобилей на окружающую среду в настоящее время не могут быть оценены количественно в стоимостной форме и, следовательно, отражены в показателях экономической эффективности. Поэтому следует учитывать, что в определенных условиях необходимость соблюдения требований защиты окружающей среды может оказать решающее влияние при выборе окончательного проектного решения.

Приведенные выше показатели относятся в первую очередь к оценке проектных решений по автомобильной дороге в целом. При сравнении вариантов отдельных сооружений или элементов дороги количество учитываемых показателей может быть существенно сокращено за счет отказа от показателей, не относящихся к решению данной задачи или одинаковых для всех сравниваемых вариантов.

23.2. Определение предельной пропускной способности дороги и коэффициента загрузки движением

Для определения пропускной способности автомобильных дорог, пересечений в одном и разных уровнях, железнодорожных переездов используют методику, приведенную в Руководстве по оценке пропускной способности автомобильных дорог Минавтодора РСФСР.

Практическая пропускная способность - максимальное количество автомобилей, которое может пропустить участок с конкретными дорожными условиями в единицу времени:

$$P = \frac{P_{max}\,\beta_{итог}}{\sum_{1}^{n} K_{пр i} h_i},$$

где

(23.1)

P_{max} - максимальная практическая пропускная способность эталонного участка: горизонтального, прямолинейного в плане, с проезжей частью, имеющей не менее

двух полос движения шириной по 3,75 м, с сухим шероховатым покрытием, с расстоянием видимости не менее 800 м для транспортного потока, состоящего только из легковых автомобилей;

n - количество типов автомобилей в составе транспортного потока;

K_{npi} - коэффициент приведения автомобиля i-го типа к легковому автомобилю (значения K_{npi} принимают в соответствии с рекомендациями СНиП 2.05.02-85 в зависимости от типа транспортных средств и их грузоподъемности;

h_i - доля автомобилей i-го типа в составе транспортного потока;

$b_{итог}$ - итоговый коэффициент снижения пропускной способности, равный произведению частных коэффициентов, определяемых по табл. 23.1-23.15 в зависимости от характеристик дорожных условий и состава транспортного потока;

$$\beta_{итог} = \prod_{i=1}^{15} \beta_i,$$

Таблица 23.1.

Коэффициент b_1

Ширина полосы движения, м	Значения b_1 для проезжей части	
	Многополосной	Двухполосной
< 3	0,9	0,85
3,5	0,96	0,9
> 3,75	1,0	1,0

Таблица 23.2.

Коэффициент b_2

Ширина обочины, м	Значение b_2	Ширина обочины, м	Значение b_2
3,75	1,0	2,0	0,8
3,00	0,97	1,5	0,7
2,50	0,92		

Таблица 23.3.

Коэффициент b_3

Расстояние от кромки проезжей части до бокового препятствия, м	Боковые помехи с одной стороны			Боковые помехи с обеих сторон		
	Значение b_3 при ширине полосы движения, м					
	3,75	3,5	3,0	3,75	3,5	3,0
2,5	1,0	1,0	0,98	1,0	0,98	0,96
2,0	0,99	0,99	0,95	0,98	0,97	0,93
1,5	0,97	0,95	0,94	0,96	0,93	0,91
1,0	0,95	0,90	0,87	0,91	0,88	0,85
0,5	0,92	0,83	0,80	0,88	0,78	0,75
0	0,85	0,78	0,75	0,82	0,73	0,7

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Таблица 23.4.

Коэффициент b_4

Количество автопоездов в потоке, %	Значение b_4 при доле легких и средних грузовых автомобилей, %				
	10	20	50	60	70
1	0,99	0,98	0,94	0,90	0,86
5	0,97	0,96	0,91	0,88	0,84
10	0,95	0,93	0,88	0,85	0,81
15	0,92	0,90	0,85	0,82	0,78
20	0,90	0,87	0,82	0,79	0,76
25	0,87	0,84	0,79	0,76	0,73
30	0,84	0,81	0,76	0,72	0,70

Таблица 23.5.

Коэффициент b_5

Продольный уклон, %	Длина подъема, м	Значение b_5 при доле автопоездов, %			
		2	5	10	15
	200	0,98	0,97	0,94	0,89

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

2	500	0,97	0,94	0,92	0,87
	800	0,96	0,92	0,90	0,84
3	200	0,96	0,95	0,93	0,86
	500	0,95	0,93	0,91	0,83
	800	0,93	0,90	0,88,	0,80
4	200	0,93	0,90	0,86	0,80
	500	0,91	0,88	0,83	0,76
	800	0,88	0,85	0,80	0,72
5	200	0,90	0,85	0,80	0,74
	500	0,86	0,80	0,75	0,70
	800	0,82	0,76	0,71	0,64
6	200	0,83	0,77	0,70	0,63
	500	0,77	0,71	0,64	0,55
	800	0,70	0,63	0,53	0,47
	200	0,75	0,68	0,60	0,55

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

7	300	0,63	0,55	0,48	0,41

Таблица 23.6.

Коэффициент b_6

Расстояние видимости, м	Значение b_6	Расстояние видимости, м	Значение b_6
<50	0,69	150-250	0,90
50-100	0,73	250-350	0,98
100-150	0,74	>350	1,0

Таблица 23.7.

Коэффициент b_7

Радиус кривой в плане, м	Значение b_7	Радиус кривой в плане, м	Значение b_7
< 100	0,85	450-600	0,99
100-250	0,90	>600	1,0
250-450	0,96		

Таблица 23.8.

Коэффициент b_8

Ограничение скорости движения, км/ч	Значение b_8	Ограничение скорости движения, км/ч	Значение b_8

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

10	0,44	40	0,96
20	0,76	50	0.98
30	0,88	60	1,0

Таблица 23.9.

Коэффициент b_9

Доля левоповоротного движения, %	Примыкания			Пересечения		
	Значения b_9 при ширине проезжей части основной дороги, м					
	7,0	7,5	10,5	7,0	7,5	10,5
	Необорудованные					
0	0,97	0,98	1,0	0,94	0,95	0,98
20	0,85	0,87	0,92	0,82	0,83	0,9!
40	0,73	0,75	0,83	0,70	0,71	0,82
60	0,60	0,62	0,75	0,57	0,58	0,73
80	0,45	0,47	0,72	0,41	0,41	0,70
	Частично канализированные с островками безопасности без переходно-скоростных полос					

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

0	1,0	1,0	1,0	0,98	0,99	1,0
20	0,97	0,98	1,0	0,97	0,98	0,99
40	0,93	0,94	0,97	0,91	0,92	0,97
60	0,87	0,88	0,93	0,84	0,85	0,93
80	0,87	0,88	0,92	0,84	0,85	0,92
	Полностью канализированные					
0-60	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
80	0,90	0,98	0,99	0,95	0,97	0,98

Таблица 23.10.

Коэффициент b_{10}

Тип укрепления и состояние обочин	Значения b_{10}
Усовершенствованное покрытие	1,0
Укрепление шебнем	0,99
Дерновый газон	0,95
Сухие неукрепленные	0,90

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Мокрые грязные	0,45

Таблица 23.11.

Коэффициент b_{11}

Тип покрытия	Значения b_{11}
Шероховатое асфальтобетонное, черное щебеночное	1,0
Гладкое асфальтобетонное	0,9-1,0
Сборное бетонное	0.86
Булыжная мостовая	0,42
Грунтовая дорога в хорошем состоянии	0.90
Грунтовая дорога размокшая	0.1-0.3

Таблица 23.12.

Коэффициент b_{12}

Способ отделения от основной проезжей части площадок отдыха, стоянок автомобилей, автозаправочных станций	Значения b_{12}
Полное отделение, специальные полосы для въезда	1,0
Полное отделение, имеется отгон ширины	0,98

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Полное отделение, без полос и отгона	0,80
Без отделения	0,64

Таблица 23.13.

Коэффициент b_{13}

Средства организации движения	Значения b_{13}
Осевая разметка	1,02
Осевая и краевая разметка	1,05
Двойная осевая разметка	1,12

Таблица 23.14.

Коэффициент b_{14}

Средства организации движения	Значения b_{14}
Указатели полос движения	1,10
Знак ограничения максимальной скорости движения	учтены коэффициентом b_8

Таблица 23.15.

Коэффициент b_{15}

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Доля автобусов в потоке, %	Значения b_{15} при доле легковых автомобилей в потоке, %					
	70	50	40	30	20	10
1	0,82	0,76	0,74	0,72	0,70	0,68
5	0,80	0,75	0,72	0,71	0,69	0,68
10	0,77	0,73	0,71	0,69	0,65	0,65
15	0,75	0,71	0,69	0,67	0,66	0,64
20	0,73	0,69	0,68	0,66	0,64	0,62
30	0,70	0,66	0,64	0,63	0,61	0,60

Максимальную пропускную способность P_{max} принимают: для двухполосных дорог 2000 авт./ч, для трехполосных дорог - 4000 авт./ч. Для многополосных автомобильных дорог, у которых движение по полосам распределяется неравномерно, P_{max} определяют как сумму пропускных способностей отдельных полос:

$$P_{max} = 2\sum_{j=1}^{n} P_j,$$ где

(23.2)

n - количество полос движения в каждом направлении;

P_j - пропускная способность j-й полосы движения:

$$P_j = \frac{\beta_k \beta_n (1700 + 66{,}6b - 9{,}54\varphi_{mj} - 6{,}84i)}{\sum_{i=1}^{n} K_{npi}\varphi_{ij}},$$

b_k - коэффициент, учитывающий влияние радиусов кривых а плане, принимаемый равным 0,85 при радиусах менее 1000 мм 1,0 - при больших значениях радиусов (учитывается только при определении пропускной способности левой полосы движения на кривой);

b_n - коэффициент, учитывающий влияние пересечений в разных уровнях и определяемый по табл. 23.16;

b - ширина полосы движения, м;

Таблица 23.16.

Коэффициент b_n

Тип переходно-скоростных полос	Интенсивность движения на съезде, % от интенсивности движения по автомагистрали	Значения b_n для полосы	
		Левой	правой
Отделенные разделительной полосой от основной проезжей части	10-25	0,95	1,0
	25-40	0,90	0,95
Обычного типа	10-25	0,88	0,95
	25-40	0,83	0,90
Без переходно-скоростных полос	10-25	0,80	0,90
	25-40	0,75	0,80

j_{mi} - доля тяжелых грузовых автомобилей и автобусов, %;

i - продольный уклон, ‰\

j_{ij} - доля автомобилей i-го типа в составе потока по j-й полосе движения, доли ед.

Данные о распределении интенсивностей и состава движения по отдельным полосам могут быть в первом приближении взяты из табл. 23.17.

Коэффициент загрузки дороги движением рассчитывают по формуле:

$z = N_ч/P$, где

(23.3)

$N_ч$ - расчетная часовая интенсивность движения, авт./ч;

$N_ч = 0{,}076N$,

(23.4)

N - среднегодовая суточная интенсивность движения, авт./ч.

При разработке проектов автомобильных дорог целесообразно, чтобы значения коэффициента загрузки движением находились в пределах 0,2-0,65 при новом строительстве и 0,5-0,75 при реконструкции существующих дорог.

Таблица 23.17.

Состав транспортного потока по отдельным полосам

Доля легковых автомобилей в потоке, %	Доля автомобилей на правой полосе, %		Доля автомобилей на левой полосе, %	
	легковых	грузовых	легковых	Грузовых
20	7-10	90-93	30-35	65-70
40	24-30	70-76	50-55	45-50
60	38-45	55-62	65-70	30-35

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

80	74-84	16-26	80-85	15-20

В Рекомендациях по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах: ОДМ Минтранса России предлагается определять пропускную способность дорог по формуле:

$P = P_n n k_{пер} k_n$, где

(23.5)

P - пропускная способность многополосной проезжей части дороги;

P_n - пропускная способность одной полосы движения;

n - количество полос движения;

$k_{пер}$ - коэффициент, учитывающий долю перестраивающихся автомобилей в транспортном потоке, определяемый по табл. 23.18:

Таблица 23.18.

Коэффициент $k_{пер}$

Доля перестраивающихся автомобилей в транспортном потоке, %	до 10	20	30	40
$k_{пер}$	1	0,88	0,80	0,70

k_n - коэффициент многополосности, определяемый по табл. 23.19.

Таблица 23.19.

Коэффициент многополосности k_n

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Количество полос движения в одном направлении	Расстояния между соседними точками входа на дорогу и выхода с дороги, м					
	до 500	1000	2000	3000	4000	5000
	Коэффициент многополосности k_n					
2	0,95	0,98	1	1	1	1
3	0,83	0,85	0,88	0,95	1	1
4	0,80	0.82	0,85	0,91	0,98	1
5	0,76	0,78	0,82	0.87	0,97	1
6	0,72	0,75	0,79	0,85	0,95	0,99
7	0,68	0,72	0,76	0,84	0,93	0,98
8	0,63	0,68	0,72	0,81	0,92	0,97

Пропускную способность одной полосы движения можно рассчитать по формуле:

$P_n = (1 - Y)P_0$, где

(23.6)

Y - итоговый коэффициент снижения пропускной способности полосы движения, определяемый по табл. 23.20-23.25:

$Y = f_1 + f_2 + f_3 \ldots f_j$,

P_0 - максимальная пропускная способность одной полосы движения, в приведенных авт./ч;

f_j - частный коэффициент снижения пропускной способности, учитывающий влияние конкретного фактора, определяемый по табл. 23.20-23.25:

Таблица 23.20.

Значения частного коэффициента f_1

Ширина полосы движения двухполосной дороги, м	2,5	3,0	3,5 и более
f_1	0,15	0,05	0

Таблица 23.21.

Значения частного коэффициента f_2

Ровность покрытия потолчкомеру, см/км	800	700	500
f_2	0,10	0,05	0

Таблица 23.22.

Значения частного коэффициента f_3

Продольный уклон, ‰ (при длине подъема более 100 м)	30 и менее	40	50	60 и более
f_3	0	0,05	0,8	0,15

Таблица 23.23.

Значения частного коэффициента f_4

Запрещение обгонов	f_4

Двухполосные дороги	0,20
Трехполосные дороги	0,25
Четырехполосные дороги	0,40

Таблица 23.24.

Значения частного коэффициента f_5

Ограничение скорости движения, км/ч	20	40	60 и более
f_5	0,15	0,10	0

Таблица 23.25.

Значения частного коэффициента f_6

Фазовый коэффициент (отношение продолжительности зеленого сигнала к длительности цикла)	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Коэффициент снижения пропускной способности дороги при светофорном регулировании, f_6	0,8	0,60	0,40	0,2	0

Максимальная пропускная способность одной полосы движения автомобильных дорог принимается: двухполосных - 1200 приведенных авт./ч, трехполосных - 1800 приведенных авт./ч,

четырехполосных без разделительной полосы - 2000 приведенных авт./ч, то же, с разделительной полосой - 2200 приведенных авт./ч, шестиполосных с разделительной полосой - 2300 приведенных авт./ч.

Значения частных коэффициентов снижения пропускной способности принимают в зависимости от количественной характеристики влияющего фактора. Для промежуточных значений влияющего фактора значения коэффициентов принимают по интерполяции:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

При одновременном действии сразу несколько факторов, снижающих пропускную способность дороги, некоторые из них имеют настолько сильное влияние, что при их действии другие факторы (или часть факторов) становятся малозначимыми и их в расчете не учитывают. Формула (23.5) должна содержать только те показатели, которые соответствуют значимым для пропускной способности конкретного участка факторам.

Светофорное регулирование движения на пересечениях с другими дорогами или на пешеходных переходах делает малозначимыми все другие факторы.

Пропускная способность пересечений в одном уровне зависит от соотношения интенсивностей движения на пересекающихся дорогах. Если на пересечении нет светофорного регулирования, пропускную способность по главной дороге определяют по формуле (23.5).

Пропускная способность второстепенной дороги на нерегулируемом пересечении двухполосных дорог в одном уровне зависит от интенсивности движения по главной дороге (табл. 23.26)

Таблица 23.26.

Пропускная способность второстепенной дороги на нерегулируемом пересечении в одном уровне

Суммарная интенсивность движения по главной дороге, авт./ч	100	200	300	400	600	800	1000	2000
Направление движения по второстепенной дороге:	Максимальная пропускная способность одного направления второстепенной дороги, авт./ч[1]							
правый поворот[2]	900	800	700	600	500	400	250	50
левый поворот на примыкании	850	600	500	370	200	120	60	10
прямое пересечение и левый поворот в сумме на пересечении[3]	400	280	260	280	150	100	50	10

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Пропускная способность одного направления второстепенной дороги необорудованного пересечения[3]	900	750	600	400	200	50	10	10
Коэффициент снижения пропускной способности второстепенной дороги	0,25	0,37	0,5	0,7	0,85	0,95	0,98	0,99

Примечания:

[1] Максимальная пропускная способность второстепенной дороги на подходе к пересечению определяется по формуле (23.5). В таблице приведены пропускные способности направлений движения на пересечении при наличии дополнительных полос для поворачивающих потоков.

[2] С отдельной полосы второстепенной дороги.

[3] При доле левоповоротного движения с второстепенной дороги до 20 %.

Вследствие изменения дорожных условий по длине дороги происходит также изменение пропускной способности дороги. Для ее характеристики целесообразно строить линейный график изменения пропускной способности дороги и коэффициента загрузки движением (рис. 23.1).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

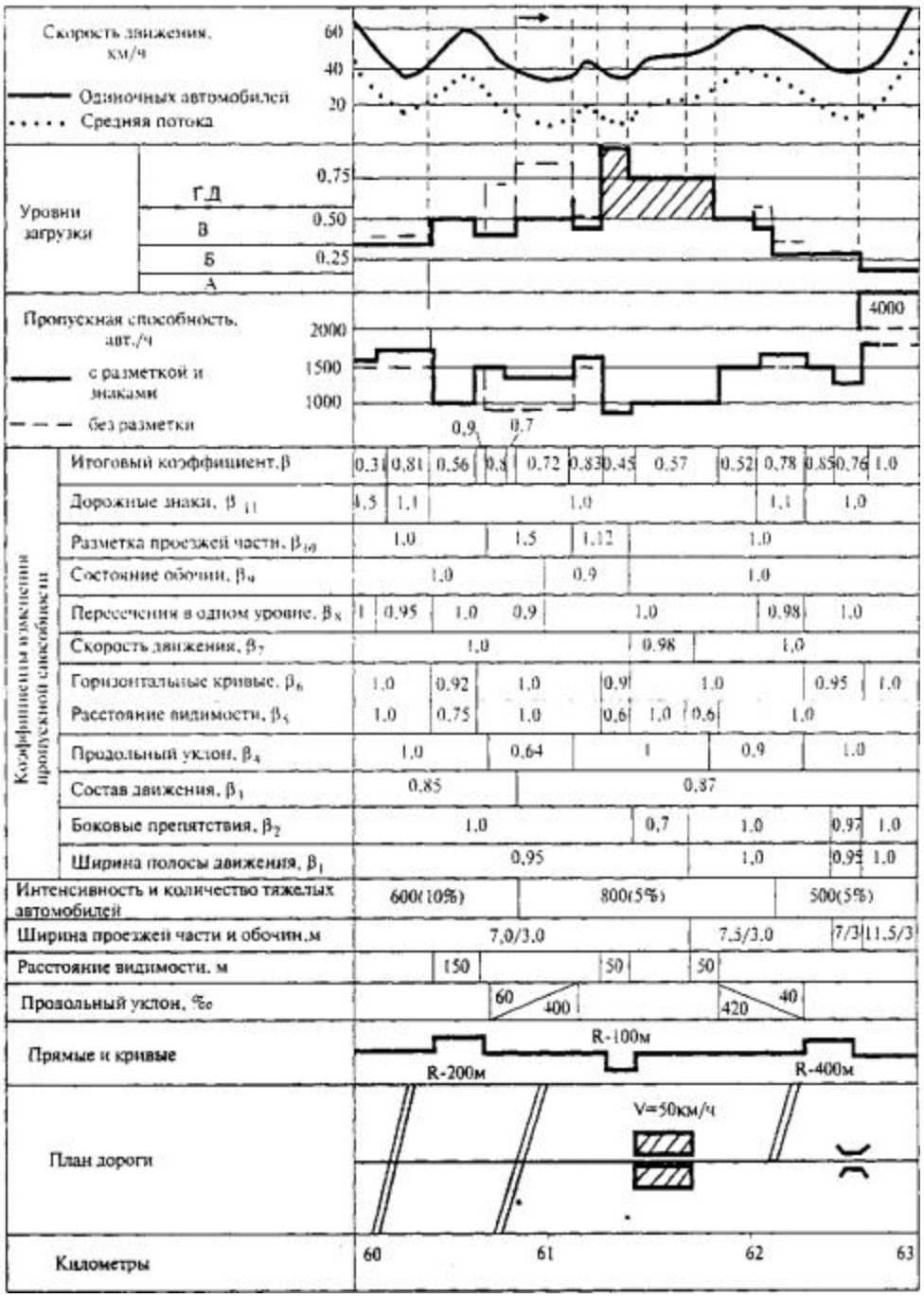


Рис. 23.1. График пропускной способности дороги и коэффициента загрузки движением

График строят в следующей последовательности:

выделяют отдельные элементы дороги с учетом зоны их влияния, протяжение которых принимают по табл. 23.27;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

выписывают значения частных коэффициентов снижения пропускной способности;

разбивают дорогу на всем исследуемом протяжении на однородные участки, в пределах каждого из которых сохраняют постоянными значения всех частных коэффициентов снижения пропускной способности;

для каждого из однородных участков по формуле (23.1) или (23.5) вычисляют пропускную способность, а по формуле (23.3) - коэффициент загрузки движением;

строят график изменения пропускной способности и коэффициента загрузки вдоль дороги;

на графике выделяют участки, где коэффициент загрузки превышает допустимые значения;

Таблица 23.27.

Влияние элементов дороги и окружающей обстановки на пропускную способность

Элементы, оказывающие влияние	Протяженность зоны влияния, м
Населенные пункты	300
Участки подъемов длиной до 200 м	350
Участки подъемов длиной более 200 м	650
Кривые в плане радиусом более 600 м	100
Кривые в плане радиусом менее 600 м	250
Участки с видимостью меньше 100 м	150
Участки с видимостью 100 - 350 м	100

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Участки с видимостью 350 - 600 м	50
Пересечения в одном уровне	600

для решения вопросов о целесообразных способах корректировки проектного решения на участках с недостаточной пропускной способностью следует анализировать график изменения пропускной способности совместно с графиками коэффициентов аварийности и безопасности.

23.3. Расчет средней скорости движения транспортного потока

Средняя скорость потока автомобилей является одним из важнейших показателей, используемых при определении автотранспортных расходов и капитал о вложений в автомобильный транспорт при обосновании инвестиций в дорожное строительство. Скорость транспортного потока изменяется по длине дороги и во времени в зависимости от интенсивности движения и состава транспортного потока, особенностей дорожных условий и применяемых средств регулирования движения, воздействия погодно-климатических факторов.

Средняя скорость потока автомобилей по однородному участку дороги, в пределах которого не происходит изменения каких-либо характеристик дорожных условий, рассчитывают по формуле:

$V = GqV_o$ - a$K_a N_ч$, где
(23.7)

G - коэффициент, учитывающий влияние состояния покрытия на среднюю скорость транспортного потока;

q - коэффициент, учитывающий влияние дорожных условий и состава транспортного потока на скорости движения;

V_o - средняя скорость свободного движения однородного потока, состоящего из легковых автомобилей, на прямолинейном горизонтальном участке дороги с проезжей частью шириной 7,5 м, краевыми полосами шириной по 0,75 м, укрепленными обочинами шириной по 3,5 м (принимают V_o = 80 км/ч);

а - коэффициент, зависящий от доли легковых автомобилей в составе транспортного потока (см. табл. 23.28);

K_a - поправочный коэффициент к значению а;

$N_ч$ - интенсивность движения, авт./ч, определяемая по формуле (23.4);

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$G = \frac{t_c g_c + t_в g_в + t_з g_з + t_г g_г}{365},$$

(23.8)

t_C, $t_в$; $t_з$, $t_г$ - количество дней в году соответственно с сухим, влажным, заснеженным покрытием и с гололедом;

g_C, $g_в$; $g_з$, $g_г$ - коэффициенты снижения скорости: для сухого покрытия

g_C = 1,0, влажного $g_в$ = 0,85, заснеженного $g_з$ = 0,8, при гололеде $g_г$ = 0,45;

$$\theta = \prod_{i=1}^{9} \tau_i,$$

(23.9)

t_1, t_2,... t_9 - коэффициенты, определяемые по табл. 23.29 - 23.37.

Таблица 23.28.

Коэффициент t_1 и а

Доля легковых автомобилей в потоке, %	Значения t_1	Значения а
100	1,0	0,007
70	0,9	0,01
50	0,8	0,012
40	0,78	0.013

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

20	0,75	0,016
10	0,67	0,018
0	0,62	0,02

Таблица 23.29.

Коэффициент t_2

Уклон, %	Значения t_2	Уклон, %	Значения t_2
0	1,0	5	0,68
2	0,92	6	0,56
3	0,84	7	0,45
4	0,76	8	0,34

Таблица 23.30.

Коэффициент t_3

Тип разметки	Значения t_3 при ширине проезжей части, м					K_a
	6,0	7,0	7,5	9,0	10,5	
Без разметки	0,70	0,90	1,0	1,05	1,10	1,00

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Краевая разметка	0,64	0,87	0,98	1,08	1,15	0,82
Осевая прерывистая разметка	0,68	0,89	1,0	1.05	1,10	0,76
То же в сочетании с краевой	0,55	0,74	0,92	1,08	1,15	0,70
Сплошная разделительная линия	0,59	0,75	0,78	1,04	1,00	0,62

Таблица 23.31.

Коэффициент t_4

Ширина обочины, м	Значения t_4	Ширина обочины, м	Значения t_4
3,75 и более	1,0	1,0	0,75
2,5	0,9	0	0,6
1,5	0,85		

Таблица 23.32.

Коэффициент t_5

Радиус кривой в плане, м	Значения t_5	Радиус кривой в плане, м	Значения t_5
600 и более	1,0	200	0,80
500	0,96	100	0.75
400	0,92	50	0,70

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

300	0,87	менее 50	0,60

Таблица 23.33.

Коэффициент t_6

Расстояние видимости, м	Значение t_6	Расстояние видимости, м	Значение t_6
В плане		В продольном профиле	
600-700	1,0		
300-400	0,95	более 150	1,0
200-250	0,90	100	0,95
100-150	0,80-0,85	50	0,75
менее 100	0,75	менее 50	0,60

Таблица 23.34.

Коэффициент t_7

Число полос движения	Значения t_7	Число полос движения	Значения t_7
1	0,5	4	1,13
2	1,0	5 и более	1,20
3	1,05		

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Таблица 23.35.

Коэффициент t_8

Характеристика населенного пункта	Значения t_8
Населенный пункт отсутствует	1,0
Имеются тротуары и полосы для местного движения	0,9
Имеются тротуары	0,8
Тротуары отсутствуют	0.6

Таблица 23.36.

Коэффициент t_9

Дорожные условия перед подъемом с уклоном более 30 ‰	Значения t_9
Подъем	1,0
Горизонтальный участок	0,9
Спуск	1,2
Малый мост	0,9
Сужение проезжей части	0,8

Таблица 23.37.

Коэффициент K_a

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Длина подъема, м	Поправочный коэффициент K_a к значению а при уклоне, %			
	3	4	5	6
Менее 200	1,10	1,15	1,21	1,30
350	1,11	1,20	1,25	1,32
500	1,19	1,25	1,30	1,36
Более 800	1,22	1,32	1.38	1,45

При определении q по формуле (23.9) необходимо учитывать, что на участках со значительными уклонами влияние уклона на скорость движения будет преобладающим по сравнению с другими характеристиками дорожных условий. Поэтому при уклонах более 45 ‰ и длине подъема более 200 м, при уклонах более 55 ‰ и длине подъема более 200 м и уклонах более 65 ‰ и длине подъема более 100 м из значений t_1, t_2,... t_9 принимают в качестве расчетного наименьшее, а все другие коэффициенты считают равными 1,0.

Коэффициент K_a принимают по табл. 23.30 для кривых в плане и по табл. 23.37 для участков с продольными уклонами более 30 ‰ (при совпадении кривой в плане с подъемом в формулу подставляют большее из найденных значений K_a).

Средняя скорость потока автомобилей для дороги или участка протяжением L может быть рассчитана по формуле:

$$V_{cp} = \frac{L}{\sum_{i=1}^{n} \frac{l_i}{V_i}},$$ где (23.10)

n - количество участков, однородных по дорожным условиям;

l_i - протяженность i-го участка, км

V_i - скорость потока автомобилей для i-го участка, км/ч, рассчитанная по формуле (23.7).

В Рекомендациях по обеспечению безопасности движения: ОДМ Минтранс России предлагается рассчитывать среднюю скорость транспортного потока по разным зависимостям отдельно для автомобильных дорог и автомагистралей, запроектированных и построенных с выполнением всех требований, предъявляемых к дорогам I-й категории.

Средняя скорость движения транспортного потока в каждом направлении ($V_{1,2}$) на автомобильных магистралях с 4 полосами проезжей части определяется из выражения:

$$V_{1,2} = \left(V_0' \cdot k_1 \cdot q_1 + V_0'' \cdot k_2 \cdot q_2\right) A - \varphi \Delta V, \text{ км/ч, где} \quad (23.11)$$

V_0' - свободная скорость движения по правой полосе (105 км/ч);

V_0'' - свободная скорость движения по левой полосе (117 км/ч);

k_1, k_2 - коэффициенты, зависящие от числа легковых автомобилей на данной полосе проезжей части, определяют по табл. 23.38.

Таблица 23.38.

Коэффициенты k_1, k_2

Число легковых автомобилей в потоке на данной полосе движения, %	100	80	60	40	20 и менее

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

k_1, k_2	1,0	0,96	0,91	0,86	0,83

q_1 - относительное количество автомобилей, движущихся по правой полосе при разной интенсивности движения в данном направлении, доли единицы, (табл. 23.40). Распределение автомобилей по полосам движения может быть принято по табл. 23.39.

Таблица 23.39.

Распределение автомобилей по полосам движения

Число легковых автомобилей, % от общей интенсивности движения	Число легковых автомобилей на отдельных полосах, % от интенсивности движения на данной полосе	
	правая полоса	левая полоса
20	10	30
40	30	55
60	45	70
80	75	85
100	100	100

Таблица 23.40.

Относительное количество автомобилей, движущихся по правой полосе

Интенсивность движения в данном направлении	500	1000	1500	2000	2500	3000

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

q_1	1,0	0,96	0,91	0,86	0,84	0,83

q_2 - относительное количество автомобилей, движущихся по левой полосе, доли единиц:

$q_2 = 1 - q_1$;

(23.12)

A - обобщающий коэффициент, учитывающий влияние на скорость движения элементов дороги:

$A = k_3 \times k_4 \times k_5$,

(23.13)

k_3 - коэффициент, учитывающий влияние продольного уклона при движении на подъем (табл. 23.41):

Таблица 23.41.

Коэффициент k_3

Уклон, ‰	0	15	20	25	30	35	40
k_3	1,0	0,96	0,94	0,90	0,86	0,82	0,77

k_4 - коэффициент, учитывающий влияние развязок в разных уровнях (табл. 23.42).

Таблица 23.42.

Коэффициент k_4

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Интенсивность движения по съездам развязки, % от интенсивности движения по магистрали	Значения k_4 при интенсивности движения по магистрали в обеих направлениях, авт./ч			
	менее 2000	2000 и более	Менее 2000	2000 и более
10	0,97	0,90	1,0	1,0
20	0,90	0,85	1,0	0,95
30	0,75	0,70	0,95	0,90
40	0,65	0,60	0.80	0.70

k_5 - коэффициент, учитывающий влияние больших мостов, равен 0,85;

y - коэффициент, зависящий от числа грузовых автомобилей в транспортном потоке заданного направления движения:

Число грузовых автомобилей, %.....80 60 40 20

y.....0,018 0,016 0,014 0,012

N - интенсивность движения в одном направлении, авт./ч.

Для оценки изменения скорости потока автомобилей по длине дорог с изменяющимися условиями движения необходимо построение эпюры скорости. При этом учитывают, что постепенное снижение и последующее увеличение скорости на сложных участках происходят в зонах их влияния. В среднем длина этих зон составляет 200 м на подъездах к сложному участку и 300 м на выезде.

Скорости движения автомобилей разных типов, входящих в транспортный поток, определяют по формулам:

$V_г = V_{1,2} - DV \times a_{1,2}$; $V_л = V_г + DV$; $V_a = 0,6V_г$, где

$V_г$ - скорость движения грузовых автомобилей;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$V_л$ - скорость движения легковых автомобилей;

V_a - скорость движения пригородных маршрутных автобусов.

$a_{1,2}$ - число легковых автомобилей в транспортном потоке заданного направления движения;

DV - разность скоростей движения легковых и грузовых автомобилей, зависящая от интенсивности движения (табл. 23.43).

Таблица 23.43.

Разности скоростей DV

Интенсивность движения в одном направлении, авт./ч	500	1000	1500	2000	2500	3000
Разность скоростей, км/ч	23	18	15	10	8	6

23.4. Расчет максимальной скорости движения одиночного автомобиля

При оценке проектных решений эпюра изменения максимальной скорости движения автомобиля может быть использована для выявления участков, на которых элементы плана и продольного профиля не обеспечивают расчетную скорость движения, а также для оценки безопасности движении по методу коэффициентов безопасности.

Скорость движении в любой точке запроектированной дороги как на вертикальных кривых, так и на прямолинейных участках может быть рассчитана по формуле, предложенной К.А. Хавкиным на основе решения дифференциального уравнения движения автомобиля с учетом инерционных сил:

$$V_s = \sqrt{(V_0^2 - k_1)e^{-\mu} + k_1 + k_2 S},$$ где

(23.14)

V_S - скорость движения автомобиля в точке, удаленной на расстояние S от начала элемента продольного профиля, для которого ведется расчет, м/с;

V_0 - скорость движения автомобиля в начальной точке элемента, для которого ведется расчет, м/с;

$$k_1 = \frac{1}{b}(a - f - i_1) + \frac{k_2}{\mu};$$

a, *b* - коэффициенты уравнения, характеризующие зависимость динамического фактора автомобиля на определенной передаче с заданной степенью открытия дроссельной заслонки (для полностью открытой дроссельной заслонки значения *a*, *b* приведены в табл. 23.44);

Таблица 23.44.

Коэффициенты *a* и *b*

Коэффициенты	Значения коэффициентов *a* и *b* для автомобилей		
	ГАЗ-53	ЗИЛ-130	МАЗ-500
V передача			
a	-	0,059	0,048
b	-	0,00055	0,000036
IV передача (прямая)			
a	0,06	0,087	0,061
b	0,000058	0,000105	0,000056

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

III передача			
a	0,103	0,135	0,109
b	0,000167	0,000327	0,000208
II передача			
a	0,187	0,243	0,207
b	0.00083	0,0016	0,00127

Примечание. Для расчетного легкового автомобиля на прямой передаче принимают: $a = 0{,}1$; $b = 0{,}00076$.

f - коэффициент сопротивления качению;

i_1 - продольный уклон в начальной точке элемента (для подъема уклон берут со знаком «плюс», для спусков - «минус»);

$$\mu = \frac{2gb}{\delta};$$ g = 9,81 м/с^2; $k_2 = 1/R$;

R - радиус вертикальной кривой (знак «плюс» берется для выпуклых кривых, знак «минус» - для вогнутых);

d - коэффициент влияния вращающихся масс автомобиля, который может быть определен по эмпирической формуле:

$$\delta = 1{,}04 + mi_k^2,$$

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

n - коэффициент, принимаемый равным 0,03-0,05 для легковых автомобилей и 0,05-0,07 - для грузовых;

i_k - передаточное число коробки передач.

При использовании уравнения (23.14) для расчета скоростей движения на прямолинейных участках в нее подставляют:

$k_2 = 0$; $k_1 = (a - f - i)/b$.

При расчетах скоростей движения по уравнению (23.14) на участках со значительными продольными уклонами необходимо проверять возможность движения автомобиля с полученной скоростью на соответствующей передаче. Если полученная расчетом скорость движения не соответствует допускаемой для данной передачи, следует повторить расчет для другой передачи.

Для сложных участков, где скорость ограничивают, исходя из требований безопасности движения, необходимо также сравнивать скорость, определенную по уравнению (23.14), с допустимой скоростью движения на данном участке.

Допустимая скорость движения на кривых в плане:

$V_{доп} = \sqrt{127(\mu \pm i_n)}$, где

R - радиус кривой, м;

m - коэффициент поперечной силы, принимаемый равным из условия обеспечения устойчивости против заноса автомобиля 0,15-0,20;

i_n - поперечный уклон проезжей части, принимаемый со знаком «минус» при двухскатном поперечном профиле на кривой, при устройстве виража - со знаком «плюс».

Допустимая скорость движения по переходной кривой:

$V_{доп} = \sqrt[3]{47RLJ}$, где

L - длина переходной кривой, м;

J - допустимая скорость нарастания центробежного ускорения, принимаемая равной 0,5-0,8 м/с^2.

На участках кривых в плане с ограниченной видимостью допустимая скорость движения:

$$V_{доп} = \sqrt{\frac{127\left(\varphi_1^2 - i^2\right)}{K_э \varphi_1}\left(S - l_0\right)},$$ где

j_1 - коэффициент продольного сцепления;

i - продольный уклон, ‰;

S - расстояние видимости, м;

$K_э$ - коэффициент эксплуатационных условий торможения ($K_э$ = 1,2 - 1,8);

l_0 - запас пути, l_0 = 5-10 м.

При ограничении видимости на выпуклых переломах продольного профиля вследствие вписывания вертикальных кривых недостаточно большого радиуса, допустимая скорость:

$$V_{доп} = \sqrt{\frac{127\left(\varphi_1 + i_1\right)\left(\varphi_1 + i_2\right)}{K_э \varphi_1}\left(\sqrt{9{,}6R} - l_0\right)},$$ где

i_1 , i_2 - уклоны сопрягающихся участков продольного профиля;

R - радиус выпуклой вертикальной кривой, м.

Допустимая скорость движения по вогнутым вертикальным кривым:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$V_{доп} = \sqrt{13aR_{вог}}$, где

a - допустимое центробежное ускорение (a = 0,5-0,7 м/с^2);

$R_{вог}$ - радиус вогнутой вертикальной кривой, м.

Длина участка, в пределах которого происходит уменьшение скорости движения от значения, рассчитанного по уравнению (23.14), до допустимого значения, рассчитанного по формуле:

$$V_{доп} = \frac{\left(V_1^2 - V_2^2\right)K_э}{254\left(\gamma_1\varphi_1 + f \pm i\right)},$$ где

V_1 - скорость на подходе к участку с ограниченной скоростью, км/ч;

g_1 - коэффициент использования тормозов (произведение g_1j_1 рекомендуется принимать равным 0,2 при неблагоприятном состоянии покрытия и 0,5 при нормальном состоянии);

f - коэффициент сопротивления качению;

i - продольный уклон, ‰;

$K_э$- коэффициент увеличения тормозного пути ($K_э$= 2-2,5).

Скорости движения в пределах участка разгона после окончания участка с ограниченной скоростью рассчитывают по уравнению (23.14).

Среднюю скорость движения на рассматриваемом участке в целом определяют по формуле (23.10).

23.5. Определение степени загрязнения придорожной полосы соединениями свинца

Одним из компонентов, загрязняющих придорожную полосу в результате действия выхлопных газов автомобильных двигателей, работающих на этилированном бензине, являются соединения свинца, относящиеся к веществам повышенной токсичности. Санитарные нормы, действующие в России, допускают увеличение концентрации свинца в почве по сравнению с естественным фоновым содержанием не более чем на 20 мг/кг.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

К основным факторам, определяющим степень загрязнения придорожной полосы свинцом, относят: количество автомобилей, проехавших по дороге за период ее эксплуатации, состав транспортного потока, режимы движения автомобилей, удельный расход топлива автомобилями, рабочие отметки земляного полотна, наличие придорожной растительности, климатические особенности, прежде всего, направление и скорость господствующих ветров по отношению к направлению трассы дороги на рассматриваемом участке.

Для расчета ширины расположенной рядом с дорогой полосы (зоны), в пределах которой за период эксплуатации дороги T лет концентрация свинца в почве становится выше допустимого значения, может быть использована формула, предложенная Р.Х. Измайловым:

$B = B_0 K_a K_г K_н K_в$, где
(23.15)

B_0 - ширина зоны загрязнения в эталонных условиях, характеризующихся следующими параметрами: количество автомобилей, проехавших по дороге, 41 млн. ед.; скорость ветра равная 0; высота насыпи 1 м; средний расход бензина одним автомобилем 25-27 кг/100 км (B_0 = 6,72 м);

K_a - коэффициент, учитывающий количество автомобилей с карбюраторными двигателями, проехавших по дороге за расчетный период T лет, определяемый по табл. 23.45 в зависимости от отношения проехавших автомобилей к эталонному количеству (41 млн. авт.);

Таблица 23.45.

Коэффициенты K_a

$N/N_{эт}$	K_a	$N/N_{эт}$	K_a	$N/N_{эт}$	K_a
0,25	0,12	1,0	1,0	1,75	2,36
0,5	0,34	1,25	1,41	2,0	2,9
0,75	0,64	1,5	1,86	3,0	5,42

$K_г$ - коэффициент, назначаемый по табл. 23.46 в зависимости от отношения удельного расхода бензина в расчетных q и эталонных $q_{эт}$ условиях;

Таблица 23.46.

Коэффициенты $K_г$

$q/q_{эт}$	$K_г$	$q/q_{эт}$	$K_г$	$q/q_{эт}$	$K_г$
0,25	0,12	1,0	1,0	1,75	2,36
0,5	0,34	1,25	1,41	2,0	2,9
0,75	0,64	1,5	1,86	3,0	5,42

$K_н$ - коэффициент, учитывающий влияние высоты земляного полотна на распределение свинца в почвах придорожной полосы (табл. 23.47);

Таблица 23.47.

Коэффициенты $K_г$

Высота насыпи, м	$K_н$	Высота насыпи, м	$K_н$	Высота насыпи, м	$K_н$
1	1,0	4	1,30	7	1,37
2	1,16	5	1,33	8-10	1,38
3	1,24	6	1,35		

$K_в$ - коэффициент, учитывающий влияние скорости и направления ветра на степень загрязнения придорожной полосы, определяемый по табл. 23.48 в зависимости от показателя W, учитывающего скорости и повторяемость ветров различных направлений, а также направление трассы дороги.

Таблица 23.48.

Коэффициенты $K_в$

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

W	$K_в$	W	$K_в$	W	$K_в$
800	1,38	1400	2,16	2000	3,36
1000	1,59	1600	2.51	2200	3,78
1200	1,85	1800	2.91		

Значения показателя W следует определять отдельно для ветров, дующих слева и справа от дороги:

$$W = \sum_{i=1}^{4} V_i p_i \sin \varphi_i,$$ где

V_i - средняя скорость ветров для i-го румба, м/с;

p_i - повторяемость ветров i-го румба, %;

j_i - угол между i-м румбом и направлением трассы дороги.

Для расчета загрязнения с каждой стороны дороги выбирают по 4 румба. Например, если трасса имеет направление ЮВ 30°, то при расчете загрязнения слева от дороги необходимо учесть скорость и повторяемость ветров, дующих с юга, юго-запада, запада и северо-запада, при расчете загрязнения справа от дороги - ветров противоположных направлений.

Концентрация свинца (мг/кг) в почве придорожной полосы:

$p = 10 + al^{-0,65}$, где

l - расстояние от бровки земляного полотна, м;

a - коэффициент, учитывающий ширину зоны загрязнения; ($a = 20B^{0,65}$);

B - ширина зоны загрязнения, рассчитываемая по формуле (23.15).

Следует учитывать, что приведенные выше зависимости относятся к участкам дорог, вдоль которых отсутствуют густые придорожные насаждения, оказывающие

влияние на скорость ветра и изменяющие распределение свинца на придорожной полосе. Исследования показывают, что при наличии таких насаждений основная часть соединений свинца задерживается в зоне между дорогой и зеленой полосой, а также в пределах полосы. В связи с этим, если вдоль дороги существуют или будут устроены зеленые полосы с числом рядов деревьев не менее 3, удаленные от бровки земляного полотна на расстояние до 25 м, ширину зоны загрязнения можно принимать равной расстоянию от бровки земляного полотна до границы зеленой полосы.

23.6. Расчет загрязнения атмосферного воздуха выбросами автомобильного транспорта

Для оценки уровня загрязнения воздушной среды вредными веществами, содержащимися в отработавших газах двигателей автомобилей, используют методику и расчетные формулы, приведенные в Рекомендациях по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов Федерального дорожного департамента Минтранса России. Расчет может быть произведен для следующих веществ: окиси углерода - CO, окислов азота - NO_x, углеводородов C_nH_m.

Мощность эмиссии отдельно каждого газообразного вредного вещества определяют по формуле:

$$q = 0{,}0000206 m \left[\left(\sum_i G_{ik} N_{ik} K_k \right) + \left(\sum_i G_{id} N_{id} K_d \right) \right],$$ где

q - мощность эмиссии данного вида вещества на участке с конкретными дорожными условиями, г/м.с;

m - коэффициент, учитывающий дорожные условия через среднюю скорость транспортного потока, принимают по табл. 23.49 в зависимости от ее значения;

G_{ik} - средний расход топлива для данного типа автомобилей с карбюраторными двигателями, л/км;

G_{id} - средний расход топлива для данного типа автомобилей с дизельными двигателями, л/км;

Таблица 23.49.

Значения коэффициента m

Средняя скорость, км/ч	Значения *m*	Средняя скорость, км/ч	Значения *m*
20-30	0,65	60-70	0,10
30-40	0,55	70-80	0,13
40-50	0,34	80-90	0,18
50-60	0,15		

N_{ik} - интенсивность движения автомобилей с карбюраторными двигателями, авт./ч;

N_{id} - интенсивность движения автомобилей с дизельными двигателями, авт./ч;

K_k, K_d - коэффициенты, принимаемые для рассматриваемого вещества по табл. 23.50.

Таблица 23.50.

Значения коэффициентов K_k и K_d

Вид вредных веществ	Тип двигателя	
	карбюраторный K_k	дизельный K_d
Окись углерода	0,6	0,14
Углеводороды	0,12	0,037
Окислы азота	0,06	0,015

Для расчета концентрации в воздухе вредных веществ используют формулу, в основу которой положена модель Гауссовского распределения примесей в атмосфере на небольших высотах:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$C = \frac{2q}{\left(\sqrt{2\pi}\right)\sigma V \sin \varphi},$$

где

(23.16)

C - концентрация данного вида вредного вещества в воздухе, г/м3;

d - стандартное отклонение Гауссового рассеивания, принимаемое по табл. 23.51 в зависимости от удаления от кромки проезжей части;

V - скорость ветра, м/с;

j - угол между направлениями ветра и дороги, градусы (при угле менее 30° в формулу (23.16) вместо синуса угла подставляют коэффициент, равный 0,5);

F - фоновая концентрация данного вида вещества в воздухе, г/м^3.

Таблица 23.51.

Значения стандартного Гауссовского отклонения при удалении от кромки проезжей части

Уровень солнечной радиации (погодные условия)	Значения стандартного Гауссовского отклонения при удалении от кромки проезжей части, м								
	10	20	40	60	80	100	150	200	250
Сильная (солнечная погода)	2	4	6	8	10	13	19	24	30
Слабая (пасмурная погода)	1	2	4	6	8	10	14	18	22

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

ГЛАВА 24. ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ДОРОГ И ИХ РЕКОНСТРУКЦИИ

24.1. Влияние дорожных условий на безопасность движения

Безопасность движения по дорогам может быть достигнута только при условии одновременного проведения комплекса мероприятий:

совершенствования конструкции автомобилей и других транспортных средств; содержания транспортных средств в надлежащем техническом состоянии;

строгого соблюдения водителями и пешеходами не только правил дорожного движения, но и высокой культуры вождения и взаимной вежливости;

обеспечения необходимых элементов как плана, так и продольного профиля дорог, которые дают возможность движения автомобилей с высокими расчетными скоростями;

поддержания дорожно-эксплуатационной службой высоких транспортных качеств дорог путем обеспечения необходимой прочности, ровности, коэффициента сцепления покрытий, необходимых расстояний видимости и т.д.;

надлежащей информации водителей о дорожных условиях в пути следования и правильном режиме движения путем установки дорожных знаков, издания маршрутных дорожных схем и карт, использования сети местного телевидения и радиовещания и других средств массовой информации.

В статистике дорожно-транспортных происшествий обычно учитывают количество происшествий за определенный период времени. Для сравнения относительной опасности маршрутов или отдельных участков дороги используют **коэффициент относительной аварийности** - число дорожно-транспортных происшествий на 1 млн. авт.-км пробега для длинных участков дороги или на 1 млн. прошедших автомобилей для коротких участков дороги (мост, пересечение, кривая малого радиуса и т.д.).

Официальная статистика относит к числу дорожно-транспортных происшествий, вызванных неудовлетворительными дорожными условиями, сравнительно небольшой процент, полагая, что подавляющее число происшествий возникает в результате неправильных действий водителей. Более глубокий анализ обстоятельств возникновения дорожно-транспортных происшествий показывает, что во многих из них проявлялось сопутствующее влияние дороги, осложнившей управление автомобилем или предопределившей ошибки водителей.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Дорожно-транспортные происшествия чаще всего возникают в местах, где водители сталкиваются с внезапным осложнением дорожных условий, вызывающих необходимость изменения сложившегося режима движения, чаще всего резкого снижения скорости. В этих местах в связи с неблагоприятными сочетаниями элементов плана и профиля, скользкого дорожного покрытия, ухудшением его ровности, возможностью внезапного появления пешеходов и т.д. допустима лишь ограниченная скорость. В то же время, если на предшествующих участках дороги причины для резкого ограничения скорости движения отсутствуют, то утомленные водители, имеющие повышенную продолжительность реакции на опасность, либо водители неопытные или недисциплинированные, которые продолжают ехать с повышенной скоростью, не считаясь с особенностями расположенных впереди участков дороги, неожиданно сталкиваясь с необходимостью резкого снижения скорости, могут попасть в аварийную ситуацию.

Основными показателями безопасности дорожного движения является отсутствие на дороге конкретных мест, на которых происходит резкое изменение скорости движения транспортного потока на относительно коротком участке пути, а также малый перепад скоростей на таких участках.

Исследования психофизиологических процессов, возникающих а организме водителей, показали, что проезд трудных участков дороги всегда сопровождается резким повышением их эмоциональной напряженности. Устранение опасных и неудобных для движения участков дороги обеспечивает одновременно и существенное улучшение условий труда водителей.

Хотя на опасных участках в аварии попадают только единичные автомобили, на этих участках весь транспортный поток снижает скорость движения, что уменьшает эффективность использования автомобильного транспорта. Поэтому мероприятия по повышению безопасности движения обеспечивают одновременно как снижение стоимости автомобильных перевозок, так и улучшение условий труда водителей и повышение комфортабельности пассажирских сообщений.

Наиболее опасными на дорогах являются:

участки резкого уменьшения на относительно коротких отрезках дороги допускаемых скоростей, обеспечиваемых элементами плана и продольного профиля, преимущественно в связи с недостаточной видимостью и малыми радиусами кривых или отсутствием виражей;

участки резкого несоответствия одного из элементов дороги скоростям движения, обеспечиваемым другими ее элементами (скользкое покрытие на кривой большого радиуса, узкий малый мост на длинном горизонтальном прямом участке, кривая малого радиуса в конце затяжного спуска и т.д.);

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

участки, где план и продольный профиль дороги создают возможность значительного возрастания скоростей, которые могут превысить безопасные при данной ровности и шероховатости покрытия (затяжные спуски на прямых участках);

участки, где у водителей может возникнуть неправильное представление о дальнейшем направлении дороги за пределами прямой видимости;

места слияния или пересечения потоков движения на перекрестках, съездах и примыканиях, переходно-скоростных полосах;

места, где имеется возможность неожиданного появления на дороге пешеходов и въезда транспортных средств с придорожной полосы;

участки, где однообразие придорожного ландшафта, плана и профиля дороги способствует потере водителями легковых автомобилей контроля за скоростью или же где такое однообразие приводит к утомлению и сонливости водителей грузовых автомобилей.

Для выявления участков дороги, характеризующихся неудачными сочетаниями элементов, создающими опасность дорожно-транспортных происшествий, а также для оценки относительной опасности маршрута следует применять методы «коэффициентов относительной аварийности» и «коэффициентов безопасности».

24.2. Оценка относительной опасности участков дороги и выявление опасных мест методом «коэффициентов относительной аварийности»

Метод «коэффициентов относительной аварийности» основан на обобщении данных статистики дорожно-транспортных происшествий. Он особенно удобен для анализа участков дорог, находящихся в эксплуатации и подлежащих реконструкции.

Степень опасности участков дороги характеризуют итоговым коэффициентом аварийности, который представляет собой произведение частных коэффициентов, учитывающих влияние отдельных элементов плана и профиля;

$$K_{авар} = \prod_{i=1} K_i,$$ где

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$К_1$, $К_2$, $К_3$, ..., $К_{18}$ - частные коэффициенты аварийности, представляющие собой количество происшествий при том или ином значении элемента плана и профиля по сравнению с эталонным горизонтальным прямым участком дороги, имеющим проезжую часть шириной 7,5 м и укрепленные широкие обочины.

Частные коэффициенты аварийности определяют по табл. 24.1:

Таблица 24.1.

Частные коэффициенты аварийности

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Наименование показателей	Величина показателей									
Интенсивность движения, тыс. авт./сут	0,5	1	3	5	7	9	11	13	15	20
K_1 (дороги с двумя полосами движения)	1,4	1,1	0,75	1,0	1,3	1,7	1,8	1,5	1,0	0,6
K_1 (дороги с тремя полосами движения, с разметкой на три полосы)	—	—	0,65	0,75	0,9	0,96	1,25	1,5	1,3	1,0
K_1 (то же, с разметкой на две полосы движения)	—	—	0,94	1,18	1,28	1,37	1,51	1,63	1,45	1,25
Интенсивность движения, тыс. авт./сут	11—14		14—17		17—20		20—23	23—26	26—29	29—32
K_1 (дороги с четырьмя и более полосами движения)	1,0		1,1		1,3		1,7	2,2	2,8	3,4
Ширина проезжей части, м	4,5	5,5	6	7	7,5	9	14—15		14—15*	
K_2 при укрепленных обочинах	2,2		1,5		1,35	1,05	1,0	0,8	0,6	0,5
K_2 при неукрепленных обочинах	4,0		2,75		2,5	1,75	1,5	1,0	0,8	0,7
Ширина обочин, м	0,5		1,5			2,0		3,0	4,0	
K_3 (дороги с двумя полосами движения)	2,2		1,4			1,2		1,0	0,8	
K_3 (дороги с тремя и четырьмя полосами движения)	1,37		0,73			0,65		0,49	0,35	
Продольный уклон, ‰	20		30		50	80		90	100	120
K_4	1,0		1,25		2,5	3,0		2,1	2,9	2,5
Радиус кривых в плане, м	20	40	50	100	150	200—300	400—600	1000—2000	>2000	
K_5 (равнинные и предгорные участки)	—	—	10	5,4	4,0	2,25	1,6	1,25	1,0	
K_5 (горно-долинные участки)	2,7	2,2	1,9	1,3	1,0	—	—	—	—	
K_5 (перевальные участки)	3,0	2,5	2,1	1,6	1,0	—	—	—	—	
Видимость проезжей части, м	30	50	100	150	200	250	350	400	500	
K_6 (в плане): равнинные и предгорные участки	—	3,6	3,0	2,7	2,25	2,0	1,45	1,2	1,0	
горно-долинные участки	2,0	1,5	1,2	1,0	—	—	—	—	—	
перевальные участки	2,0	1,5	1,2	1,0	—	—	—	—	—	
K_6 (в продольном профиле): равнинные и предгорные участки	—	5,0	4,0	3,4	2,5	2,4	2,0	1,4	1,0	
горно-долинные участки	2,0	1,6	1,3	1,1	1,0	—	—	—	—	
перевальные участки	2,2	1,8	1,5	1,3	1,0	—	—	—	—	

Ширина проезжей части моста по отношению к проезжей части дороги	Меньше на 1 м	Равна	Больше на 1 м	Больше на 2 м	Равна ширине земляного полотна
K_7	6,0	3,0	2,0	1,5	1,0

Протяженность прямого участка, км	≤3	5	10	15	20	≥25
K_8	1,0	1,1	1,4	1,6	1,9	2,0

Число полос движения	2	3 (без разметки)	3 (с разметкой)	4 (без разделительной полосы)	4 (с разделительной полосой)
K_9	1,0	1,5	0,9	0,8	0,65

Ширина разделительной полосы, м	1	2	3	5	10	15
K_{10}	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,4

Тип пересечения	В разных уровнях	Кольцевые	В одном уровне при интенсивности движения по пересекаемой дороге, % от суммарной на двух дорогах		
			≤10	10—20	≥20
K_{11}	0,35	0,70	1,5	3,0	4,0

Пересечение в одном уровне при интенсивности движения по основной дороге, тыс. авт./сут	<1,6		1,6—3,5	3,5—5	>5
K_{12}	1,5		2,0	3,0	4,0
Видимость пересечения в одном уровне с основной дорогой, м	≥60	60—40	40—30	30—20	≤20
K_{13}	1,0	1,1	1,65	2,5	5,0
Расстояние от кромки проезжей части до застройки или зеленых насаждений, м	≥50 (застройка с одной стороны дороги)	50—20 (застройка с одной стороны, есть тротуар)	50—20 (застройка с двух сторон, есть тротуар и полоса местного движения)	20—10	≤10 (есть тротуар)	≤10 (есть полоса местного движения)
K_{14}	1,0	1,25	2,5	5,0	7,5	10
Протяженность малого населенного пункта, через который проходит дорога, км	0,5	1	2	3	5	6
K_{15}	1,0	1,2	1,7	2,2	2,7	3,0
Протяженность участков подходов к населенным пунктам, км	≤0,2	0,2—0,6	0,6—1,0	>1		
K_{16}	2,0	1,5	1,2	1		
Расстояние от кромки проезжей части до сооружения, столба или дерева вблизи дороги, м	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	≥5
K_{17}	2,0	1,75	1,4	1,2	1,1	1,0
То же, до оврага глубиной более 5 м, м	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	≥5
K_{17} (без ограждения)	4,3	3,7	3,2	2,75	2,0	1,0
K_{17} (при наличии ограждения)	2,2	2,0	1,85	1,75	1,4	1,0
Состояние покрытия	Скользкое, грязное	Скользкое	Сухое, чистое	Шероховатое	Очень шероховатое	
Коэффициент сцепления	0,2—0,3	0,4	0,6	0,7	0,75	
K_{18}	2,5	2,0	1,3	1,0	0,75	

*при наличии разделительной полосы

Приведенные значения частных коэффициентов получены путем обобщения литературных данных и материалов статистики дорожно-транспортных происшествий в России и за рубежом. По мере накопления новых опытных данных значения коэффициентов должны периодически подвергаться уточнению. Для характерных природно-географических районов были предложены дополнительные коэффициенты, учитывающие, например, проложенные параллельно дороге каналы ирригационной сети, расположенные на земляном полотне аллейные насаждения, наличие извилистых горных трасс и т.д.

В проектах новых дорог не следует допускать участки, для которых итоговый коэффициент аварийности превышает 10-15. В проектах капитального ремонта или реконструкции дорог в условиях пересеченного рельефа местности необходимо предусматривать перестройку участков дорог с коэффициентами аварийности более 25-40 в зависимости от местных условий. Организациям дорожно-эксплуатационной службы рекомендуется:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

наносить разметку проезжей части, запрещающую обгон с выездом на полосу встречного движения, при коэффициенте аварийности более 10-20;

запрещать обгон и ограничивать скорости движения при коэффициентах аварийности, превышающих 20-40.

Поскольку влияние уклона проезжей части на кривых и наличие виражей на значение коэффициента аварийности не учитывается, при оценке безопасности движения следует исходить из эквивалентных радиусов кривых, имеющих то же покрытие, что и рассматриваемые кривые, но уклон виража должен быть равен уклону проезжей части на прямых участках.

Эквивалентные радиусы:

$$R_{экв} = \frac{R\left(\varphi_{кр} \pm i_{кр}\right)}{\left(\varphi_{кр} + i_{кр}\right)},$$ где

R - радиус кривой, м;

j - коэффициент поперечной силы при расчетах на устойчивость, который принимают равным коэффициенту поперечного сцепления;

i - поперечный уклон. Индекс «кр» относится к рассматриваемой кривой, а индекс «пр» к характеристике проезжей части на прилегающем участке.

Частные коэффициенты аварийности устанавливают по табл. 24.1 на основании плана и профиля проектируемой дороги или линейного графика эксплуатируемого участка дороги.

При построении графика итоговых коэффициентов аварийности (рис. 24.1) строят план и продольный профиль дороги с выделением на них всех элементов, для которых должны быть определены частные коэффициенты аварийности (продольные уклоны, вертикальные кривые, кривые в плане, мосты, населенные пункты, пересекающиеся дороги и пешеходные переходы). В специальной графе отмечают места с недостаточной видимостью и ее фактические значения. Масштаб плана и профиля принимают в зависимости от сложности ситуации.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

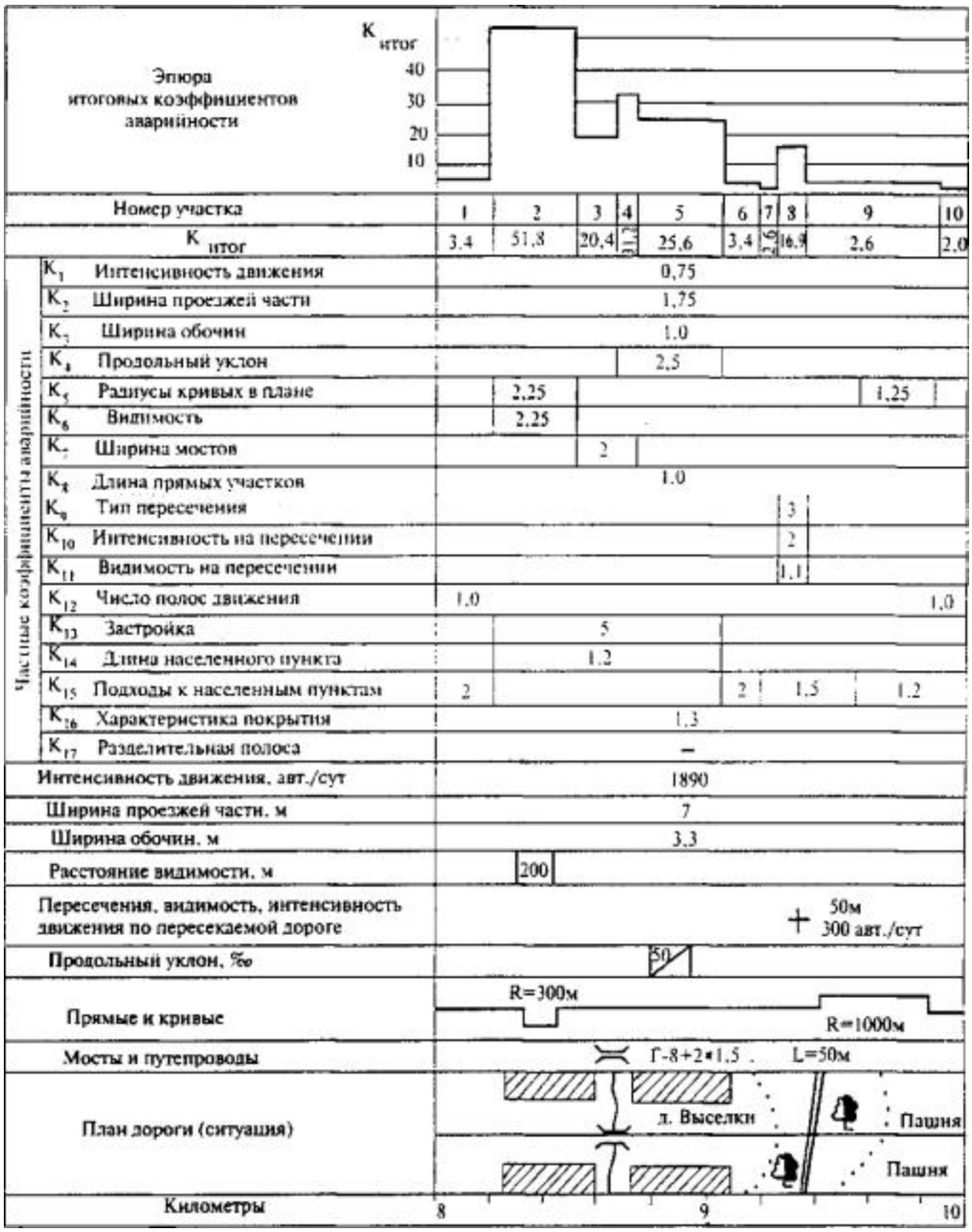


Рис. 24.1. График итоговых коэффициентов аварийности

Под планом и профилем выделяют графы для каждого из учитываемых показателей. В отдельной графе выписывают интенсивности движения на разных участках. Значения интенсивностей берут из проектов новых дорог или по данным учетов, проводимых дорожными организациями или изыскательскими подразделениями, выполняющими обследование дороги для составления проекта реконструкции.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

План и профиль дороги анализируют по каждому из показателей, выделяя однородные участки, для каждого из которых определяют коэффициент аварийности. Значения коэффициентов записывают в выделенные для каждого из них графы. Границы каждого из выделенных участков сносят в специальную графу итоговых коэффициентов аварийности, выделяя, таким образом, границы участков, однородные по степени безопасности. Влияние каждого опасного места распространяется и на прилегающие к нему участки, для которых принимают те же значения коэффициентов. Размеры зон влияния приведены в табл. 24.2. Если на каком-либо участке проявляется влияние нескольких факторов, принимают значение только наибольшего из коэффициентов.

Итоговый коэффициент аварийности определяют последовательно, перемножая частные коэффициенты. Для наглядности в специальной графе линейного графика строят эпюру итоговых коэффициентов, пики которой характеризуют участки, наиболее опасные в отношении возможности дорожно-транспортных происшествий (рис. 24.1). На графике отмечают по материалам учета органами ГИБДД места дорожно-транспортных происшествий за несколько лет.

Таблица 24.2.

Зоны влияния опасных участков

Элементы дороги	Зона влияния, м
Подъемы и спуски	100 м от вершины подъема, 150 м от подошвы спуска
Пересечения в одном уровне	50
Кривые в плане с обеспеченной видимостью, при радиусах более 50 м	50
Кривые в плане с необеспеченной видимостью, при радиусах менее 400 м	100
Мосты и путепроводы	75
Подходы к тоннелям	150
Препятствия и глубокие обрывы вблизи от дороги	75

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Значения частных коэффициентов аварийности, приведенные выше, относятся к расчетному состоянию дорожных покрытий при расчетах элементов трассы - чистому шероховатому, слегка увлажненному покрытию.

В периоды весеннего и осеннего переувлажнения и зимой транспортно-эксплуатационные характеристики дорог существенно изменяются. Для этих случаев в целях оценки изменения условий обеспечения безопасности движения в разное время года используют **сезонные коэффициенты аварийности**. Для оценки влияния износа покрытия и потери ровности в процессе эксплуатации вводят **коэффициенты влияния ровности**. Значения всех указанных выше коэффициентов приведены в справочной энциклопедии, т. II «Ремонт и содержание автомобильных дорог».

При проведении мероприятий по повышению безопасности движения важно провести в первую очередь реконструкцию наиболее опасных участков дороги. При этом для участков с равными значениями итогового коэффициента аварийности необходимо дополнительно учесть тяжесть дорожно-транспортных происшествий на них.

Для этого строят график коэффициентов аварийности с введением дополнительных **коэффициентов тяжести происшествий** (рис. 24.2), значения которых представлены в табл. 24.3. Это дает возможность выявить наиболее опасные участки.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

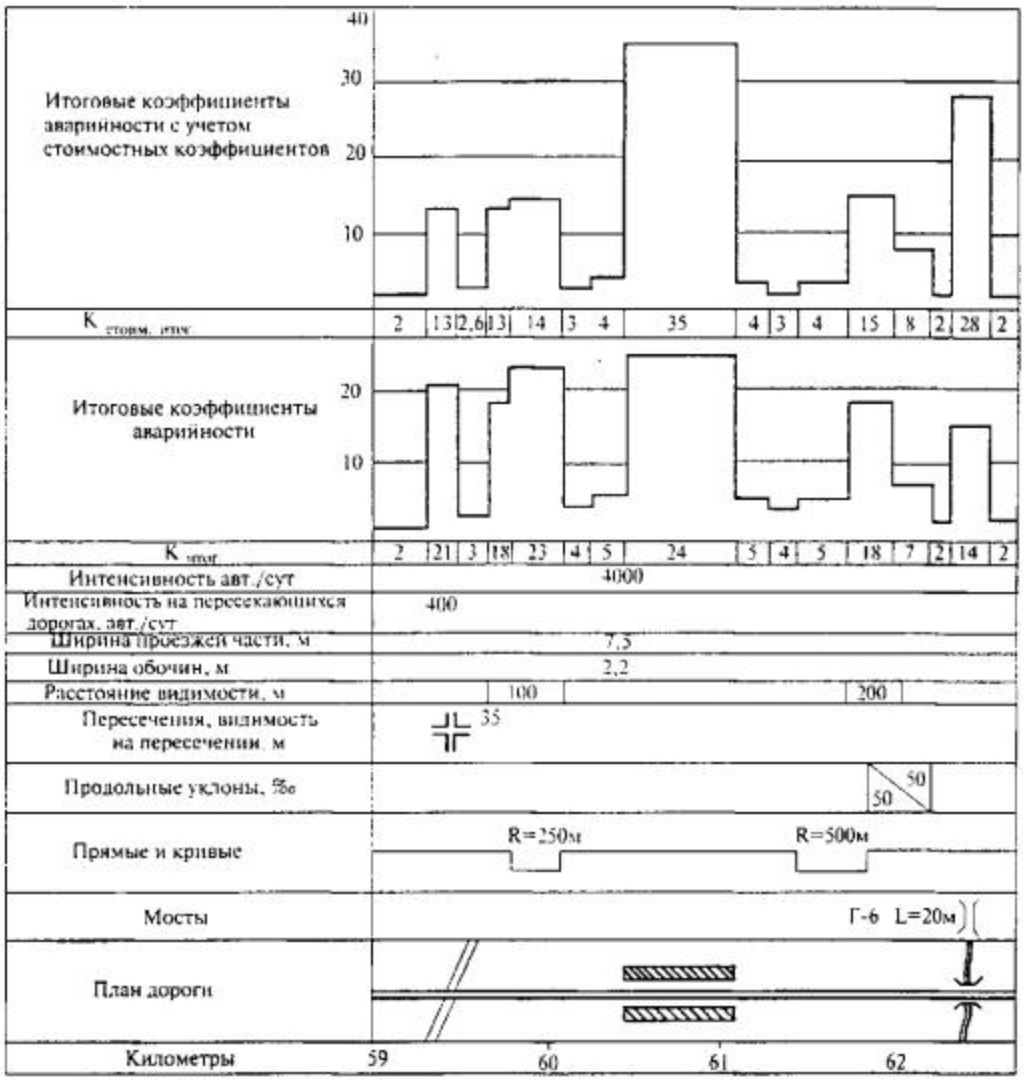


Рис. 24.2. Уточненный график итоговых коэффициентов аварийности с введением поправочных коэффициентов тяжести дорожно-транспортных происшествий

Таблица 24.3.

Коэффициенты тяжести

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Учитываемые факторы	Значения m_i для дорог	
	в равнинной местности	горных
Ширина проезжей части, м:		
4,5	0,7	0,7
6	1,2	1,2
7-7,5	1,0	1.0
9	1,4	1,4
10,5	1,2	1,2
14 без разделительной полосы	1,0	-
15 и более с разделительной полосой	0,9	-
Ширина обочины, м:		
< 2,5		
> 2,5		
Продольный уклон, ‰		

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

< 30	1,0	1,0
> 30	1,25	1,4
Радиусы кривых в плане, м:		
< 350	0,9	0,8
> 350	1,0	1,0
Совпадение кривых малого радиуса в плане и профиле	-	1,05
Видимость в плане и профиле, м:		
< 250	0,7	0,7
> 250	1,0	1,0
Мосты и путепроводы	2,1	1,3
Нерегулируемые пересечения в одном уровне	0,8	0,6
Пересечения в разных уровнях	0,95	
Населенные пункты	1,6	1,0
Число полос движения:		
1	0,9	0,9

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

2	1,0	1,0
3	1,3	1,3
4 и более	1,0	1,0
Наличие деревьев, опор путепроводов, столбов на обочинах и разделительной полосе	1,5	0,9
Отсутствие ограждений в необходимых местах	1,4	1,8
Железнодорожные переезды в одном уровне	0,6	0,6

Для однородного по дорожным условиям участка

$K_{стоимпрог.} = K_{имог.} M_T$, где

$M_T = m_1 m_2 m_3 \ldots$ - коэффициент относительной тяжести происшествий, равный произведению дополнительных стоимостных коэффициентов происшествий, определяемых как отношение потерь при осложненных дорожных условиях по сравнению со средними потерями народного хозяйства от одного происшествия на горизонтальном прямом участке с ровным сухим покрытием шириной 7,5 м и с укрепленными обочинами.

24.3. Выявление опасных мест метолом «коэффициентов безопасности»

Коэффициентом безопасности называют отношение скорости движения, обеспечиваемой тем или иным участком дороги, к максимальной скорости, которая может быть развита на предшествующем ему участке. Чем меньше значение коэффициента безопасности, тем более вероятны дорожно-транспортные происшествия.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Скорости, обеспечиваемые тем или иным участком дороги в продольном профиле, определяют компьютерным расчетом для легкового автомобиля, принятого за расчетный (обычно ГАЗ-31), с использованием дифференциального уравнения тягового баланса автомобиля. В методику расчета скоростей вводят поправки, учитывающие влияние возможной недисциплинированности и недостаточной опытности отдельных водителей.

Для каждого участка дороги строят графики для обоих направлений движения. Если условия движения по дороге в разных направлениях резко различны, график можно строить только для того направления, на котором может быть развита наибольшая скорость.

На спусках скорость рассчитывают по динамической характеристике из условия движения автомобиля под уклон с работающим двигателем. Место, на котором развивается конструктивная скорость - предельная допустимая по условиям управляемости автомобиля на дороге с данным типом покрытия, принимается как участок перепада скорости. Условно считают, что здесь скорость должна быть снижена до средней скорости транспортного потока (60 км/ч).

При расчетах скорости не принимают во внимание местные ее ограничения, накладываемые требованиями правил дорожного движения (ограничения скорости в населенных пунктах, на железнодорожных переездах, на пересечениях с другими автомобильными дорогами, на кривых малых радиусов, в зонах действия дорожных знаков и т.д.). Не учитывают участки торможения для плавного изменения скорости при въезде на кривые малых радиусов, узкие мосты и т.д. В конце каждого участка определяют максимальную скорость, которая на нем может быть развита, без учета возможности движения с ней на последующих участках.

На основе полученных данных строят график изменения по длине дороги коэффициента безопасности (рис. 24.3).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

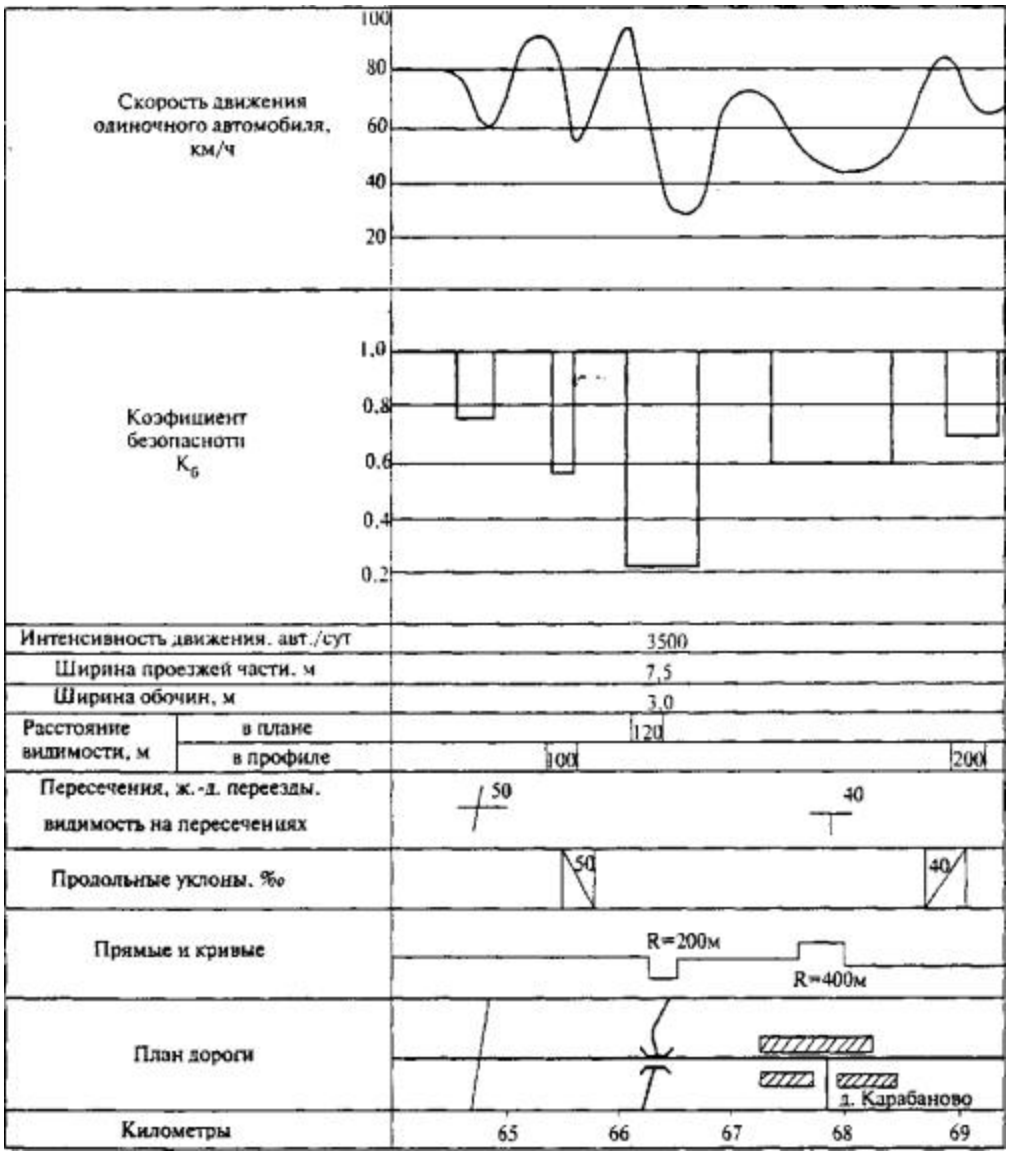


Рис. 24.3. Линейный график скоростей движения одиночных автомобилей и коэффициентов безопасности

По степени опасности участки дороги оценивают, исходя из значения коэффициентов безопасности:

Коэффициенты безопасности		£0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	³0,8
Характеристика условий движения на участке		Очень опасные	Опасные	Малоопасные	Практически неопасные

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В проектах новых дорог недопустимы участки со значениями коэффициента безопасности менее 0,8. При конструкции и капитальном ремонте существующих участков автомобильных дорог следует перепроектировать участки со значениями коэффициентов безопасности менее 0,6.

При разработке проекта реконструкции отдельных участков дороги график скоростей движения может быть построен по данным непосредственных наблюдений за скоростями движения. Возможны два метода сбора необходимых данных.

При первом методе скорости движения измеряют на характерных участках, выделенных путем анализа дорожных условий. Скорости определяют радиолокационными измерителями, выпускаемыми промышленностью по заказу ГИБДД, либо секундомерами продолжительности проезда автомобилями участка известной длины. Необходимое число замеров зависит от интенсивности движения и не должно быть менее указанного в табл. 24.4.

Таблица 24.4.

Необходимое количество замеров скоростей движения

Интенсивность движения, авт./ч	Количество замеров	Интенсивность движения, авт./ч	Количество замеров
50	150	300	60
100	100	500	50
200	80	600	30-40

За характерную для участка принимают скорость, соответствующую 85 % обеспеченности (скорость автомобиля медленнее которого движется 85 % общего количества автомобилей). Эту скорость определяют с использованием кумулятивной кривой (рис. 24.4).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

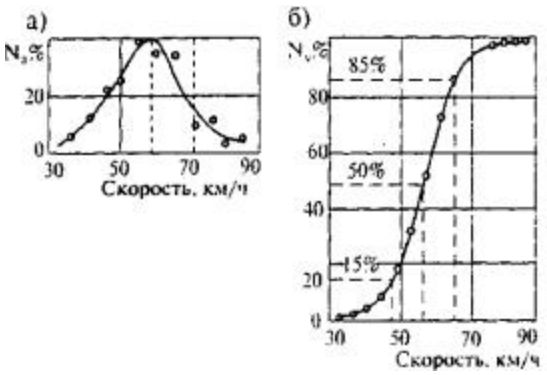


Рис. 24.4. Определение по данным наблюдений скорости, соответствующей 85 % обеспеченности:
а - кривая частот распределения; б - кумулятивная кривая; N_a - количество автомобилей, едущих с данной скоростью; N_v - суммарное количество автомобилей, едущих со скоростью, меньшей заданной

При втором методе организуют контрольные проезды по маршруту испытательного автомобиля, записывая скорости движения режимомерами или регулярно записывая показания спидометра, соответствующее четным десятым километра и моменту проезда через характерные участки - мосты, километровые знаки и т.д.

При проезде маршрута одним водителем получается, несмотря на предписываемый режим свободного движения, характеристика разных участков дороги, которая в известной степени отражает влияние опытности водителя и его индивидуальных особенностей. Для большей объективности следует организовывать проезды на испытательном автомобиле нескольких водителей и определять коэффициенты безопасности с учетом скоростей 85 % обеспеченности.

24.4. Оценка обеспеченности безопасности движения на пересечениях в одном уровне

Степень безопасности движения на пересечениях дорог в одном уровне зависит от направления перекрещивающихся потоков движения, от относительной интенсивности, числа точек пересечения, разветвлений и слияния потоков, а также от расстояний между этими точками.

В каждой из указанных точек, называемых «конфликтными», возможны ошибки водителей, приводящие к дорожно-транспортным происшествиям (рис. 24.5). Чем больше автомобилей проходит через ту или иную точку, тем больше вероятность возникновения происшествий.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

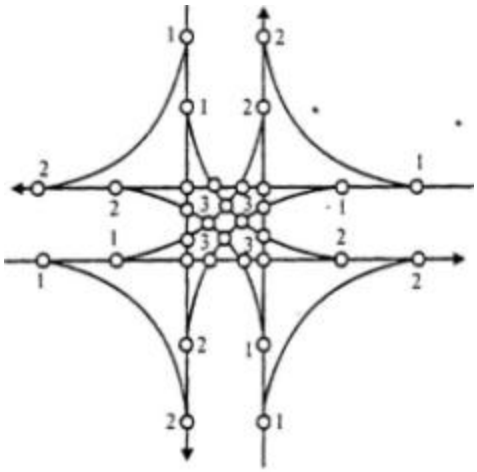


Рис. 24.5. Схема расположения конфликтных точек на пересечениях в одном уровне:
1 - точки разветвления; 2 - точки слияния; 3 - точки пересечения

По методике, предложенной проф. Е.М. Лобановым, можно определить опасность дорожно-транспортных происшествий в каждой конфликтной точке:

$$g_i = K_i M_i N_i \frac{25}{K_c} 10^{-7},$$ где (24.1)

M_i, N_i - интенсивности движения транспортных потоков, пересекающихся в данной конфликтной точке, авт./сут;

K_i - коэффициент относительной (сравнительной) аварийности конфликтной точки;

K_c - коэффициент годовой неравномерности движения, принимаемый для европейской части Российской Федерации по табл. 24.5. Для других регионов для определения его значения должны быть проведены экономические обоснования. Коэффициент 25 введен в формулу (24.1) для учета влияния среднего количества рабочих дней, в течение которых загрузка дорог резко превышает загрузку в нерабочие дни.

Таблица 24.5.

Коэффициент годовой неравномерности движения

Месяцы	Значения коэффициента $K_г$ при среднегодовой суточной интенсивности движения, авт./сут			
	до 1000	1000-2000	2000-6000	>6000
I	0,0885	0,0800	0,0510	0,0510
II	0,0860	0,0660	0,0550	0,0585
III	0,0860	0,0714	0,0550	0,0670
IV	0,0800	0,0750	0,0690	0,0790
V	0,0800	0,0850	0,0750	0,0850
VI	0,0860	0,0714	0,0860	0,0855
VII	0,0816	0,0784	0,1160	0,1000
VIII	0,0875	0,0850	0,1230	0,1320
IX	0,0900	0,1100	0,1130	0,1080
X	0,0840	0,0960	0,0870	0,0890
XI	0,0715	0,0850	0,0834	0,0800
XII	0.0775	0,0790	0,0760	0,0780

При реконструкции дороги коэффициент $K_г$ выбирают соответственно времени, когда была измерена интенсивность движения. Для вновь проектируемых дорог

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

для заданной среднегодовой среднесуточной интенсивности движения значение $K_г$ - постоянно и равно 0,0834.

Опасность всего варианта пересечения в одном уровне оценивают так:

$$G = \sum_{i=1}^{i=n} g_i,$$ где

(24.2)

G - теоретически вероятное количество дорожно-транспортных происшествий на пересечении в один год;

n - количество конфликтных точек.

Степень опасности пересечения оценивают **коэффициентом относительной аварийности**:

$$K_a = \frac{G10^7 K_г}{(M+N)25},$$ где

(24.3)

G - количество происшествий на пересечении за один год;

M - суточная интенсивность движения на главной дороге, авт./сут;

N - то же на второстепенной дороге, авт./сут;

$K_г$ - коэффициент годовой неравномерности движения.

По значениям коэффициента K_a можно судить о степени опасности пересечения:

K_a..... <3 3,1-8 8,1-2 >12

Степень опасности пересечения.... неопасное мало опасное опасное очень опасное

Для каждого из вариантов пересечений определяют значение коэффициента K_a. Чем оно меньше, тем удачнее схема пересечения. Если на вновь проектируемом

пересечении в одном уровне коэффициент аварийности превышает 8, должна быть разработана новая схема пересечения.

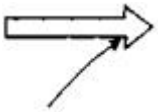
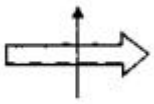
На существующих дорогах в процессе эксплуатации при K_a < 8 предусматривают обеспечение видимости примыкающих дорог с пересечением, устанавливают дорожные знаки и указатели. При K_a = 8-12 выполняют те же мероприятия, что и в предыдущем случае, а также наносят разметку проезжей части. При K_a = 12-16 устраивают островки безопасности на второстепенной дороге, наносят разметку проезжей части. При K_a > 16 строят полностью канализированное пересечение или заменяют крестообразное пересечение кольцевым. Значения коэффициентов относительной аварийности на пересечениях в одном уровне для разных конфликтных точек приведены в таблице 24.6.

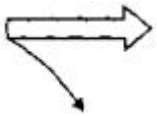
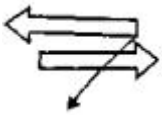
Таблица 24.6.

Коэффициенты относительной аварийности на пересечениях в одном уровне

Условия движения	Направление движения автомобилей	Характеристика пересечения	Значение K_i для пересечения	
			Необорудованного	Канализированного

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Слияние потоков	Правый поворот	Радиус поворота:		
		R < 15 м	0,0250	0,0200
		R = 15 м	0,0040	0,0020
		R = 15 м, переходные кривые	0,0008	0,0008
		R = 15 м, переходно-скоростные полосы, переходные кривые	0,0003	0,0003
	Левый поворот	R = 10 м	0,0320*	0,0022
		10,0 < R < 25 м	0,0025*	0,0017*
		10,0 < R < 25 м, переходно-скоростные полосы	0,0005	0,0005
Пересечение потоков		Угол пересечения:		
		0 < a £ 30	0,0080	0,0040
		30 < a £ 50	0,0050	0,0025
		50 < a £ 75	0,0036	0,0018

		75 < a £ 90	0,0056	0,0018
		90 < a £ 120	0,0120	0,0060
		120 < a £ 150	0,0210	0,0105
		150 < a £ 180	0,0350	0,0175
Разделение потоков	На правом повороте	Радиус поворота:		
		R < 15 м	0,0200	0,0200
		R = 15 м	0,0060	0,0060
		R ³ 15 м, переходные кривые	0,0005	0,0005
		R > 15 м, переходные кривые с переходно-скоростной полосой	0,0001	0,0001
	На левом повороте	R < 10 м	0,0300	0,0300
		10 £ R < 25 м	0,0040	0,0025
		10 < R £ 25 м, переходно-скоростные полосы	0,0010	0,0010

Два поворачивающих потока		Разделение двух потоков	0,0015	0,0010
		Пересечение двух левоповоротных потоков	0,0020	0,0005
		Слияние двух поворачивающих потоков	0,0025	0,0012

* Для определения K_1 в этом случае данные таблицы нужно умножить на коэффициент K_a:

Угол пересечения дорог, град.....до 30 40 50-75 90 120 150 180

K_a..... 1,8 1,2 1,0 1,2 1,9 2,1 3,4

При высокой интенсивности поворачивающих налево потоков автомобилей целесообразно устраивать кольцевые пересечения, опасность движения по которым в 2-2,5 раза меньше, чем по крестообразным, поскольку маневры пересечения транспортных потоков заменяются менее опасными маневрами слияния и разделения потоков.

Значения коэффициентов относительной аварийности для кольцевых пересечений приведены в табл. 24.7.

На существующих дорогах при реконструкции пересечений в одном уровне для повышения безопасности движения разрабатывают схемы, предусматривающие пассивное регулирование движения путем устройства направляющих островков, выделения специальных полос для движения в разных направлениях (канализированное движение).

Таблица 24.7.

Коэффициенты относительной аварийности для кольцевых пересечений

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Схема маневра	Характеристика маневра	Значения К, при радиусе внутренней кромки кольца, м								
		15	20	25	30	40	50	60	80	100
	Слияние потоков:									
	на многополосном кольце при радиусе съезда более 15 м,	0,0040	0,0030	0,0022	0,0018	0,0013	0,0010	0,0008	0,0005	0,0003
	на однополосном кольце при радиусе съезда менее 15 м.	0,0040	0,0030	0,0022	0,0015	0,0010	0,0007	0,0005	0,0004	0,0004
	то же, более 15 м	0,0040	0,0025	0,0013	0,0010	0,0007	0,0005	0,0004	0,0003	0,0003

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

	Разделение потоков:									
	на многополосном кольце при радиусе съезда более 15 м.	0,0028	0,0020	0,0014	0,0012	0,0009	0,0007	0,0005	0,0035	0,0002
	на однополосном кольце при радиусе съезда менее 15 м.	0,0028	0,0020	0,0014	0,0010	0,0007	0,0006	0,0005	0,0004	0,0003
	то же, более 15 м	0,0016	0,0012	0,0010	0,0007	0,0005	0,0004	0,0003	0,0002	0,0002
	Переплетение потоков на многополосном кольце	-	-	-	0,0016	0,0013	0,0010	0,0008	0,0007	0,0006

При реконструкции дорог рациональному размещению направляющих островков и разработке улучшенной схемы движения на пересечениях в одном уровне может помочь анализ статистики дорожно-транспортных происшествий.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

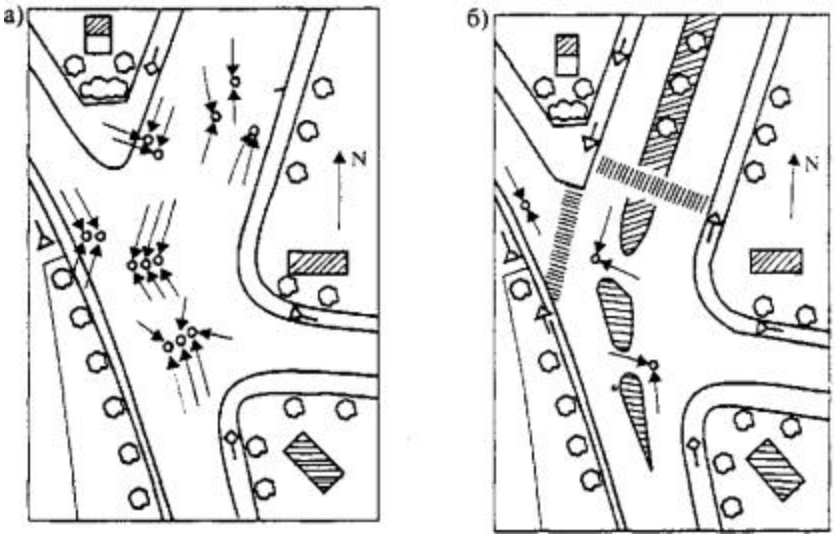


Рис. 24.6. Пример использования плана дорожно-транспортных происшествий для реконструкции перекрестка: а - перекресток до реконструкции; б - после реконструкции

Нанося на план пересечения места дорожно-транспортных происшествий в масштабе 1:100 - 1:250 условными обозначениями пути следования столкнувшихся автомобилей (рис. 24.6), можно установить наиболее опасные конфликтные точки, выявить влияние дорожных условий, вызывающих систематические ошибки водителей. На план наносят все элементы ситуации, которые могут влиять на условия движения пешеходов и автомобилей (границы проезжей части, разграничительные линии на покрытии, опоры путепроводов, мачты уличного освещения и линии электропередачи, велосипедные и пешеходные дорожки, рекламные шиты и т.д.). Места сосредоточения дорожных происшествий характеризуют опасные точки пересечения, что позволяет установить ошибочные действия водителей, возможность повторения которых должна быть устранена устройством и выделением четких полос.

При составлении плана дорожно-транспортных происшествий следует пользоваться установленной системой условных обозначений (рис. 24.7).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

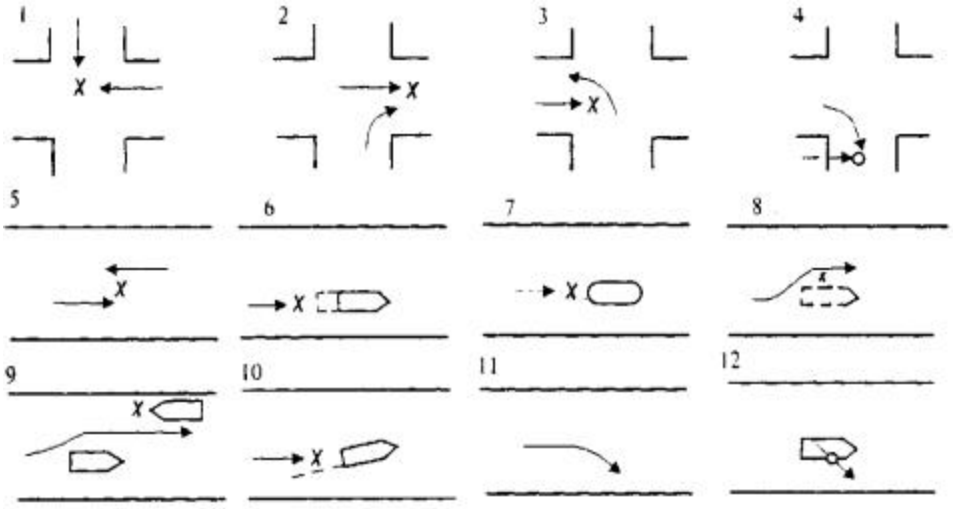


Рис. 24.7. Условные обозначения на планах дорожно-транспортных происшествий: 1 - столкновение на пересечении дорог транспортных средств, едущих прямо; 2 и 3 - столкновение едущего прямо и поворачивающего транспортных средств; 4 - наезд на пешеходов; 5 - встречное столкновение; 6 - столкновение при движении в одном направлении; 7 - наезд на стоящее транспортное средство; 8 и 9 - наезды при обгоне; 10 - столкновение с транспортным средством, выезжающим со стоянки; 11 - съезд с проезжей части; 12 - выпадение пассажиров из движущегося транспортного средства

24.5. Оценка безопасности движения на пересечениях в разных уровнях

Безопасность движения на пересечениях в разных уровнях зависит от интенсивности движения потоков автомобилей, проходящих через конфликтные точки, количество и степень опасности которых определяется схемой развязки.

При сравнении степени обеспечения безопасности движения на пересечениях в разных уровнях с неполной развязкой, когда допускается пересечение транспортных потоков на второстепенных направлениях, исходят из предпосылки, что вероятность дорожно-транспортных происшествий пропорциональна суммарной интенсивности пересекающихся потоков.

Анализ начинают с того, что для разных вариантов расположения съездов строят диаграммы направлений движения, на которых стрелками указывают направления, а их толщиной и подписанными около них цифрами - интенсивность движения. Количество точек, в которых перекрещиваются транспортные потоки, в известной степени характеризуют транспортно-эксплуатационные свойства пересечений и безопасность движения на них.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Для предварительной оценки относительной безопасности движения на пересечениях в разных уровнях неполного типа, на которых допускаются развороты на второстепенных дорогах, можно использовать показатель суммарного количества автомобилей, пересекающихся в конфликтных точках. В этом случае для каждой из сравниваемых схем пересечений должны быть составлены эпюры интенсивностей движения по каждому из направлений и съездов. Наиболее безопасной следует считать ту схему пересечения, для которой суммарная интенсивность пересекающихся потоков будет наименьшей.

На полных развязках в разных уровнях пересечения потоков движения исключаются и в конфликтных точках происходят только маневры слияния и разделения, происходящие при более высоких скоростях, чем на пересечениях в одном уровне.

Схемы развязок неполного типа допускают пересечение потоков автомобилей и развороты на второстепенных дорогах.

Методика оценки опасности движения на пересечениях в разных уровнях аналогична применяемой для пересечений в одном уровне с использованием выражений (24.1), (24.2) и (24.3).

Величина *M* представляет сумму транзитных интенсивностей по основным полосам, на которых происходит слияние и разделение потоков автомобилей - правая полоса проезжей части при правостороннем расположении съездов и левая полоса при левостороннем. *N* - сумма интенсивностей движения по съездам.

Для определения интенсивности движения по полосам следует пользоваться табл. 24.8.

При оценке безопасности движения развязок неполного типа («неполный клеверный лист», «ромб» и т.д.) коэффициенты относительной аварийности принимают для конфликтных точек в местах пересечения или переплетения потоков автомобилей по табл. 24.6, для конфликтных точек слияния и разделения потоков на съездах развязок - по табл. 24.9*.

* Глава 24 подготовлена с использованием материалов раздела 21 проф. В.Ф. Бабкова Справочника инженера-дорожника. (Проектирование автомобильных дорог: Справ. инж.-дор./ Под ред. д-ра. техн. наук, проф. Г.А. Федотова. - М.: Транспорт, 1989).

Таблица 24.8.

Интенсивность движения по полосам автомагистрали проезжей части

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Интенсивность движения по автомагистрали в одном направлении, авт./ч	Четырехполосная магистраль, правая полоса, авт./ч	Шестиполосная магистраль	
		Правая полоса, авт./ч	Левая полоса, авт./ч
200	200	-	-
500	350	-	-
1000	600	450	150
1500	850	600	400
2000	1100	700	700
2500	1350	800	900
3000	1600	900	1100

Таблица 24.9.

Коэффициенты относительной аварийности для съездов пересечений в разных уровнях

Тип съезда	Взаимодействие потоков в конфликтных точках	Характеристики съездов	Значения К для съездов	
			без переходно-скоростных полос	при наличии переходно-скоростных полос

Левоповоротные	Слияние	R < 50 м	0,00065	0,00035
съезды		R > 50 м	0,00030	0,00020
	Разделение	R < 50 м	0,00190	0,00010
		R > 50 м	0,00090	0,00070
Правоповоротные и полупрямые левоповоротные съезды*	Слияние	R = 45-60 м	0,00025	0,00015
		R > 60 м	0,00020	0,00010
	Разделение	R = 45-60 м	0,00050	0,00030
		R > 60 м	0,00035	0,00020
Полупрямые левоповоротные съезды	Разделение двух поворачивающих потоков в процессе движения к съезду	-	0,00020	0,00015
Прямые левоповоротные съезды	То же слияние	-	0,00015	0,00010
	Слияние	R > 60 м	0,00040	0,00020
	Разделение	R > 60 м	0,00070	0,00040

* При отсутствии на пересечении переходных кривых значения относительной аварийности принимают в 1,5 раза большими.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

ГЛАВА 25. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И СООРУЖЕНИЙ НА НИХ

25.1. Понятие о системах автоматизированного проектирования

Накопленный в настоящее время отечественный и зарубежный опыт показывает, что применение математических методов и средств автоматизации и вычислительной техники при проектировании существенно повышает технический уровень и качество проектируемых объектов при заметном снижении строительной стоимости, а также резко сокращает сроки разработки проектов. Автоматизированное проектирование оказывается особенно эффективным, когда от отдельных расчетов на компьютерах переходят к разработке и использованию систем автоматизированного проектирования, в которых уже взаимосвязаны все стадии проектно-изыскательских работ, начиная со сбора, обработки и представления исходной для проектирования информации и кончая оформлением проектно-сметной документации.

Система автоматизированного проектирования (САПР) - это организационно-техническая система, состоящая из комплекса средств автоматизации проектирования, взаимосвязанного с подразделениями проектной организации, выполняющей автоматизированное проектирование (Федотов Г.А. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог. - М.: Транспорт, 1986. - 318 с).

Следует различать проектирование автоматическое и автоматизированное. При автоматическом проектировании процесс получения, преобразования, передачи информации, формирования управляющих команд осуществляется автоматически без участия инженера-проектировщика. Однако и в этом случае проектировщик принимает участие в главных этапах проектного процесса: на этапе подготовки исходных данных для проектирования и на этапе оценки полученного проектного решения с последующей возможной его корректировкой. В автоматическом

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

режиме возможно проектирование относительно простых инженерных сооружений (например, гражданских и промышленных зданий и т.д.).

При автоматизированном проектировании, предназначенном для проектирования сложнейших и даже уникальных инженерных сооружений, таких как автомобильные дороги и сооружения на них, инженер-проектировщик непосредственно участвует в процессе выработки проектного решения, направляя проектный процесс по нужному руслу.

Главный эффект от применения САПР возникает в результате автоматизации различных творческих функций человека на ранних стадиях разработки проекта, когда вырабатываются самые принципиальные решения (например, выбор общего направления трассы автомобильной дороги, установление положения проектной линии продольного профиля и т.д.) Творческий процесс создания инженером-проектировщиком с помощью технических средств САПР математической модели объекта строительства, оперативный анализ в ходе этого процесса достоинств и недостатков модели определяют качественно новую ситуацию в проектировании: инженер-проектировщик в ходе диалога с компьютером всесторонне анализирует большое число вариантов, осуществляет оптимизацию проектных решений, моделирует поведение объекта или отдельных его элементов во времени и пространстве и в конечном итоге выбирает (чаще всего методом экспертных оценок) наилучший вариант для последующей детальной проработки.

САПР - это принципиально новая организационная система, основу которой составляют **компоненты методического, программного, информационного, технического и организационного обеспечения**. Проектирование на уровне САПР предусматривает перестройку всего проектно-изыскательского дела: радикальное изменение состава и знаний инженерно-технического персонала, изменение существующей структуры проектно-изыскательских институтов и фирм, а также технологии изысканий и проектирования.

Функциями САПР являются разработка и выпуск проектно-сметной документации, обладающей уровнем качества, недостижимым средствами традиционного (неавтоматизированного) проектирования.

Коренное отличие системного проектирования от эпизодического применения компьютерной техники при традиционном проектировании заключается в том, что все подсистемы САПР взаимосвязаны и результаты проработок по одной из подсистем непосредственно используются в качестве исходных данных для последующего проектирования без промежуточной переподготовки. Эти результаты, кроме того, могут выдаваться на экран монитора и при необходимости корректироваться инженером-проектировщиком. Таким образом, осуществляется диалог инженера с компьютером.

Целью создания САПР являются:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

повышение качества объектов проектирования. Например, разработка проектов автомобильных дорог, имеющих зрительно плавную трассу, органически вписывающуюся в окружающий ландшафт и обогащающую его, обеспечивающую наилучшие транспортно-эксплуатационные показатели (уровни удобства и безопасность движения, скорости движения, время сообщения, пропускную способность и т.д.);

снижение стоимости строительства объектов и их материалоемкости. Стоимость автомобильных дорог и материалоемкость проектных решений при системном автоматизированном проектировании оказывается на 10-15 % (а иногда и более) ниже соответствующих показателей при использовании традиционной технологии;

сокращение сроков проектирования, трудовых затрат и повышение качества проектно-сметной документации. При системном автоматизированном проектировании сроки проектно-изыскательского цикла (с соответствующим ростом производительности труда) сокращаются в среднем на 20-25 % и более. Подготовка проектно-сметной документации с использованием средств автоматизации обеспечивает оформление проекта (пояснительных записок, смет и чертежей) с качеством, недостижимым при традиционной технологии.

При проектировании автомобильных дорог с использованием САПР наибольший экономический эффект достигается в связи с повышением качества объектов проектирования и снижением сметной стоимости и материалоемкости строительства. Экономический эффект при проектировании с использованием САПР обеспечивают следующие факторы:

системное использование средств автоматизированного проектирования. Результаты проектирования по одной из подсистем САПР автоматически используются в качестве исходной информации для последующих этапов автоматизированного проектирования без трудоемкой ручной переподготовки, определяющей к тому же большое количество неизбежных ошибок. Использование САПР автоматизирует трудоемкие и рутинные операции традиционной технологии (подготовка пояснительных записок, чертежей, смет, расчетов и т.д.);

создание новой технологии производства проектно-изыскательских работ. Проектирование на уровне САПР предполагает использование качественно отличной технологии выполнения проектно-изыскательских работ, характеризуемой системностью, комплексностью, широтой охвата и исключительной глубиной проработки;

повышение специализации труда. Зарубежный и отечественный опыт системного проектирования убеждает в необходимости разделения функций изысканий и собственно проектирования между специализированными организациями, оснащенными соответствующим оборудованием, изыскательскими и проектными организациями, а также в разделении функций проектирования

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

между узкими специалистами по проектированию трассы, земляного полотна, дорожных одежд, водопропускных сооружений, транспортных развязок движения и т.д. Структура проектно-изыскательских институтов, определенная старой технологией производства проектно-изыскательских работ, должна быть существенно реорганизована;

совершенствование методов управления процессами проектирования;

внедрение математических методов оптимизации проектных решений. Использование оптимизирующих алгоритмов, реализация которых при ручном проектировании практически исключена, позволяет заметно снизить стоимость и материалоемкость основных проектных решений (земляного полотна, дорожных одежд, водопропускных сооружений и т.д.);

внедрение методов математического моделирования. Использование методов математического моделирования, реализация которых при ручном проектировании также немыслима, позволяет моделировать поведение проектируемого объекта во времени и пространстве (моделирование объектов проектирования, моделирование работы мостовых переходов, малых водопропускных сооружений, моделирование транспортных потоков и т.д.), что резко повышает обоснованность и качество принимаемых проектных решений;

многовариантность проработки проектных решений. Элементы автомобильных дорог, для которых еще в настоящее время не представляется возможным аналитически находить экстремальные значения целевых функций, проектируют многовариантно, т.е. используют эвристический принцип нахождения проектных решений, приближающихся к оптимальному.

25.2. Средства обеспечения систем автоматизированного проектирования

За последние три десятилетия процесс развития средств вычислительной техники и внедрения ее в область проектирования ознаменовался переходом от использования в автономном режиме отдельных программ на отдельных этапах проектирования к созданию крупных объектно-ориентированных программных систем, предназначенных для комплексного выполнения проектных работ. В результате сложилось новое представление о системах автоматизированного проектирования, как об организационно-технических системах, основу которых составляют компоненты методического, программного, информационного, технического и организационного обеспечения (рис. 25.1).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru



Рис. 25.1. Виды обеспечения систем автоматизированного проектирования

Компоненты САПР - это элементы средств обеспечения, выполняющие определенные конкретные функции.

Компонентами методического обеспечения являются документы, в которых полностью или со ссылками на первоисточники изложены теория, методы, способы, математические модели, алгоритмы, алгоритмические языки программирования, терминология, нормативы и другие данные, обеспечивающие методологию проектирования в САПР.

Теория и методы проектирования автомобильных дорог и сооружений на них в последние годы получили сильное развитие именно в связи с возможностью перехода на автоматизированное проектирование. Применение компьютерной техники позволяет на качественно более высоком уровне реализовывать основные вопросы проектирования автомобильных дорог (проектирование плана трассы, продольного профиля, земляного полотна, дорожных одежд, малых водопропускных сооружений, мостовых переходов, развязок движения и т.д.), а также оценки получаемых проектных решений. Монографии, учебники, труды институтов и фирм, журнальные статьи и другие издания, где изложены теория и методы автоматизированного проектирования автомобильных дорог, составляют фундамент методического обеспечения САПР.

Методы решения конкретных задач проектирования автомобильных дорог выражают однозначно в виде, удобном для реализации на компьютере, т.е. представляют в виде алгоритма.

Алгоритм - это последовательность вычислительных и логических процедур, по которым можно определить значения искомых величин при заданных значениях исходных данных. Алгоритм отличается от метода большим совершенством и определенностью, а также формой написания, максимально приспособленной для реализации на компьютере. Для этого используют алгоритмические языки программирования, понятные инженеру-проектировщику и компьютеру.

Алгоритмы решения конкретных задач проектирования автомобильных дорог, содержащиеся обычно в программной документации, составляют вторую часть методического обеспечения САПР.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Проектирование автомобильных дорог и сооружений на них всегда осуществляется в соответствии с действующими нормативными документами, к которым относятся: государственные общероссийские стандарты (ГОСТ), стандарты отрасли (ОСТ), отраслевые дорожные нормы и нормативы (ВСН, ОДН), общероссийские строительные нормы, инструкции, указания и правила (СН), строительные нормы и правила (СНиП), пособия к СНиП, своды правил по изысканиям и проектированию (СП), руководящие документы системы (РДС, РСН) и разного рода методические указания и рекомендации.

Нормативно-методическая документация составляет третью часть методического обеспечения САПР.

По мере развития науки и совершенствования средств вычислительной техники непрерывно видоизменяются и совершенствуются методы и технологии изысканий и проектирования автомобильных дорог, появляются новые методы и технологии, новые алгоритмы и программы, совершенствуются и обновляются нормативно-методические документы. В связи с этим на методическое обеспечение САПР нельзя смотреть как на нечто раз и навсегда установленное и определенное. Методическое обеспечение в ходе эксплуатации САПР непрерывно видоизменяется в соответствии с развитием научно-технического прогресса.

Компонентами программного обеспечения САПР являются документы с текстами программ, программы на машинных носителях информации и эксплуатационные документы, обеспечивающие функционирование систем.

Программа - это последовательность команд, написанная на одном из алгоритмических языков программирования, и дающая ей точное задание для всех этапов обработки данных. **Подпрограмма** - это завершенная часть программы, которая не может, однако, функционировать как самостоятельная, а только лишь будучи включенной в основную программу или другую подпрограмму.

Программное обеспечение САПР подразделяют на общесистемное и прикладное.

Общесистемное программное обеспечение представлено различными операционными системами (ДОС, ОС, "Windows 2000, Windows XP Professional и т.д.), трансляторами, супервизорами и т.д.

Компонентами **прикладного программного обеспечения** являются пакеты прикладных программ и системы прикладных программ, предназначенные для получения конкретных проектных решений. **Пакет прикладных программ** - это несколько связанных между собой вычислительных программ для решения определенной проектной задачи, когда ввод и вывод данных каждой отдельной программы должен быть согласован с остальными программами пакета. **Системы прикладных программ**, составляющие основу технологических линий

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

проектирования, формируются таким образом, что связь между отдельными программами осуществляется через данные промежуточных результатов, когда результаты расчета по одной программе автоматически используются в качестве исходной информации по другой.

Технологическая линия проектирования - это связанная проектно-технологическая фаза обработки главных этапов проектирования с использованием системы прикладных программ и других вспомогательных средств автоматизированного проектирования с обеспечением возможности контроля и изменения данных. Технологическая линия проектирования - это система с вполне определенной рациональной последовательностью выполнения конструкторских, расчетных, машинописных, чертежных, множительных и других работ, подобная конвейеру.

Компонентами информационного обеспечения САПР являются документы, содержащие описание стандартных проектных процедур, типовых проектных решений, типовых элементов, комплектующих изделий, материалов и другие данные, а также массивы и базы данных на машинных носителях информации с записью указанных документов, обеспечивающие функционирование САПР.

К информационному обеспечению САПР-АД относят, прежде всего, типовые проектные решения по земляному полотну, дорожной одежде, конструкциям пролетных строений, опор мостов и путепроводов, водопропускным трубам, подпорным стенкам, укреплениям, обстановке и принадлежностям дороги, зданиям и сооружениям службы эксплуатации и т.д. Вся информация о типовых проектных решениях хранится в долговременной памяти компьютеров, к которым обеспечен оперативный доступ в ходе системного автоматизированного проектирования.

Типовые проекты постоянно совершенствуются, обновляются, разрабатываются новые. Все это требует систематического обновления и расширения информационной базы САПР.

Компонентами технического обеспечения САПР являются устройства вычислительной и организационной техники, средства передачи информации, измерительные и другие устройства или их сочетания, обеспечивающие функционирование САПР.

Создание комплекса технических средств САПР связано с необходимостью выполнения ряда противоречивых требований, которые включают:

быстрое освоение имеющегося парка вычислительной техники. Моральное старение вычислительной техники требует полной ее замены на принципиально новые более совершенные модели в среднем каждые 5-7 лет, что требует соответствующей организационной перестройки без остановки функционирования САПР;

увязку прикладного программного обеспечения с общесистемным;

обеспечение постоянного быстрого доступа инженера-проектировщика к компьютерам и другим средствам автоматизации;

повышение эффективности и качества проектирования, без чего реализация проектирования на уровне САПР становится бессмысленной.

Техническое обеспечение САПР представляет собой совокупность компьютеров, периферийных устройств и средств связи.

Компьютеры - это современная мощная персональная вычислительная техника типа PC IT, обладающая огромной оперативной и внешней памятью, а также быстродействием. Современные компактные компьютеры «Ноутбуки» часто объединяют в одном устройстве - кроме собственно компьютера - ряд других необходимых периферийных устройств: дисплеи, клавиатуры, манипуляторы, устройства ввода с дискеток и дисков. Кроме того, они имеют набор интерфейсов для быстрого и простого подключения принтеров, плоттеров и других средств автоматизации, используемых при системном автоматизированном проектировании.

Периферийное оборудование включает в себя три группы устройств:

устройства ввода и вывода информации, объединенные или связанные каналами связи с центральным процессором; дисплеи; плоттеры; принтеры; клавиатуры; манипуляторы и т.д.;

устройства сбора, регистрации и обработки данных, не связанные с центральным процессором или периодически подключаемые к нему: аэро- и наземное стереосъемочное, стереофотограмметрическое оборудование; геодезическое оборудование для сбора топографической и других видов информации о местности (электронные теодолиты, электронные и компьютерные тахеометры, регистрирующие нивелиры, лазерные дальномеры, наземные устройства систем спутниковой навигации «GPS», геодезические лазерные сканеры и т.д.); инженерно-геологическое и геофизическое оборудование для инженерно-геологической разведки и т.д.;

обслуживающие устройства: хранилища, бумагорезательные, копировальные машины, переплетные мастерские и т.д.

Средства связи - это устройства, обеспечивающие связь между компьютерами, а также между компьютерами и периферийными устройствами, телефонная, телефаксная, радио- и другие виды связи между пользователями и компьютерами, электронная почта и т.д.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Компонентами организационного обеспечения САПР являются методические и руководящие материалы, положения, инструкции, приказы, штатные расписания, квалификационные требования и другие документы, обеспечивающие взаимодействие подразделений проектной организации или фирмы при создании, эксплуатации и развитии САПР.

Общие вопросы организации при создании, эксплуатации и развитии САПР регламентируются общеотраслевыми руководящими документами по созданию систем автоматизированного проектирования. Частные вопросы организации системного проектирования решаются в рамках конкретной проектной организации либо фирмы, являющейся разработчиком, либо эксплуатирующей САПР.

25.3. Функциональная структура САПР

Создание САПР представляет собой разработку комплекса математического обеспечения и средств автоматизации, которые с одной стороны, позволяют полностью автоматизировать процесс конструкторского, расчетного и чертежно-графического решения проектных задач с использованием математического аппарата оптимизации и моделирования, ввода информации, обработки данных и т.д. и, с другой, оставляет за инженером проектировщиком право оперативно вмешиваться в процесс проектирования, корректировать его результаты и менять исходные данные, последовательность и состав проектных работ. Общие принципы функционирования САПР состоят в следующем.

1. Принцип соответствия автоматизированных функций проектирования требованиям набора запросов пользователя.

Основным режимом функционирования САПР является автоматизированное решение проектных задач, при котором происходит обязательное чередование функций автоматического проектирования с функциями, выполняемыми инженером-проектировщиком по подготовке заданий, по визуальному логическому контролю и принятию окончательных решений. Как показывает уже накопленный опыт системного, автоматизированного проектирования, даже незначительное ущемление возможностей инженера-проектировщика оперативно вмешиваться в процесс автоматизированного проектирования сильно снижает эффективность функционирования всей системы - возникают аварийные ситуации в связи с потерей информации, времени при длительной обработке сложных пакетов программ с незамеченной в начале счета ошибкой в исходных данных, получение явно непригодных по каким-либо показателям законченных проектных решений и т.д.

В САПР инженер-проектировщик является основным звеном, на плечи которого ложатся определяющие функции процесса автоматизированного проектирования: выбор исходных параметров для проектируемого объекта; анализ, контроль и

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

подготовка исходной информации для проектирования; принятие решений о составе и последовательности проектных операций; выбор методов решения тех или иных проектных задач, что требует от проектировщика широкого кругозора и достаточно глубоких теоретических знаний по современным методам расчета и проектирования; формулирование принципиальных вариантов проектных решений, которые подлежат последующей детальной автоматизированной проработке; разбивка вариантов объекта на участки проектирования и участки расчета, каждый из которых целиком может быть подвергнут программной обработке; оперативная работа в интерактивном режиме; оценка результатов проектирования; принятие принципиальных решений (корректировка полученного проектного решения, принятие решения о переходе к последующему этапу программной обработки и т.д.); выполнение согласований по инстанциям.

2. Принципы комплексного и пошагового использования.

Методическое обеспечение САПР дает возможность решения расчетных, проектирующих и чертежно-графических задач, а также задач ввода и обработки данных как комплексно, с использованием функциональных возможностей САПР, так и поэтапно (например, с использованием в автономном режиме какой-либо технологической линии проектирования либо пакета прикладных программ. Принцип комплексного использования характерен для развитых систем автоматизированного проектирования, а принцип пошагового использования - для систем в состоянии начального внедрения.

3. Принцип технологического деления проектируемого объекта на участки проектирования и участки расчета.

Системы автоматизированного проектирования автомобильных дорог отличаются от других САПР, прежде всего, спецификой проектируемого объекта, которая характеризуется: разрозненными наборами данных для различных участков проектируемой дороги; значительной протяженностью проектируемого объекта; различными топографическими, почвенно-грунтовыми, инженерно-геологическими, экономическими и другими условиями по длине одного и того же проектируемого объекта, что предопределяет необходимость применения различных методов и различной последовательности выполнения проектных работ; необходимостью многостадийной проработки объекта (технико-экономическое обоснование - ТЭО или обоснование инвестиций - ОИ, инженерный проект - ИП, рабочий проект - РП или техно-рабочий проект - ТРП); нередкой необходимостью проектирования различных участков дороги в разное время и по разным нормативам.

Все эти особенности вынуждают делить автомобильные дороги большой протяженности на участки проектирования, а эти участки, в свою очередь, иногда и на участки расчета, обрабатываемые пакетами прикладных программ или отдельной проблемной программой как одно целое.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

4. Принцип многовариантного проектирования.

Помимо широкого использования математических методов оптимизации проектных решений, заложенных в алгоритмы многих подсистем, САПР предусматривает также и широкую возможность эвристического подхода к тем задачам проектирования, для которых в настоящее время еще не получено математическое выражение функции цели или целевого функционала и отсутствует математический аппарат нахождения их экстремальных значений.

Проработка большого количества вариантов проектных решений дает известное приближение к оптимальному.

5. Принцип взаимосвязанности основных проектных задач, входящих в САПР, заключается в том, что функциональная последовательность взаимосвязанных между собой проектных работ определяется в соответствии с общей технологией и стадийностью проектирования автомобильных дорог. Действительно, проектированию варианта плана автомобильной дороги предшествует получение топографической информации о местности и ЦММ; продольный профиль может быть запроектирован после получения черного профиля земли по варианту трассы, инженерно-геологического разреза и расчета водопропускных сооружений (труб, малых мостов, мостовых переходов и т.д.).

6. Принцип преемственности информационных массивов состоит в том, что передача информационных массивов возможна как непосредственно между пакетами программ и отдельными проблемными программами, так и из баз данных с внешних носителей с использованием операционных систем.

7. Принцип разветвляющейся функциональной взаимосвязи проектных задач состоит в том, что на определенных этапах автоматизированного решения проектной проблемы перед инженером-проектировщиком может возникнуть в зависимости от полученного результата необходимость альтернативного принятия решения в части дальнейшего хода проектирования. Например, выполнив автоматизированное проектирование продольного профиля на заданном участке дороги, инженер-проектировщик может сделать оценку полученного решения по какому-либо критерию (скажем, по строительной стоимости) либо по нескольким показателям (например, по приведенным затратам, по обеспечению зрительной плавности трассы, по уровню удобства и безопасности движения и т.д.), может, оценивая полученное решение визуально, сразу же убедиться в его недостаточно высоком качестве и, внеся коррективы, вернуться к началу проектного процесса по установлению положения проектной линии продольного профиля, может записать полученную информацию в базу данных на один из внешних носителей, а может использовать ее сразу же непосредственно для решения последующей проектной задачи и т.д.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Любая система автоматизированного проектирования обычно в своей функциональной структуре содержит значительное число подобных узлов разветвления процесса проектирования.

К настоящему времени в разных странах мира разработано и функционирует большое число систем автоматизированного проектирования автомобильных дорог и сооружений на них (САПР-АД). В России получили наибольше распространение несколько САПР-АД: CAD «Credo» (г.Минск), «Indor-CAD/Road» (г.Томск), «ГИП» (г.Москва) и т.д.

Большинство функционирующих в настоящее время САПР-АД имеют сходную структуру и идентичное распределение функций между инженером-проектировщиком и компьютером.

Они состоят из комплекса подсистем (технологических линий проектирования и пакетов прикладных программ), каждая из которых автоматизирует процесс выполнения следующих проектных операций: переработку исходной топографической, инженерно-геологической, экономической и другой изыскательской информации и представление ее в виде цифровой модели рельефа и инженерно-геологического строения местности; проектирование плана автомобильных дорог; проектирование продольного профиля автомобильных дорог; проектирование земляного полотна и дорожных одежд; проектирование искусственных сооружений; оценку проектных решений; подготовку (оформление) проектно-сметной документации.

25.4. Принципы оптимизации и моделирования при проектировании автомобильных дорог

Развитие вычислительной техники и технических средств автоматизации предопределило не только фундаментальное переосмысление и видоизменение технологии проектно-изыскательских работ, но и методов проектирования. В частности, широкое распространение в практике проектирования автомобильных дорог получили методы оптимизации [1,2,3,4,5,6] и моделирования [6,7], применение которых определяет заметное снижение материалоемкости и стоимости строительства и резкое повышение качества проектируемых объектов.

Реализация методов оптимизации и математического моделирования в связи с их исключительной многодельностью немыслима при ручной традиционной технологии и именно в связи с этим эти методы до недавнего времени не находили применения при проектировании автомобильных дорог.

Бурное развитие прикладной математики, связанное с научно-технической революцией, и широкое внедрение компьютерной техники в практику проектирования определили процесс изменения методов решения основных задач проектирования автомобильных дорог: плана трассы, продольного профиля,

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

земляного полотна, дорожных одежд, малых водопропускных сооружений, мостовых переходов, системы поверхностного и подземного дорожного водоотвода, транспортных развязок движения, оценки проектных решений.

Основная задача теории оптимизации сводится к отысканию экстремума (минимума или максимума) скалярной функции *f*(*x*)*n* - мерного векторного аргумента *X* при заданном комплексе ограничений. Эту задачу представляют следующим образом:

min *f*(*x*),

x Î *X*, где

(25.1)

X - некоторое множество *n*-мерного Евклидова пространства.

Функцию *f*(*x*) принято называть целевой функцией или функцией цели.

Точка

€ определяет глобальный минимум функции цели *f*(*x*) на множестве *X*, если

$f(€) \le f(x)$ для всех значений *x* Î *X* (рис. 25.2).

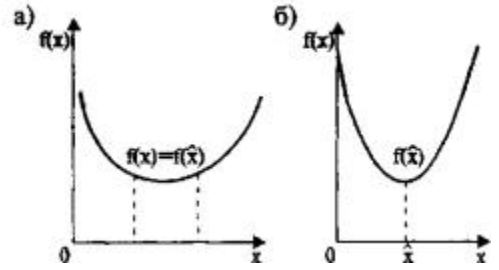


Рис. 25.2. Глобальный оптимум функции *f*(*x*):
а - в пределах интервала; б - в точке

Точка

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

x^* определяет локальный минимум функции цели $f(x)$ на множестве X, если при некотором достаточно малом $e > 0$ для всех

$x \neq x^*, x \in X$, удовлетворяющих условию

$|x - x^*| \leq \varepsilon$, выполняется неравенство

$f(x^*) \leq f(x)$ (рис. 25.3).

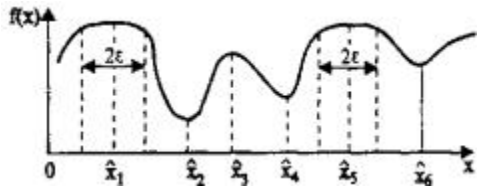


Рис. 25.3. Локальный оптимум функции $f(x)$

Как следует из рис. 25.3, точка

x_2^* определяет глобальный минимум, в то время как точка

x_4^* - локальный.

Применительно к решению задач проектирования автомобильных дорог функция цели (объемы работ, строительная стоимость, дисконтные затраты и т.д.) является функцией многих переменных, т.е. целевым функционалом и поиск его экстремумов методами классического анализа в подавляющем большинстве случаев невозможен. В связи с этим в практике проектирования автомобильных дорог стали применять многочисленные специальные математические методы оптимизации, в частности:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

методы оптимизации, основанные на решении задач линейного программирования и позволяющие определять экстремумы линейных функций при заданном комплексе ограничений;

методы оптимизации, основанные на решении задач нелинейного программирования и позволяющие определять экстремумы нелинейных при заданном комплексе ограничений;

эвристические методы, дающие возможность за приемлемое машинное время находить проектные решения, приближающиеся к оптимальным.

В настоящее время при автоматизированном проектировании автомобильных дорог с использованием оптимизационных алгоритмов решают главным образом следующие задачи:

проектирование сетей автомобильных дорог;

проектирование плана автомобильных дорог;

проектирование продольного профиля;

проектирование земляного полотна;

проектирование пойменных насыпей на подходах к мостам;

проектирование дорожных одежд;

проектирование водопропускных труб;

проектирование системы поверхностного дорожного водоотвода;

проектирование мостов и путепроводов на автомобильных дорогах;

составление проекта организации строительства земляного полотна и дорожных одежд.

Ждут своего решения либо дальнейшего совершенствования в свете перехода на использование строгих математических методов оптимизации и другие задачи проектирования автомобильных дорог - такие, как пространственное трассирование автомобильных дорог, обоснование полосы варьирования трассы, проектирование специальных инженерных сооружений на автомобильных дорогах и т.д.

Широкое использование при проектировании математических методов оптимизации проектных решений, дальнейшее совершенствование их и разработка новых оптимизационных алгоритмов и программ составляют громадный резерв

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

снижения материалоемкости и строительной стоимости автомобильных дорог и повышения эффективности инвестиций.

Моделирование предполагает построение и изучение действующих моделей (натурных, лабораторных и математических), обладающих свойствами элементов и характером их взаимодействия, подобным реальным объектам (системам). С точки зрения теории познания, под моделью понимают некоторую систему объектов, находящихся в определенных отношениях к оригиналу, изучение которой позволяет с минимальными затратами средств и времени получать новую информацию о реальной системе.

Многодельные виды моделирования такие, как натурное и лабораторное, не получили широкого распространения при проектировании автомобильных дорог, прежде всего, в связи с краткостью цикла самого проектирования.

С появлением компьютерной техники и внедрением ее в область исследований и проектирования широкое распространение получил новый, чрезвычайно эффективный метод познания - **математическое моделирование**.

В основе метода математического моделирования лежит идея использования хорошо известных математических уравнений для исследования явлений слабо изученных. Физическая природа процессов, развивающихся в натуре и на модели, при этом различна, однако сами процессы развиваются по одним и тем же законам.

Метод математического моделирования во многом является универсальным. Никогда еще наука не получала в свои руки столь могучего аппарата познания. Достоинствами математического моделирования являются: быстрота подготовки математической модели для выполнения тех или иных исследований; быстрота проведения цикла экспериментальных работ; возможность автоматизированной обработки результатов измерений с получением их в виде, удобном для экспериментатора; дешевизна эксперимента при минимальных материальных и трудовых затратах; получение результатов измерений в реальных масштабах пространства и времени изучаемой реальной системы.

Все особенности метода математического моделирования обеспечили широкое его внедрение не только в область научных исследований, но и в область проектирования автомобильных дорог. В математических моделях, используемых при автоматизированном проектировании автомобильных дорог, нашли применение:

аналитическая геометрия на плоскости и в пространстве. Методы аналитической геометрии широко применяют при геометрическом моделировании автомобильных дорог, транспортных развязок, водопропускных сооружений, рельефа, гидрогеологического и геологического строения местности и т.д.;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

элементы теории погрешностей;

методы интерполирования функций, используемые во многих математических моделях для аппроксимации аналоговой информации (например, для аналитического представления эскизных вариантов трассы автомобильных дорог, для аппроксимации гидрометрических кривых при моделировании мостовых переходов и решении других проектных задач;

методы линейной алгебры и линейного программирования;

численные методы решения алгебраических и трансцендентных уравнений;

численные методы интегрирования дифференциальных уравнений.

В настоящее время при автоматизированном проектировании автомобильных дорог и сооружений на них с использованием методов математического моделирования решают главным образом следующие задачи:

моделирование рельефа, гидрогеологического и геологического строения местности; геометрическое моделирование элементов автомобильных дорог и развязок движения в разных уровнях;

проектирование земляного полотна;

расчет стока ливневых вод с малых водосборов;

расчет стока талых вод с малых водосборов;

расчет отверстий малых водопропускных сооружений с учетом аккумуляции; проектирование мостовых переходов;

оценка проектных решений (оценка зрительной пространственной плавности и ясности трассы, моделирование транспортных потоков, моделирование поездки одиночного расчетного автомобиля, построение киноперспектив, оценка степени загрязнения окружающей среды продуктами сгорания топлива, воздействия вибрации, шума от движущегося транспорта т.д.).

Широкое использование при проектировании автомобильных дорог методов математического моделирования, дальнейшее совершенствование их и разработка новых алгоритмов и программ с использованием принципов математического моделирования обеспечат дальнейшее значительное повышение транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

25.5. Гис-технологии в автоматизированном проектировании

В последние годы в связи с бурным развитием геоинформационных систем (ГИС) рассматривается вопрос об их применимости, наряду с САПР, в автоматизированном проектировании автомобильных дорог.

При значительном внешнем сходстве ГИС и САПР имеют принципиальные различия:

Различия по моделям данных:

в ГИС выделяются несколько основных типов данных: точки, линии, полигоны, поверхности и растры. Как правило, смешение этих данных в пределах одного слоя недопустимо, за исключением моделей данных типа «сеть» (состоит из узлов, которые соединены дугами) и «покрытие» (как и сеть, состоит из узлов, которые соединены дугами; кроме того, имеются регионы, границы которых задаются дугами);

одной из причин небольшого числа графических примитивов в ГИС является также то, что исторически они развивались как мелкомасштабные картографические системы, в которых не требуется большого разнообразия графики;

небольшое число типов данных позволяет строго определять различные пространственные операции: пространственный поиск (в заданном регионе, поиск смежных или пересекаемых объектов), построение оверлеев (объединения, пересечения и разности полигонов), построение буферных зон, зон близости (зон ближайшего обслуживания);

из-за того, что реальные электронные карты могут содержать тысячи и миллионы графических объектов, в ГИС значительно развиты различные алгоритмические методы для хранения больших объемов данных, быстрого поиска объектов, упрощения данных для быстрого вывода на экран;

в САПР, в отличие от ГИС, используют большое число различных графических примитивов, так как одной из главных задач САПР является получение качественных чертежей. Сложность структуры чертежей САПР не позволяет хранить чертежи в базах данных (а если они и хранятся, то целиком в виде единого большого поля), а поэтому они хранятся в виде отдельных файлов.

В дорожной отрасли ГИС используют для представления сети дорог на электронных мелкомасштабных картах, для анализа транспортного обеспечения районов, для получения оперативной информации по объектам дорожной сети.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

При проектировании дорог ГИС применяются для выбора наилучшей возможной зоны варьирования проектируемой трассы с учетом существующей цифровой модели местности (ЦММ).

Различия по атрибутной поддержке:

в ГИС, как правило, в одном слое графических данных представляются графические объекты одного типа (например, здания, дороги или реки), имеющие одинаковый набор атрибутов. Таким образом, слой графических данных совместно с наборами атрибутов можно представить себе как таблицу реляционной базы данных, а, следовательно, и адаптировать соответствующий аппарат баз данных для анализа атрибутов графических объектов. Например, в ГИС можно выделить все дорожные знаки, расположенные на консолях или дорожные трубы, находящиеся в неудовлетворительном состоянии;

идеологическая близость моделей данных ГИС и реляционных баз данных позволила создать соответствующие надстройки над различными СУБД для хранения и анализа графических (ГИС) данных;

одним из принципиальных различий между ГИС и САПР является то, что графический примитив в ГИС является самостоятельным объектом, имеющим свои атрибуты, а в САПР - только изобразительным средством, т.е. частью объекта, а поэтому своих атрибутов, как правило, не имеет.

В САПР же объекты образуются обычно из нескольких графических примитивов, выстраиваясь в иерархии с помощью группировки. Глубокое отличие модели САПР от реляционной модели данных не позволяет полноценно сохранять чертежи САПР в современных базах данных и не позволяет анализировать атрибуты объектов.

В дорожной отрасли наличие атрибутивной поддержки является наиболее важным при решении задач диагностики, паспортизации, инвентаризации, кадастра дорог. В связи со скудностью возможностей атрибутного описания САПР представляется наиболее целесообразным создание информационных систем автомобильных дорог на основе ГИС. Различия по методам визуализации:

В САПР, как правило, графические объекты сразу создаются такими, как они выглядят на экране и в печати. В ГИС же понятия модели объекта и его внешнего вида специально разнесены;

Одной из сильнейших функций ГИС является возможность «тематического картографирования», когда для имеющихся геоинформационных данных задаются «визуализаторы», отображающие данные в зависимости от их геометрических и атрибутивных характеристик. Наиболее распространенными являются:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

обозначение одинаковым условным знаком всех графических объектов;

обозначение разными знаками в зависимости от значений некоторого атрибута;

обозначение подписями из атрибутов (автоматически подписывание объектов);

обозначение точками плотности (случайное размещение некоторого числа точек в полигоне, например, чтобы показать плотность населения страны);

обозначение диаграмм на объектах, показывающих распределение некоторых атрибутных характеристик объектов;

обозначение линий сплайнами, различная декоративная отрисовка.

В САПР внешний вид объекта обычно уже жестко зафиксирован. Иногда проектировщику предоставляется несколько предопределенных вариантов отрисовки.

Еще одной особенностью ГИС является возможность задания немасштабируемых условных знаков и надписей. Этот способ визуализации применяется в основном для отображения на экране компьютера, когда важно быстрое получение информации без изменения текущего масштаба изображения.

В связи с тем, что ГИС и САПР в чистом виде имеют свои сильные и слабые стороны, в последнее время всё большее распространение получают интегрированные графические системы, обладающие возможностями как ГИС, так и САПР.

В дорожной отрасли такие комбинированные возможности необходимы, например, для представления комплексных проектов автомобильных дорог на плане местности, когда в мелком масштабе пользователь на экране компьютера видит общую схему сети дорог, а при постепенном увеличении появляются детальные чертежи автомобильных дорог.

В мире существует ряд фирм, которые разрабатывают только ГИС-продукты. Наиболее известными из них являются: «ESRI» (USA) и «MapInfo» (Canada). Другие производители такие, как «AutoDesk» (USA) и «Bentley System» (USA), разрабатывают на едином графическом ядре (AutoCAD в «Autodesk» и Microstation в «Bentley»). В России разрабатываются как САПР, так и ГИС.

Среди отечественных ГИС наиболее известными являются GeoGraph (ИГ РАН, Москва) и Geo-CAD («Геокад», Новосибирск). Для дорожной отрасли комплексное решение САПР (IndorCAD)+ГИС (IndorGIS) разработано фирмой «Индорсофт. Инженерные сети и дороги» (Томск).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Список литературы к главе 25

1. Беллман Р. Динамическое программирование. - М.: Иностр. лит., 1960. - 400 с.

2. Методы оптимизации / Н.И. Моисеев, Ю.П. Иванилов, Е.М. Столярова. - М.: Наука, 1978. - 351 с.

3. Стренг Г. Линейная алгебра и ее применение. - М.: Мир, 1980. - 454 с.

4. Уайдд Д. Оптимальное проектирование. - М.: Мир, 1981. - 272 с.

5. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. - М.: Мир, 1975. - 534 с.

6. Федотов Г.А Автоматизированное проектирование автомобильных дорог. - М.: Транспорт, 1986.-316 с.

7. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. - М.: Иностр. лит., 1968. - 356 с.

ГЛАВА 26. СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ CAD «CREDO»

26.1. Историческая справка

Система автоматизированного проектирования автомобильных дорог «Credo» развивается с 1989 г. в научно-производственном объединении (НПО) «Кредо-Диалог». Изначально это был пакет программ по проектированию ремонта дорожных покрытий. Название этой системы проектирования сохранилось с тех времен по аббревиатуре слов: Капитальный ремонт дорожных одежд.

Руководителю НПО «Кредо-Диалог» Г.Л. Жуховицкому удалось создать сильный творческий коллектив специалистов дорожной отрасли из России, Украины, Белоруссии. Над разработкой системы работали и продолжают работать канд. техн. наук Г.В. Величко (генеральный конструктор), д-р техн. наук. В.В. Филиппов, канд. техн. наук. А.Н. Пигин и др. Система с самого начала была ориентирована на эксплуатацию в производственных условиях и получила широкое распространение в дорожных проектных организациях, а также в организациях других отраслей, занимающихся проектированием линейно-протяженных объектов (нефтегазовой, электроэнергетической и др.)

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В 2003 г. была завершена разработка системы Credo 3-го поколения под управлением ОС Windows.

В состав системы Credo 3-го поколения вошли 4 подсистемы: «Топоплан», «Линейные изыскания», «Генеральный план», «Дороги» и ряд пакетов прикладных программ (Проектирование индивидуальных знаков. Расчет нежесткой дорожной одежды и т.д. Ниже приведено описание и функциональные возможности подсистем «Линейные изыскания» и «Дороги».

26.2. Функциональная структура подсистемы «Линейные изыскания»

В подсистему «Линейные изыскания» полностью входят все функции подсистемы «Топоплан». Так как подсистема предназначена для обработки инженерных изысканий, в первую очередь линейных, в нее дополнительно, кроме перечисленных для подсистемы «Топоплан», включается набор специальных функций.

Трассирование. Интерактивное создание и редактирование трасс с использованием различных стилей и методов трассирования, в том числе с использованием полевых материалов. Проложение трасс в стесненных и сложных условиях, например, в горной местности или при реконструкции дорог.

Создание и редактирование отдельных простых и сложных элементов трасс разнообразными методами, в том числе: аппроксимацией фрагментов реконструируемых линейных сооружений, эквидистантным переносом уже существующих трасс с рациональным подбором параметров составных закруглений.

Использованы разнообразные механизмы создания трасс:

из отдельно созданных элементов с последующим их сопряжением многообразными и рациональными способами;

с одновременным построением составляющих трассу элементов;

эквидистантным переносом, инверсией, разделением, "склейкой" ранее построенных трасс. Разбивка разнообразного пикетажа, в том числе с использованием "рубленых" пикетов различных видов. Создание и редактирование углов поворота закруглений трасс. Поддержка раздельного и вариантного трассирования.

Обеспечение возможности трассирования для специфики изысканий автомобильных дорог.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Таблицы нивелирования. Таблица высот точек продольного нивелирования с заполнением данных из рукописных журналов, таблиц журналов технического нивелирования, таблиц журналов нивелирования поперечников или загрузкой данных из ЦММ по выбранным поверхностям.

Таблица журналов нивелирования (геометрического и тригонометрического) поперечников с интерактивным графическим редактированием геометрии. Возможность создания "косых" поперечников.

Профиль. Создание, просмотр, редактирование продольных профилей трасс по данным ЦММ, таблиц продольного нивелирования, данных, полученных по растровой подложке. Дополнение профиля выборкой из ЦММ пересечек с отображением в соответствии с классификатором У3.

Разбивки. Полная подготовка данных (координат, длин линий, дирекционных углов, параметров закруглений) для выноса трасс в натуру. Создание проекта выноса - формирование ведомостей и чертежей разбивочных работ нескольких видов.

Чертежи. Создание и редактирование чертежа топографического плана полосы трассы с отображением элементов трассы. Создание развернутого плана трассы. Создание и редактирование чертежей продольного и поперечных профилей. Использование настраиваемых шаблонов подвалов продольных и поперечных профилей для выпуска чертежей.

Ведомости. Создание ведомостей геометрии трассы. Создание основных ведомостей (пересекаемых коммуникаций, угодий, землепользовании, рубки) с выборкой данных из семантики топографических объектов ЦММ.

26.3. Функциональная структура подсистемы «Дороги»

Подсистема «Дороги» предназначена для проектирования загородных автомобильных дорог всех категорий, городских улиц и магистралей и транспортных развязок.

Исходные данные. Проектирование ведется по цифровой модели местности площадки или полосы участка проектирования. В качестве ЦММ используются данные изысканий, обработанных в системе «Топоплан» или «Линейные изыскания». Обеспечено чтение данных Credo_TER, Credo_PRO, Credo_MIX. Кроме того, система имеет инструментарий самостоятельного формирования ЦММ с использованием существующих картографических материалов, представленных в виде растровых или векторных данных.

Организация данных. Набор данных изысканий и проектирования на территории формируется в иерархической структуре проектов, позволяющих

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

размещать данные либо по разделам проекта, либо по составу элементов проектируемого объекта, либо в необходимой для пользователя комбинации. В свою очередь проекты формируются из иерархически организованных слоев с редактируемыми свойствами. Обеспечивается врезка, вырезка участков модели. Менеджер проектов обеспечивает работу в базе данных с большими, сложно организованными объектами и осуществление их коллективной обработки.

Трассирование. Интерактивное создание и редактирование трассы дороги с использованием различных стилей трассирования, от "жестких" (прямыми и круговыми кривыми) до очень плавных и эстетичных трасс (прямыми, круговыми кривыми, клотоидами и сплайнами) с удовлетворением архитектурно-ландшафтных требований. Проложение трасс в стесненных и сложных условиях, например, в горной местности или при реконструкции дорог.

Создание и редактирование отдельных простых и сложных элементов трасс разнообразными методами, в том числе: аппроксимацией фрагментов реконструируемых дорог, эквидистантным переносом уже существующих трасс с рациональным подбором параметров составных закруглений.

Создание и редактирование: осей проездов, границ проезжей части, бровок земляного полотна и т.п. с использованием базовых геометрических элементов наиболее подходящими методами:

из отдельно созданных элементов с последующим их сопряжением многообразными и рациональными способами;

с одновременным построением составляющих трассу элементов;

эквидистантным переносом, инверсией, разделением, "склейкой" ранее построенных трасс.

Разбивка разнообразного пикетажа, в том числе с использованием "рубленых" пикетов различных видов.

Поддержка раздельного и вариантного трассирования с сохранением вариантов для последующего анализа.

Проектирование продольного профиля. Простое и оптимизационное проектирование профиля дороги. Использование при интерактивном проектировании профилей всего многообразия геометрических элементов (прямых, квадратных парабол, сплайнов) в любых необходимых комбинациях. Применение при проектировании профиля методов, аналогичных созданию и редактированию трасс в плане: аппроксимация фрагментов реконструируемого профиля, создание и последующее сопряжение элементов. Проектирование продольного профиля наиболее подходящими методами, в том числе:

полное автоматизированное проектирование;

по секущим с вписыванием кривых;

методом «опорных точек» и «элементов» с учетом ограничений, накладываемых технологией производства работ или особенностей реконструкции дороги.

Динамическая связь проекта продольного профиля с другими пространственными данными исходной модели, обеспечивающая максимальную информативность и учёт всевозможных ограничений, включая координаты и другие параметры пересекаемых топографических объектов, транспортных сооружений, коммуникаций и т.д.

Автоматизированные методы выявления и исправления "трудных" участков проектной линии, например, по критерию не обеспеченной видимости, безопасности движения.

Возможность использования разнообразных информационных и рабочих сеток для отображения параметров, характеристик и свойств проектной линии профиля и проектируемого объекта в целом.

Поддержка вариантного проектирования профиля с сохранением вариантов для последующего анализа.

Проектирование земляного полотна и проезжей части. Проектирование земляного полотна и проезжей части с необходимым количеством и параметрами их элементов: полос движения, обочин, разделительной полосы, тротуаров, переходно-скоростных полос, карманов автобусных остановок и пр. Конструирование поперечного профиля как в интерактивном режиме по поперечным уклонам, так и с использованием шаблонов поперечников. Задание зависимостей от оси (или другой характерной линии) по уклонам. Моделирование разнообразных конструкций отгона виража.

Интерактивное конструирование насыпей и выемок с разнообразными сочетаниями в поперечном профиле откосов переменной крутизны, берм, закюветных полок, подпорных стен. Конструирование земляного полотна на участках раздельного трассирования. Возможность использования редактируемой библиотеки шаблонов, применение типовых решений в зависимости от рабочей отметки земляного полотна.

Проектирование элементов поверхностного водоотвода.

Расчет площадей и объемов элементов земляного полотна и проезжей части.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Генеральный план дороги. Моделирование элементов генерального плана дороги с возможностью использования типовых решений и настраиваемого классификатора. Проектирование сопряжений пересекающихся дорог, различные способы создания и редактирования вертикальной планировки развязок, автобусных остановок, стоянок и т.д. Проектирование (укладка в плане) инженерных коммуникаций, озеленения, элементов обустройства дороги.

Анализ проекта. Анализ вариантов дороги по видимости в плане и профиле и по коэффициентам аварийности. 3D визуализация.

Разбивки. Полная подготовка данных (координат, длин линий, дирекционных углов, параметров закруглений) для выноса трасс в натуру. Создание проекта выноса - формирование ведомостей и чертежей разбивочных работ нескольких видов.

Чертежи. Формирование необходимых чертежей, в том числе плана, продольного профиля, поперечных профилей, совмещенных чертежей. Дополняемая и редактируемая пользователем библиотека шаблонов чертежей.

Ведомости. Формирование комплекта ведомостей, в том числе элементов плана трассы; разбивки оси, других характерных линий; параметров продольного профиля; отгона и разбивки виража.

Вспомогательные подсистемы:

редактор шаблонов чертежей с возможностью создания шаблонов и настройки собственных штампов, координатной сетки, таблиц, рамок и зарамочного оформления, состава и вида подвала чертежей профиля;

генератор отчетов с возможностью модификации состава и вида выходных текстовых документов;

редактор условных знаков;

редактор классификатора, обеспечивающий создание собственных типов объектов, состава семантической информации и условий отображения.

Система Credo 3-го поколения реализована с применением самых современных математических и программно-технологических средств.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

ГЛАВА 27. СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ «INDORCAD/ROAD»

27.1. Историческая справка

Система автоматизированного проектирования автомобильных дорог «IndorCAD/Road» развивается с 1991 г. До 2003 г. система разрабатывалась в Инженерном дорожном центре «Индор» (г. Томск) и называлась ReCAD (по аббревиатуре слов реконструкция автомобильных дорог). На начальном этапе развития система ReCAD представляла собой исследовательскую систему, на которой отрабатывались новые подходы и алгоритмы автоматизированного проектирования автомобильных дорог. До 2001 г. система ограниченно применялась в производственной практике в ряде дорожных проектных организаций Западной Сибири.

В 2001 г. была завершена разработка системы ReCAD 3-го поколения под управлением ОС Windows, которая была анонсирована и сертифицирована как программный продукт для массового применения. С этого времени система ReCAD нашла широкое применение в производственной практике в России и в странах СНГ.

В марте 2003 г. система ReCAD была передана для дальнейшего развития в специализированную фирму по разработке программного обеспечения «ИндорСофт. Инженерные сети и дороги», которая наряду с системами автоматизированного проектирования разрабатывает и геоинформационные системы (ГИС). С этого времени система ReCAD была переименована в систему «IndorCAD/Road».

Теоретические основы и практические методы, а также расчетные схемы и алгоритмы для системы «IndorCAD/Road» были разработаны д-ром техн. наук., проф. Г.А. Федотовым, д-ром техн. наук В.Н. Войковым, д-ром техн. наук А.В. Скворцовым, д-ром физ.-мат. наук Б.М. Шумиловым, канд. техн. наук С.П. Крысиным, инженерами С.Р. Люстом, Д.А. Петренко, М.О. Ивановым и др.

Система IndorCAD/Road позволяет проектировать автомобильные дороги всех категорий на стадии их строительства, реконструкции и ремонта. В основу идеологии системы положены, в первую очередь, расчетные схемы для реконструкции дорог. Новое строительство здесь следует понимать как частный случай реконструкции, то есть в отсутствии фактора учета элементов существующей дороги.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В системе реализован принцип единой модели дороги, то есть любые изменения в одной из проекций дороги (план, продольный и поперечные профили) приведут к немедленным изменениям в других проекциях. Такой подход позволяет получать непротиворечивые проектные решения, дает возможность одновременно корректировать поперечный и продольный профили и обеспечивает организацию коллективной работы над одним проектом.



Рис. 27.1. Формат обработки данных из тахеометрического журнала. Общий вид

Инструментальные средства системы предоставляют возможность:

обрабатывать геодезическую информацию, полученную разными методами: нивелирование, тахеометрическая съемка (рис. 27.1), GPS-съемка;

на основе обработанных данных формировать цифровые модели местности (ЦММ), редактировать их, отображать в различных представлениях (изолинии, твердотельная модель, уклоны и т.д.) для визуального анализа;

трассировать автомобильные дороги в плане и продольном профиле как с применением традиционных геометрических элементов (дуги окружностей и клотоиды), так и с применением современного аппарата вычислительной математики (кривые Безье и сплайны);

объединять несколько проектов в один, что позволяет легко разбивать сложный проект на несколько более мелких проектов, обработать их и затем производить склейку проектов в один;

осуществлять параллельный перенос трассы, изменять азимут ее начального направления;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

проектировать верх земляного полотна (виражи), в том числе и с учетом сплайновой природы трасс;

конструировать дорожную одежду и поперечные профили как типовые, так и индивидуальные;

отображать 3D-вид как существующей поверхности, так и проектируемой; одновременно отображать на экране все проекции проектируемого объекта (рис. 27.2);

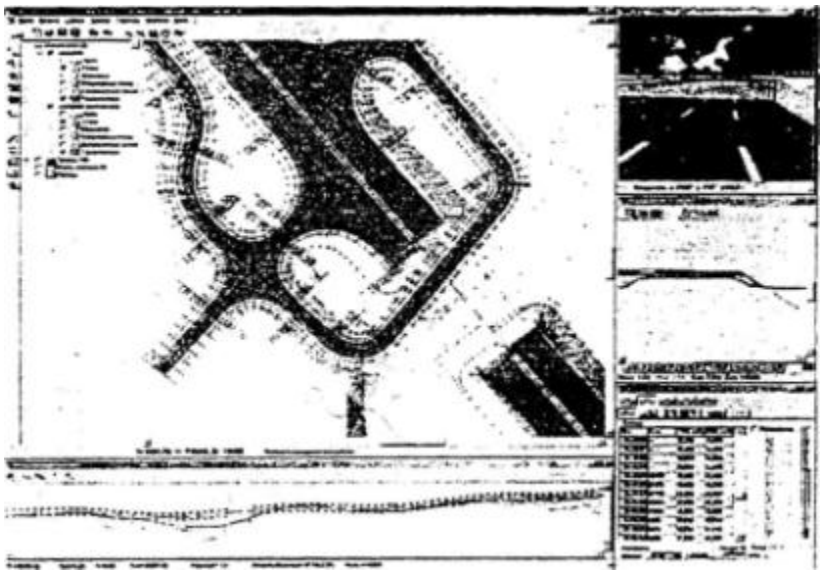


Рис. 27.2. Система «IndorCAD/Road» в режиме полиэкрана. Общий вид

формировать чертежи, ведомости и таблицы для последующего их редактирования соответственно в IndorDrawing и Microsoft Excel;

богатый ActiveX-интерфейс позволяет создавать собственные модули расширения и надстройки системы для выполнения частных задач.

27.2. Функциональная структура системы автоматизированного проектирования «IndorCAD/Road». Раздел «План»

Система IndorCAD/Road состоит из пяти основных разделов: «План», «Продольный профиль», «Верх земляного полотна», «Поперечный профиль», «3D-вид».

Раздел «План» включает в себя:

различные формы представления рельефа;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

построение поверхностей с учетом линий структуры рельефа (рис. 27.3);

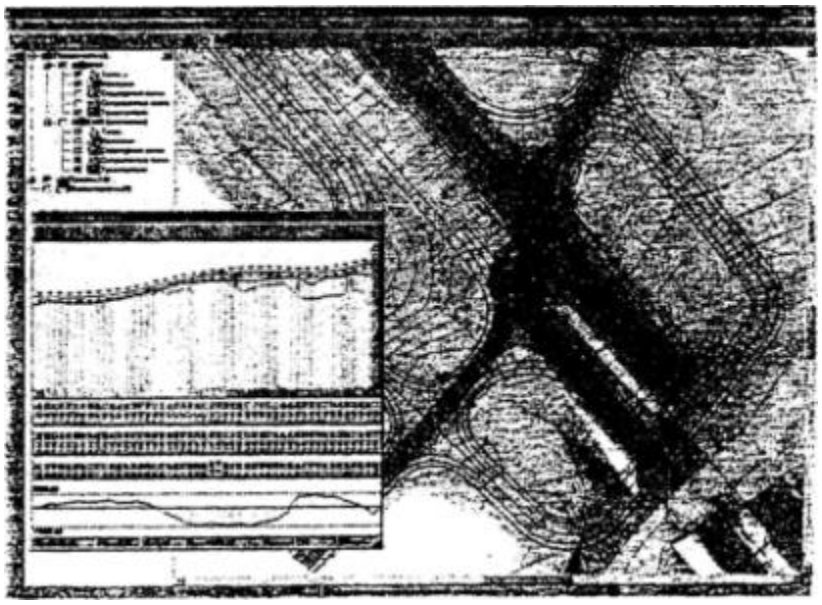


Рис. 27.3. Раздел «План» системы «IndorCAD/Road» . Общий вид

возможность «подкрашивать» поверхность, редактировать ребра триангуляции в ручном режиме;

возможность построения разности поверхностей;

получение сечений поверхностей по произвольным линиям;

возможность работы с несколькими поверхностями;

возможность отключения ненужных элементов отображения;

возможность использования специализированных библиотек условных знаков, линий, заливок;

возможность широкого выбора инструментов для работы с объектами: полигонами, точками, линиями, трассами и т.д.;

возможность одновременного использования нескольких растровых подложек (сканированные карты, чертежи, аэроснимки).

27.3. Раздел «Продольный профиль»

Раздел (подсистема) «Продольный профиль» системы IndorCAD/Road при автоматизированном проектировании обеспечивает:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

классическое и сплайновое проектирование продольного профиля (рис. 27.4);

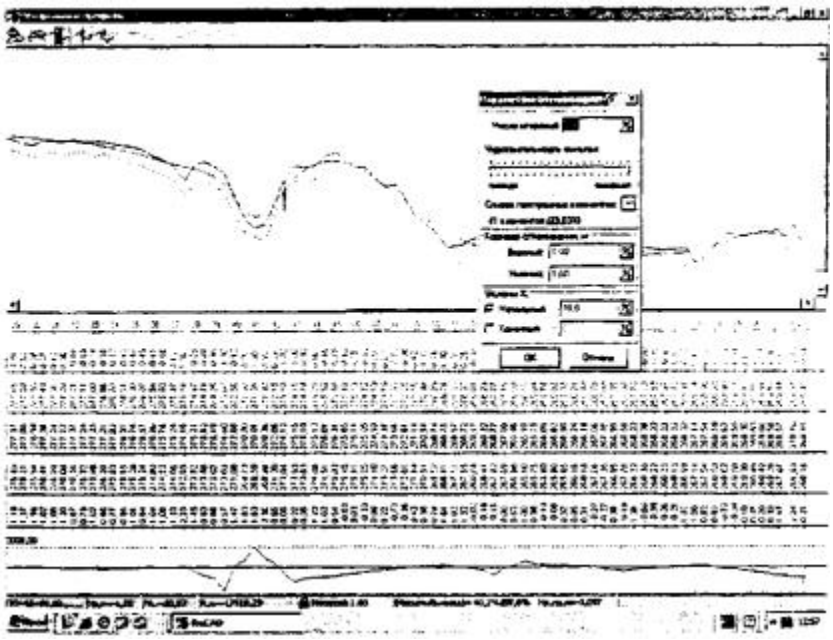


Рис. 27.4. Раздел «Продольный профиль» системы «IndorCAD/Road»

осуществление микропрофилирования;

отображение рабочих, проектных, интерполированных отметок земли, графика кривизны, уклонов;

закрепление точек проектной линии различными типами фиксации;

сплайн-сглаживание с последующим ручным редактированием проектной линии как профиля всей трассы, так и заданного фрагмента;

возможность формирования чертежа продольного профиля различной степени детализации как для реконструкции, так и для нового проектирования.

27.4. Раздел «Верх земляного полотна»

Раздел «Верх земляного полотна» системы IndorCAD/Road при автоматизированном проектировании обеспечивает:

формирование проезжих частей и обочин, разделительных полос, бордюров с применением как линейного, так и синусоидального интерполирования;

моделирование отгонов виражей, виражей, уширений проезжей части на кривых;

формирование автобусных карманов и переходно-скоростных полос;

анализ соответствия виража расчетной скорости автомобиля при заданном коэффициенте поперечной силы;

локальную псевдо-3D визуализацию формируемого полотна.

27.5. Раздел «Поперечный профиль»

Раздел «Поперечный профиль» системы IndorCAD/Road при автоматизированном проектировании обеспечивает:

формирование конструкций поперечного профиля и дорожной одежды как для конкретного профиля, так и для группы профилей (рис. 27.5);

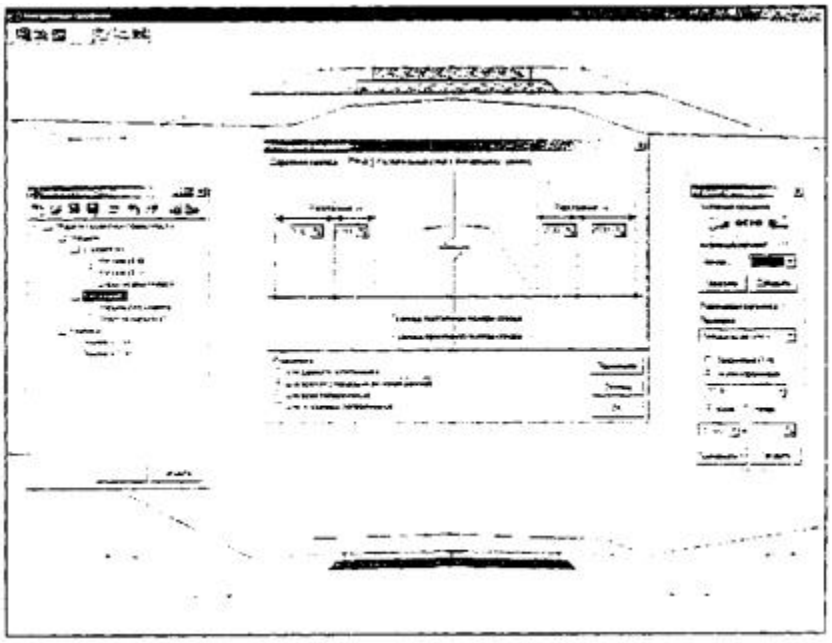


Рис. 27.5. Раздел «Поперечный профиль» системы «IndorCAD/Road»

расчет объемов дорожной одежды, площадей откосов, выдачу результатов в виде таблиц Microsoft Excel;

работу с библиотеками типовых поперечников и конструкций дорожной одежды;

автоматическое доведение проектной линии до пересечения с реальной или интерполированной землей по выбору проектировщика;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

формирование своих собственных библиотек поперечных профилей и конструкций дорожной одежды;

формирование чертежей поперечных профилей в заданном масштабе по одному или несколько поперечников на лист;

отображение точечных объектов: деревья, опоры ЛЭП, уличные фонари, светофоры и т.д. (рис. 27.6);



Рис. 27.6. Раздел «3D-вид» системы «IndorCAD/Road»

отображение площадных объектов: здания, водоемы, лесные массивы и т.д.;

отображение линейно-протяженных объектов: мосты, ограждения, шумозащитные экраны и т.д.

отображение в реальном времени всех производимых изменений;

интерактивное перемещение по свободной траектории;

имитацию «проезда» по автомобильной дороге (вид с точки зрения водителя);

запись проезда в AVI-файл любого формата;

«врезку» проектной поверхности в существующую, отображение результата врезки;

возможность создания сторонними разработчиками модулей расширения возможностей 3D-вида, используя технологию ActiveX;

моделирование потока автомобилей в движении с учетом заданной для каждой трассы интенсивности и возможных направлений движения.

По завершению работы с моделью проектируемого объекта (дороги) в системе IndorCAD/Road проекции модели на уровне чертежей передаются в специализированный графический редактор IndorDrawing (рис. 27.7).

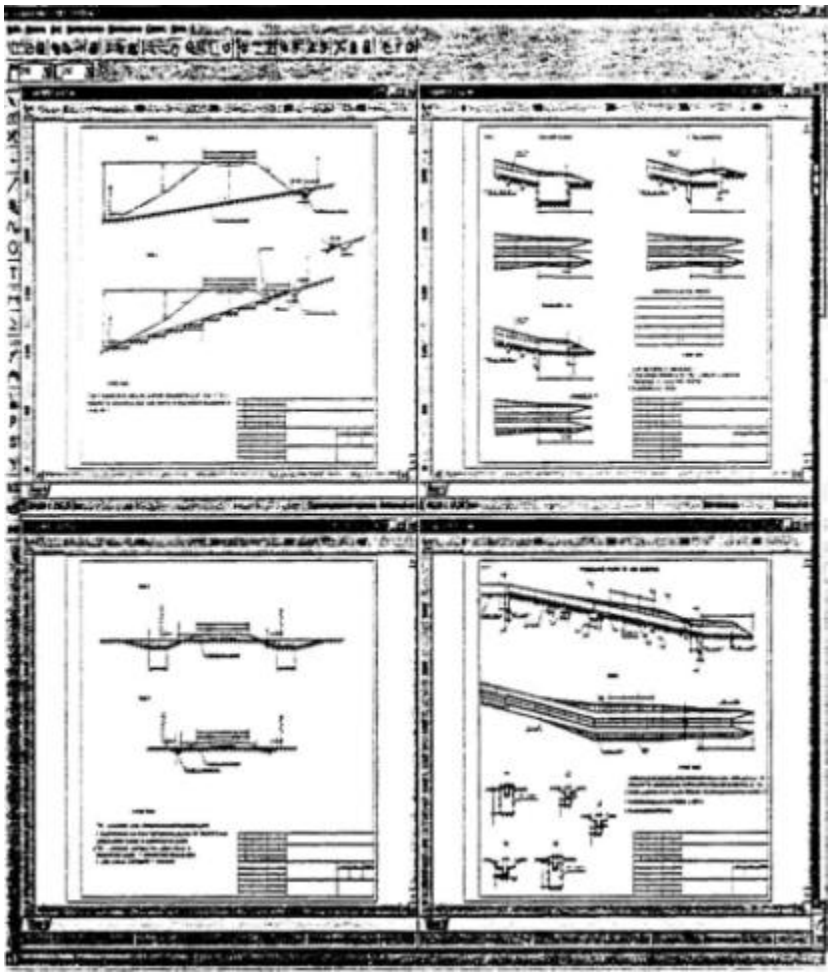


Рис. 27.7. Специализированный редактор IndorDrawing

27.6. Графический редактор «IndorDrawing»

Редактор IndorDrawing обеспечивает:

возможность встраивания документов и компоновку чертежей любой сложности;

возможность использования библиотек условных обозначений знаков, линий, заливок, соответствующих ГОСТ, что значительно упрощает процесс оформления чертежа;

использование встроенных в редактор форм стандартных штампов, что делают удобным оформление листов чертежей;

необходимую структуру чертежа и позволяет хранить данные в различных слоях, что дает возможность легко отключать ненужную информацию. Часть слоев может быть заблокирована от изменения пользователем;

экспорт чертежей в стандартные растровые и векторные форматы, в том числе AutoCAD, что позволяет передавать чертежи пользователям, работающим на другой платформе;

использование технологии ActiveX, что позволяет сторонним разработчикам создавать свои инструменты и модули для решения специализированных задач;

использование библиотек, часто требуемых при оформлении чертежей, элементов, что значительно сокращает время создания чертежа. Пользователи могут создавать свои собственные библиотеки.

Помимо того, что IndorDrawing имеет достаточно развитые функции и инструментальные средства, характерные для векторных графических редакторов, в его состав входит также ряд специализированных модулей, значительно расширяющих возможности редактора по подготовке дорожной проектной документации.

Система автоматизированного проектирования автомобильных дорог IndorCAD/Road совместно со специализированным графическим редактором IndorDrawing является универсальным программным комплексом по проектированию автомобильных, городских дорог и генеральных планов.

ГЛАВА 28. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

28.1. Автоматизированное проектирование плана и продольного профиля. Общий методологический подход

В основе действий проектировщика при проектировании плана и продольного профиля автомобильных дорог всегда лежат определенные способы (принципы). И если способ действия компьютера удается предвидеть достаточно точно, то выбор

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

способа действия человека не является столь же определенным. В настоящее время, когда в проектировании все более активно применяют компьютерные технику и технологий, можно говорить о способах и действиях «человеко-машинных» систем. Вопрос оптимального соотношения составляющих таких систем остается недостаточно изученным.

В свою очередь **метод** как научная категория лежит в основе осознанного рационального способа действия. Для существования метода необходимы:

правила поведения как описание способа действия;

осознание использования метода как основы действия;

строгое подчинение правилам поведения;

описание ситуаций, в которых данный метод целесообразен.

Анализируя проектную деятельность с позиций частного и общего, можно сказать, что в ее основе лежат, действия, способы (принципы), методы.

В зависимости от средств реализации творческого процесса различают:

эвристические методы;

алгоритмические методы.

В эвристических методах определяющее значение имеют:

ассоциативные способности;

интуитивное мышление;

способы управления мышлением.

Эвристические методы основаны на использовании общих правил и рекомендаций. Они помогают при поиске различных понятий и утверждений, которые позволяют благодаря случайным или логическим ассоциациям открыть или создать абстрактное соотношение, способное дать решение задачи.

Алгоритмические методы основаны на алгоритмах, которые можно определить как последовательность указаний, касающихся процедур (операций), позволяющих решить задачу. Можно выделить:

логические алгоритмы;

математические алгоритмы.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Традиционный принцип трассирования дорог, который принято называть принципом «тангенциального трассирования», до сих пор является доминирующим в практике проектирования в подавляющем большинстве проектных организаций. Методы, которые основаны на этом принципе, относятся к эвристическим. Суть этих методов заключается в том, что назначают тангенциальный ход, в каждый излом которого последовательно вписывают закругления определенных параметров. И если расчет закруглений содержит определенный математический алгоритм, то способ назначения самого тангенциального хода основывается лишь на интуиции и профессиональном опыте инженера-проектировщика.

Трассирование по принципу «гибкой линейки» (см. главу 9) содержит огромный потенциал развития, поскольку при этом осуществляют непосредственную укладку трассы автомобильной дороги, а расчет базиса (тангенциального хода для выноса трассы в натуру) не оказывает влияния на формирование эргономических и эстетических свойств самой трассы. По этой же причине тип закруглений может быть сколь угодно сложным в смысле комбинации геометрических элементов трассирования.

Методы трассирования, содержащие этап графической проработки трассы на картах или топографических планах местности, относятся, безусловно, к эвристическим, поскольку содержат операции интуитивного характера. И в этом смысле ряд методов трассирования по принципу «гибкой линейки» также следует относить к эвристическим. Это и проектирование продольного профиля по методу Союздорпроекта и распространенный метод «опорных элементов» для трассирования автомобильных дорог в плане.

Методы «граничных итераций» Е.Л. Фильштейна и «проекции градиента» В.И. Струченкова для проектирования продольного профиля следует по этой же логике отнести к алгоритмическим. Заметим, что переход к алгоритмическим методам стал возможным лишь благодаря переходу к новой математической (геометрической) сущности трассы. И в том и другом случае в качестве математической модели трассы применяют однородную **полилинию**, состоящую из отрезков прямых. Очевидно, что полилиния, состоящая из отрезков кривых высокой гладкости склейки, будет еще более приемлемой в качестве модели трассы автомобильной дороги. Но и в том и другом случае речь идет о сплайн-функциях.

Суть алгоритмических методов состоит, как правило, в том, что создается область возможных решений и далее осуществляется процесс поиска наилучшего решения по некоторому критерию оптимизации. Если распространить этот принцип на трассирование автомобильных дорог в плане, то это означает, что проектировщик должен обосновать зону (полосу) варьирования трассы, задать условия (целевую функцию или функционал) оптимизации и применить некоторый математический аппарат оптимизации.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

С позиции надежности конечного результата, как показывает практика, выбор трассы посредством назначения зоны варьирования с последующей оптимизацией положения проектируемой трассы является более эффективным, чем назначение одного или нескольких вариантов трассы на основе эвристического подхода.

28.2. Методы «однозначно определенной оси»

Методы «однозначно определенной оси» реализуют, как правило, на основе принципа «тангенциального трассирования». Феномен широкой применимости этого принципа можно объяснить тем, что для проектировщиков этот принцип привычен и потому более понятен, методы на его основе просты в расчетах и обеспечивают предельную экономичность полевого этапа работ.

Рассматривая детально этот принцип трассирования, можно заметить, что при «тангенциальном трассировании» трасса характеризуется ломаной линией, в изломы которой вписаны кривые. Отрезки прямых представляют собой касательные к кривым, поэтому можно говорить о ломаной как о **тангенциальном ходе (полигоне)**. Полевое трассирование состоит, при этом, в последовательном вешении прямых линий тангенциального хода, отыскании и закреплении его вершин, измерениях углов поворота и расчетах пикетажного положения главных точек трассы (НК - начало кривой, КК - конец кривой, СК - середина кривой и т.д.) при заданных значениях радиусов закруглений. Рациональным в таком подходе является то, что ошибки, возможные при вписывании тех или иных кривых, не оказывают влияния на достоверность расчетов последующих кривых.

С принципом «тангенциального трассирования» практически однозначно связано то обязательное условие, что геодезические изыскания выполняют по «пикетному методу». Его суть заключается в следующем: при измерении линий теодолитного хода с помощью мерной ленты на этой линии закрепляют, как правило, пикеты (стометровые отрезки) и характерные точки трассы (водоразделы, лога, пересечения с автомобильными дорогами и инженерными коммуникациями и т.д.) и главные точки трассы. На каждом последующем отрезке ломаной пикетажное положение точек трассы устанавливают с учетом величины домера для каждой вписанной кривой в соответствующий угол поворота трассы. Далее перпендикулярно закрепленным точкам осуществляют съемку поперечных профилей на ширину полосы отвода. Таким образом, тангенциальный ход предопределяет очертания трассы и является основой для всех последующих геодезических работ. Естественно, что изменение или корректировка этой основы на этапе камеральных работ практически невозможна.

Отдельного рассмотрения требует процедура вписывания кривых в изломы тангенциального хода. Случай, когда закругления представляют собой круговые кривые, является простейшим и его применяют для дорог II-V категорий при R > 2000 м и при R > 3000 м - для дорог I-й категории. Для расчета такого закругления при известном угле поворота (q) и радиусе кривой (R) необходимо вычислить

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

значения тангенса (*Т*), домера (*Д*), длины кривой (*К*) и биссектрисы (*Б*) (см. разд. 8.1). Когда закругления представлены круговыми кривыми с переходными кривыми, расчет не так однозначен, как в первом случае. При равной длине входной и выходной переходной кривой закругление является **симметричным** и необходимо рассчитывать те же элементы закругления, что и в первом случае. Если длины входной и выходной переходных кривых не равны между собой, то это случай **несимметричного** закругления. При его расчете уже отсутствует понятие биссектрисы закругления, что усложняет процесс закрепления и последующей разбивки такого закругления (см. разд. 9.2). В частном случае, если отсутствует круговая вставка между переходными кривыми, то такое закругление называют **биклотоидой** (симметричной или несимметричной, соответственно).

Случаи **коробовой клотоиды и комбинированного закругления** являются универсальными и служат для подбора любых очертаний закругления (см. главу 9). Расчет таких закруглений представляет собой достаточно сложную аналитическую задачу. Основы решения для составных закруглений известны, однако на практике реализация этих решений является задачей крайне непростой.

Закругления в виде классического сочетания геометрических элементов «клотоида - круговая кривая - клотоида» наиболее распространены в практике дорожного проектирования, но находят применение и другие типы закруглений (геометрических элементов). Например: кадиоиды 1-го и 2-го типов (проф. А.А. Белятынский), гиперболы и поликлотоиды (канд. техн. наук Ю.А. Фортуна), кубические параболы (канд. техн. наук В.А. Федотов), кривые Безье (д-р техн. наук В.Н. Бойков). Применение этих элементов обосновано соответствующими численными и натурными экспериментами и результатами сравнительного анализа.

Наиболее перспективными геометрическими элементами для проектирования закруглений трассы в составе тангенциального хода являются кривые Безье, которые способны принимать формы и свойства всех вышеприведенных элементов. К тому же кривые Безье являются в общем случае пространственными функциями и способны, как будет показано далее, обеспечивать пространственное (трехмерное) трассирование автомобильных дорог в едином классе функций.

В 1970 году П. Безье (французский математик) подобрал составляющие параметрического кубического многочлена таким образом, что их физический смысл стал очень наглядным и весьма подходящим для целей проектирования дорог по принципу «тангенциального трассирования».

Формула Безье для кубического многочлена ($n = 3$) имеет следующий вид:

Пусть

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$r_i = \begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \end{pmatrix}$, $i = 0, 1, 2, 3$ - тогда для $0 \# t \# 1$

$$r(t) = r_0(1 - t)^3 + 3r_1t(1 - t)^2 + 3r_2t^2(1 - t) + r_3t^3$$

или в матричной форме:

$$P(t) = T \times M \times G = \begin{bmatrix} t^3 t^2 t 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & 6 & 3 & 0 \\ -3 & 3 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} X_0 & Y_0 \\ X_1 & Y_1 \\ X_2 & Y_2 \\ X_3 & Y_3 \end{bmatrix}.$$

Матрицу *M* называют базисной матрицей кубической кривой Безье.

Помимо кривой Безье 3-го порядка (кубической) для целей трассирования дорог возможно применение также кривых Безье 2-го, 4-го и 5-го порядков. Соответствующие формулы для вычисления радиусов-векторов (и их производных) для этих кривых приведены ниже.

Кривая Безье 2-го порядка:

$$r(t) = r_0(1 - t)^2 + 2r_1t(1 - \mathrm{t}) + r_2t^2.$$

Кривая Безье 4-го порядка:

$$r(t) = r_0(1 - t)^4 + 4r_1t(1 - t)^3 + 6r_2t^2(1 - t)^2 + 4r_3t^3(1 - t) + r_4t^4.$$

Кривая Безье 5-го порядка:

$$r(t) = r_0(1 - t)^5 + 5r_1t(1 - t)^4 + 10r_2t^2(1 - t)^3 + 10r_3t^3(1 - t)^2 + 5r_4t^4(1 - t) + r_5t^5.$$

Кривые Безье, обладающие особыми свойствами, как отмечалось выше, позволяют применять их в качестве универсальных кривых для проектирования закруглений трасс автомобильных дорог. В частности, построение кривой Безье опирается на характеристическую ломаную, которая и предопределяет ее свойства, некоторые их которых приведены ниже:

кривая Безье является гладкой кривой;

касательные в начале и конце кривой совпадают по направлению с первым и последним отрезками ломаной;

кривая Безье лежит в выпуклой оболочке, порожденной массивом точек (опорных вершин) ломаной;

кривая симметрична - сохраняет свою форму при перемене порядка вершин ломаной;

в случае, если вершины ломаной лежат в одной плоскости, то кривая Безье лежит в этой же плоскости;

степень функциональных коэффициентов кривой на единицу меньше количества вершин ломаной;

изменение положения хотя бы одной из вершин ломаной ведет к изменению очертаний кривой Безье.

Поскольку характеристическая ломаная и кривая Безье ассоциативно и функционально находятся в той же взаимозависимости, что и тангенциальный ход с трассой автомобильной дороги, то весьма привлекательно построение кривой Безье интерпретировать в терминах принципа "тангенциального трассирования".

На рис. 28.1,а представлена расчетная схема традиционного закругления «клотоида - круговая кривая - клотоида», вписанного в излом тангенциального хода с вершиной в точке T и углом поворота q. Расстояние от начала кривой до вершины - тангенс T_1. Расстояние от вершины до конца кривой - тангенс T_2. Тангенсы T_1 и T_2 представляют собой касательные в начале и конце составного закругления, пересечение которых в точке T и порождает характеристическую ломаную ATF. Если провести касательные в узлах стыковки элементов (точки N, M), то получим вспомогательную ломаную ANTMF.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

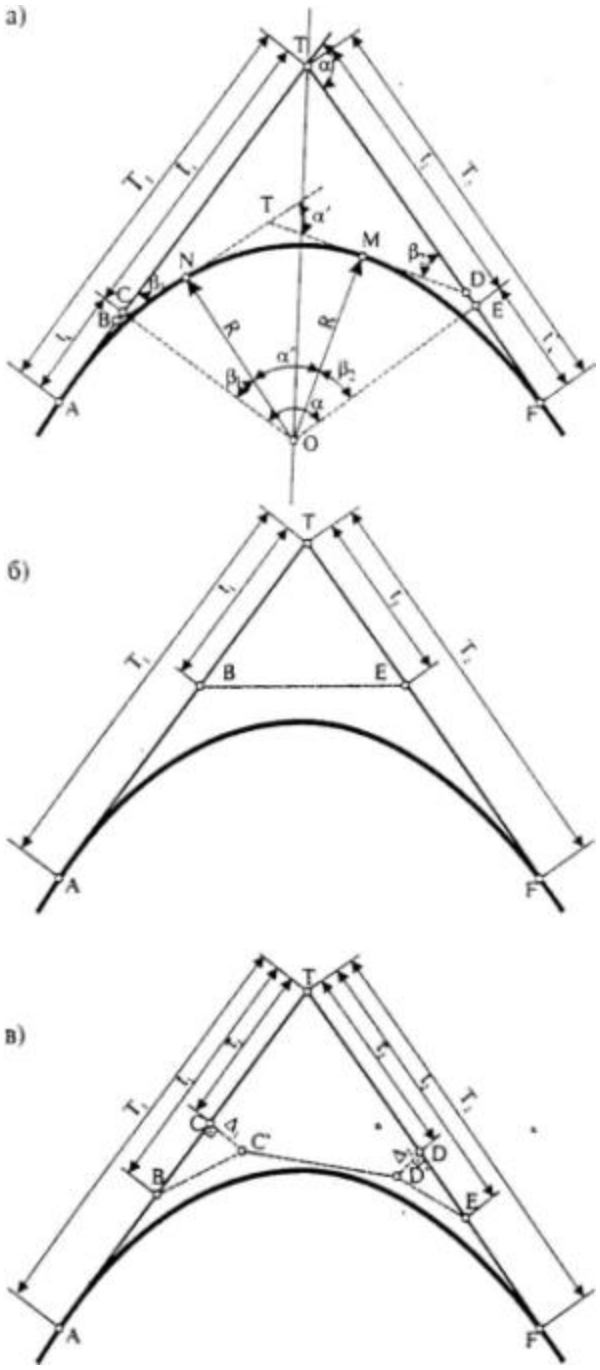


Рис. 28.1. Расчетные схемы закруглений трассы в плане
а - традиционная; б - Безье-3; в - Безье-5

Предположим, что в угол поворота *q*, образованный сторонами тангенциального хода, требуется вписать закругление трассы посредством кривой Безье 3-й степени (Безье-3). Поставим (см. рис. 28.1, б) начальную A и конечную F точки кривой соответственно на 1-й и 2-й сторонах тангенциального хода. Внутренние точки (B, E) характеристического многоугольника разместим в вершине утла. Расстояния от

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

заданных точек до вершины будем называть, следуя сложившейся дорожной терминологии, **большими тангенсами** (T_1 и T_2). По трем заданным точкам будет построена кубическая кривая Безье со сдвоенной вершиной в точке T. Если полученные очертания кривой по каким-либо соображениям не устраивают инженера-проектировщика, то варьировать очертаниями кривой можно за счет изменения положения точек В и Е. При этом точки будут перемещаться вдоль соответствующих сторон тангенциального хода. Расстояния от вершины до этих точек условимся называть **малыми тангенсами** кривой (t_1, t_2). Таким образом, варьируя значениями малых и больших тангенсов, можно получать кривые разного очертания и разных дифференциальных свойств. В частности, как будет показано ниже, кривая Безье-3 может с успехом моделировать прямую, дугу окружности, клотоиду и отрезок клотоиды.

Недостатком Безье-3 является то, что при моделировании закругления единой кривой в средней части закругления невозможно добиться участка постоянной кривизны.

Чтобы получить фрагмент дуги окружности в средней части закругления, следует обратиться к кривой Безье 5-й степени (Безье-5), характеристическая ломаная которой состоит из 6-и точек. На рис. 28.1,в эта ломаная образована точками A, B, C, D, E, F. В терминах тангенциального хода построение Безье-5 выглядит следующим образом. Начальная точка А находится на расстоянии T_1 от вершины, точка В - на расстоянии t_1. Касательная в начале Безье-5 будет совпадать с направлением АВ. Положение третьей точки С условимся отмерять также от вершины Т тангенсом т,, Но если точки А и В могут перемещаться лишь вдоль стороны тангенциального хода, тем самым задавая направление касательной в начале кривой, то точка С может смещаться на Д, влево и вправо от стороны тангенциального хода, формируя разнообразные очертания гладких кривых. Расположение точек D, E, F на 2-й стороне тангенциального хода сходно расположению точек A, B, C и, поэтому, не требует дополнительных пояснений.

Единой кривой Безье-5 можно также моделировать серпантины 1-го и 2-го рода, левосторонние и правосторонние соединительные рампы на пересечениях в разных уровнях.

28.3. Метод «опорных элементов»

Основные принципы, соблюдаемые при автоматизированном проектировании плана трассы, состоят в следующем: обязательное использование принципов клотоидного трассирования (принцип «гибкой линейки»); детальная, многовариантная проработка трассы с сопоставлением вариантов по основным показателям и выбором наилучшего решения; обеспечение зрительной плавности и ясности трассы и согласование ее с ландшафтом.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

При системно автоматизированном проектировании собственно этап трассирования неразрывно связан со всеми последующими этапами проектирования автомобильной дороги и в значительной степени от них зависит. Общая этапная последовательность автоматизированного проектирования плана автомобильных дорог состоит в следующем:

отработка эскизного варианта трассы. С помощью гибкой линейки - сплайна либо от руки сообразно рельефу и ситуации на крупномасштабном плане наносят плавную линию очередного варианта трассы;

автоматизированное проектирование плана трассы. Выполняют компьютерный расчет геометрических элементов плана, координат магистрального хода, координат главных точек (НК, СК, КК и т.д.), пикетов и промежуточных точек и т.д.;

подготовка черного профиля земли по оси дороги. Черный профиль готовят по фиксированному плану варианта трассы с использованием цифровой модели местности ЦММ;

проектирование продольного профиля. Используя профиль земли по оси дороги, а также другие необходимые данные, устанавливают компьютерным расчетом оптимальное (или рациональное) положение проектной линии продольного профиля;

оценка полученного решения по основным показателям. Вариант оценивают по объемам работ, строительной стоимости, транспортно-эксплуатационным расходам, стоимости отвода земель, затратам на борьбу со снегозаносами, уровням удобства и безопасности движения, эстетическим критериям и т.д.;

корректировка плана трассы с последующим повторным проектированием. На основе всесторонней оценки запроектированного варианта трассы, когда проектировщик не удовлетворен теми или иными показателями (большие объемы работ, высокая строительная стоимость, необеспеченная на некоторых участках зрительная плавность и ясность трассы, высокие транспортно-эксплуатационные расходы, необеспеченная видимость, недопустимо высокие значения итоговых коэффициентов аварийности или слишком низкие значения коэффициентов безопасности и т.д.), недостатки проектного решения устраняют путем корректировки плана трассы (в отдельных случаях только продольного профиля) с последующим повторным проектированием варианта дороги.

Задача трансформации эскизной трассы в последовательность сопряженных между собой элементов клотоидной трассы (клотоид, отрезков клотоид, круговых кривых и прямых) решается автоматизированным компьютерным расчетом с использованием аналитических методов, реализованных на базе специального математического аппарата.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Метод «опорных элементов» является одной из разновидностей «методов однозначно определенной оси» впервые разработан в 60-х годах в Германии. В нашей стране метод реализован в виде пакета прикладных программ Союздорпроекта и состоит в том, что с помощью шаблонов круговых кривых и линейки устанавливают положение опорных элементов (прямых и круговых кривых), наилучшим образом аппроксимирующих эскизную трассу автомобильной дороги (рис. 28.2) и в последующей аналитической их увязке.

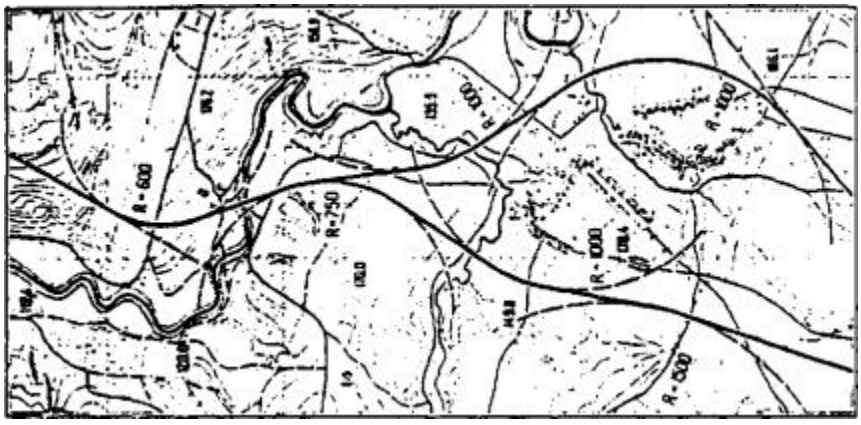


Рис. 28.2. Представление опорных элементов по эскизным вариантам плана трассы

К **опорным элементам** относят прямые и круговые кривые, которые сопрягаются между собой посредством соединительных элементов - клотоид и отрезков клотоид. Опорные элементы могут быть заданы в общей системе координат фиксированно, полуфиксированно и свободно (рис. 28.3).

Фиксированным считают элемент, для которого определены его тип (прямая, либо круговая кривая), радиус и положение в общей системе координат, не допускающее его перемещения в плане (см. рис. 28.3, а).

Полуфиксированным считают элемент, для которого определены его тип и положение в общей системе координат, допускающее вращение вокруг какой-либо его точки (см. рис. 28.3, б).

Свободным считают элемент, для которого задан его тип, но не определено положение в общей системе координат (см. рис. 28.3, в).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

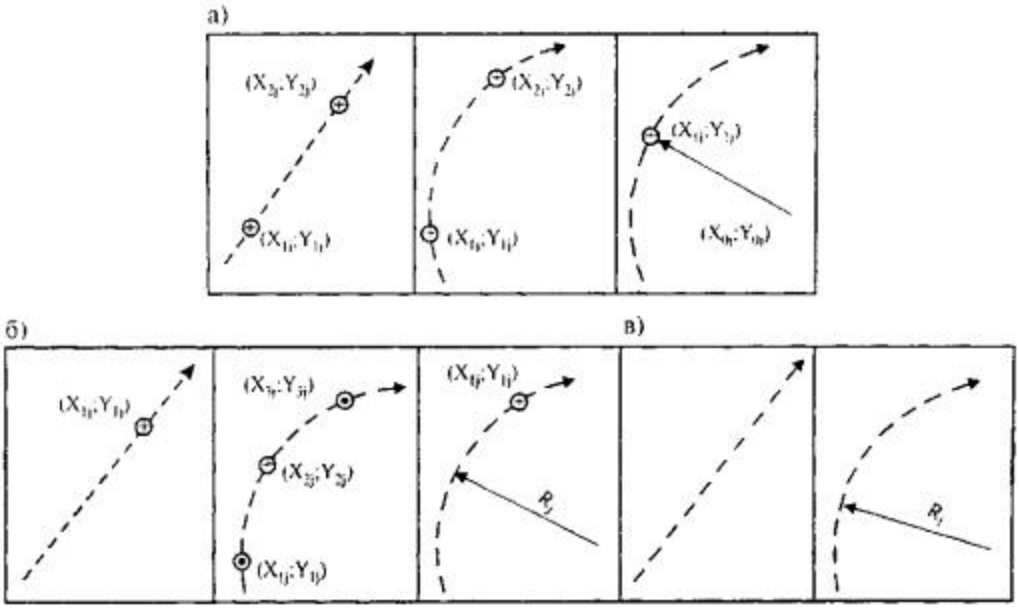


Рис. 28.3. Способы задания опорных элементов:
а - фиксированные; б - полуфиксированные; в - свободные

Предусмотренная возможность задания опорных элементов не только фиксированно, но полуфиксированно и свободно сильно облегчает задачу увязки смежных элементов и позволяет принимать округленные значения параметров или длин соединительных кривых. Возможны 16 различных случаев сопряжения опорных элементов, которые по способу задания элементов разделяют на три группы (рис. 28.4):

I группа (рис. 28.4, а) - оба элемента заданы фиксированно;

II группа (см. рис. 28.4, б) - первый элемент задан фиксированно, второй - полуфиксированно;

III - группа (см. рис 28.4, в) - первый и третий элементы заданы фиксированно, второй - свободно.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

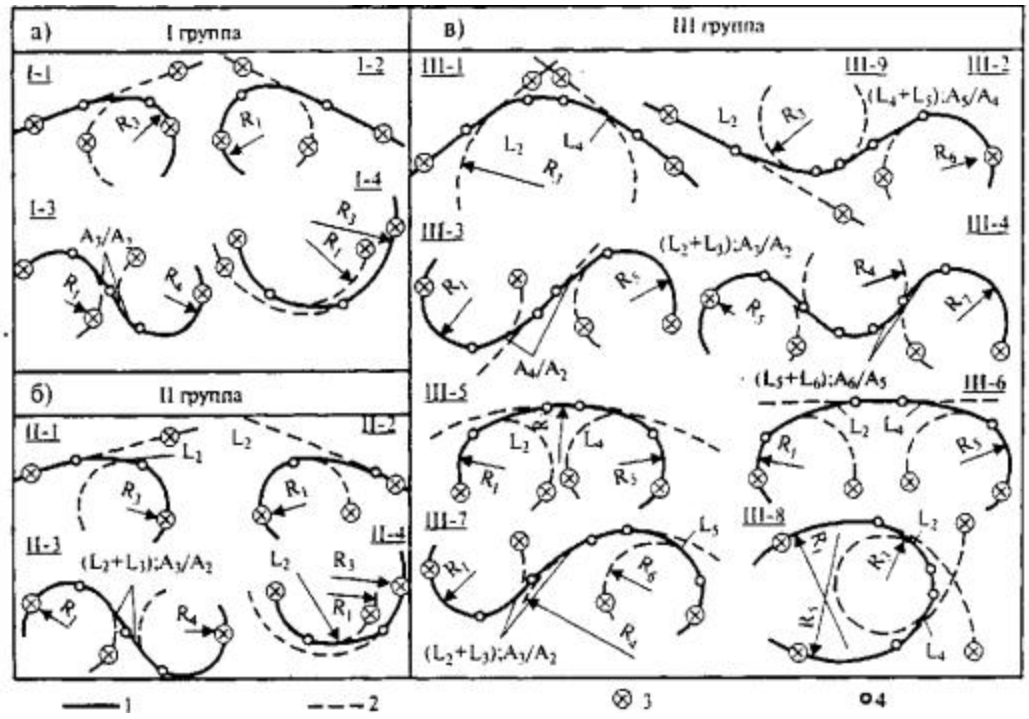


Рис. 28.4. Схемы расчетных случаев:
1 - трасса дороги; 2 - опорный элемент трассы; 3 - фиксированные точки; 4 - главные точки трассы

Для обеспечения автоматизированного анализа при выборе расчетной схемы сопряжения опорные элементы задают с учетом правила знаков (рис. 28.5).

Последовательность проектирования плана по методу «опорных элементов» состоит в следующем:

пользуясь шаблонами круговых кривых и линейкой, по эскизному варианту плана трассы устанавливают положение опорных элементов, радиусы и способы их задания;

с плана снимают исходную информацию, необходимую для автоматической увязки плана трассы на компьютере;

осуществляют автоматический расчет трассы с выдачей необходимой информации.

В результате получают следующие данные, необходимые для дальнейшего проектирования и для выноса трассы в натуру:

параметры геометрических элементов увязанной трассы;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

координаты магистрального хода;

координаты главных и промежуточных точек;

таблицы координат для разбивки трассы от магистрального хода по методу прямоугольных координат, методу засечек и по методу полярных координат.

Одно из достоинств метода «опорных элементов» заключается в возможности непосредственного контроля за параметрами и положением всех элементов трассы.

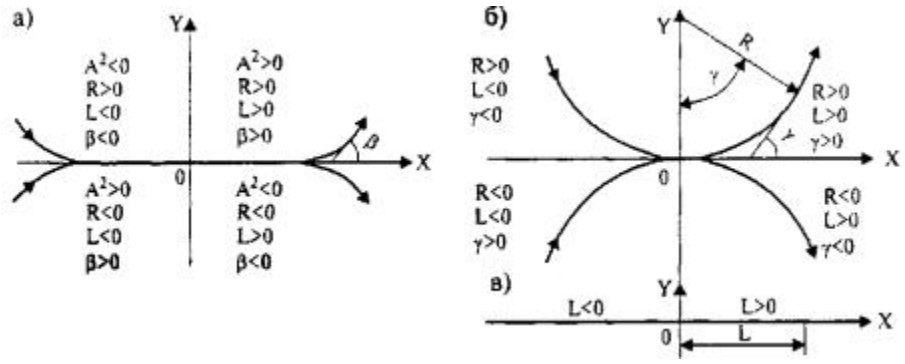


Рис. 28.5. Правило знаков при задании и расчетах элементов трассы
а - клотоид; б - круговых кривых; в - прямых

28.4. Метод «сглаживания эскизной линии трассы»

Метод «сглаживания эскизной линии трассы», разработанный в конце 60-х годов в США и развитый в Германии, заключается в задании координат последовательности точек, снимаемых с эскизного варианта трассы, с последующей аналитической аппроксимацией посредством алгебраических полиномов высоких степеней. В отличие от методов «однозначно определенной оси» в методе «сглаживания эскизной линии трассы» задают избыточное количество точек эскизной линии и в общем случае через все заданные точки не может быть проведена удовлетворительная трасса. Эти точки эскизной линии поэтому рассматривают как «приближенные», вблизи которых должна пройти трасса.

Эскизную трассу заносят в память компьютера координатами последовательности точек с шагом через 10-400 м (в зависимости от извилистости трассы), снимаемых с эскизной линии, нанесенной на крупномасштабный план или аэроснимок от руки, либо с помощью гибкой линейки - сплайна (рис. 28.6, а).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

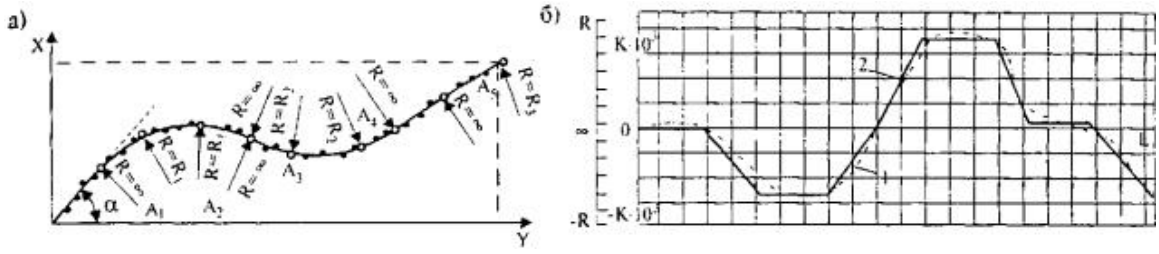


Рис. 28.6. Проектирование плана по методу «сглаживания эскизной линии трассы»: а - план трассы; б - диаграмма изменения кривизны; J - фактическая кривизна аппроксимирующей функции; 2 - выровненная кривизна

Начальную точку и направление всегда задают фиксированными, поскольку осуществляют отмыкание от ранее запроектированного участка трассы или от существующей автомобильной дороги. Конечную точку трассы можно либо фиксировать, либо задавать свободно. Точкам также придают различные весовые значения, предопределяющие различную степень приближения, либо обязательное прохождение через них аппроксимирующей кривой.

Аналитическую аппроксимацию эскизной трассы, заданной последовательностью точек, осуществляют с использованием алгебраических полиномов высокой степени (обычно 3-й степени), имеющих общую касательную в точках сопряжения.

$Y = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$, где

A, B, C, D - коэффициенты аппроксимирующих отрезков кривых, определяемых из условия приближения к эскизной линии по методу «наименьших квадратов».

Полученная аналитическая интерпретация эскизной трассы еще не дает возможности контроля за законами изменения кривизны линии, а также за значениями радиусов кривизны в различных ее точках. Чтобы такой контроль мог быть осуществлен, а также с целью представления линии сочетанием обычных элементов клотоидной трассы (прямых, круговых кривых, клотоид и отрезков клотоид) строят диаграмму кривизны (рис. 28.6, б). При этом кривизну проектной линии трассы в любой ее точке определяют:

$$K = \frac{d^2y/dx^2}{\left[1+(dy/dx)^2\right]^{3/2}} = \frac{2(3Ax^2+B)}{\left[1+(3Ax^2+2Bx+C)^2\right]^{3/2}}.$$

Фактическое очертание диаграммы кривизны заменяют ломаной. Тогда прямые, совпадающие с осью абсцисс, соответствуют прямым участкам трассы, прямые,

параллельные оси абсцисс - круговым кривым и наклонные прямые - клотоидам или отрезкам клотоид. Таким образом, в конечном итоге трассу представляют в виде обычных элементов клотоидной трассы.

Одна из разновидностей метода «сглаживания эскизной линии трассы» - метод «аппроксимации последовательности точек» реализован в Союздорпроекте в виде пакета прикладных программ «План». Идея метода «аппроксимации последовательности точек» заключается в компьютерной обработке эскизной линии трассы с целью определения геометрических характеристик и положения элементов клотоидной трассы, отвечающей определенным требованиям, предъявляемых к ней.

Модель эскизной линии трассы в плане представляют упорядоченным множеством точек, определяемым тремя характеристиками: x_i, y_i, p_i, (где x_i и y_i - координаты i-й точки в общей системе координат; p_i - «вес» i-й точки). Задача определения геометрических характеристик элементов трассы и их положения, наилучшим образом приближающихся к заданной эскизной линии, решается с применением методов математического программирования. При этом в качестве целевой функции принято выражение:

$$K = \sum_{i=1}^{j} (z_i^2 p_i) \Rightarrow \min,$$

где

K - критерий оптимальности;

z_i - расстояние от i-й точки до трассы по нормали.

Обязательными ограничениями являются:

$Dt_{min} \pounds Dt \pounds Dt_{max}$;

$DR_{min} \pounds DR \pounds DR_{max}$;

$DL_{min} \pounds DL \pounds DL_{max}$;

$DA_{min} \pounds DA \pounds DA_{max}$; где

Dt - изменение центрального утла круговых кривых;

DR - изменение радиуса круговых кривых;

DL - изменение длин прямых;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

D*A* - изменение параметров клотоид;

min, max - индексы, обозначающие нижнюю и верхнюю границы соответствующих переменных.

Пакет прикладных программ «План» Союздорпроекта, кроме того, позволяет рассчитывать координаты главных и промежуточных точек трассы, поперечников трассы, готовить таблицы для разбивки трассы от произвольного магистрального хода по методам: прямоугольных координат, полярных координат и засечек. Пакет прикладных программ «План» обеспечивает получение продольных и поперечных черных профилей земли с использованием ЦММ.

28.5. Методы «свободной геометрии». Сплайн-трассирование

В условиях автоматизированного проектирования, когда любое проектное решение требует формализованного представления информации в числовом или аналитическом виде, а оценка этих решений связана, как правило, с функциональным анализом, значимость выбора подходящих интерполирующих и аппроксимирующих функций возрастает. Наиболее подходящими функциями для этого являются сплайны как универсальный математический аппарат для описания, хранения, преобразования, анализа и представления геометрических форм элементов, в первую очередь, трасс проектируемых автомобильных дорог.

Термин «сплайн» (spline-англ.) происходит от названия чертежного инструмента - тонкой металлической или деревянной линейки, которая изгибается так, чтобы проходить через заданные точки $\{x_i, y_i = f(x)\}$ (рис. 28.7).

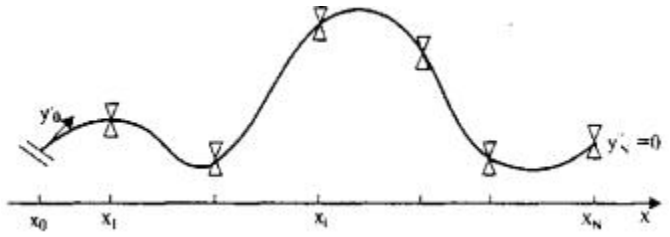


Рис. 28.7. Очертание сплайна как математического аналога гибкой линейки

Теория сплайнов, получившая распространение в 60-е годы, прошла этап бурного развития. В настоящее время сплайны, наряду с классическими многочленами, признаны стандартными функциями математического анализа. Их широкое применение в промышленных технологиях связано с тем, что сплайны имеют хорошие аппроксимативные свойства и, в то же время, чрезвычайно просты и удобны для построения вычислительных алгоритмов на компьютере.

Применимость сплайнов в дорожном проектировании активно исследовалась едва ли не с самого зарождения теории сплайнов (В.А. Федотов, В.Ю. Голубин, В. Кюн,

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В. Фулчик и др.). Ряд программных разработок для автоматизированного трассирования автомобильных дорог в плане и продольном профиле на основе сплайнов нашли применение в проектной практике. Заметим, что сплайн-трассы никоим образом не связаны с тангенциальным ходом и их разбивка на местности может осуществляться от произвольных базисов (рис. 28.8).

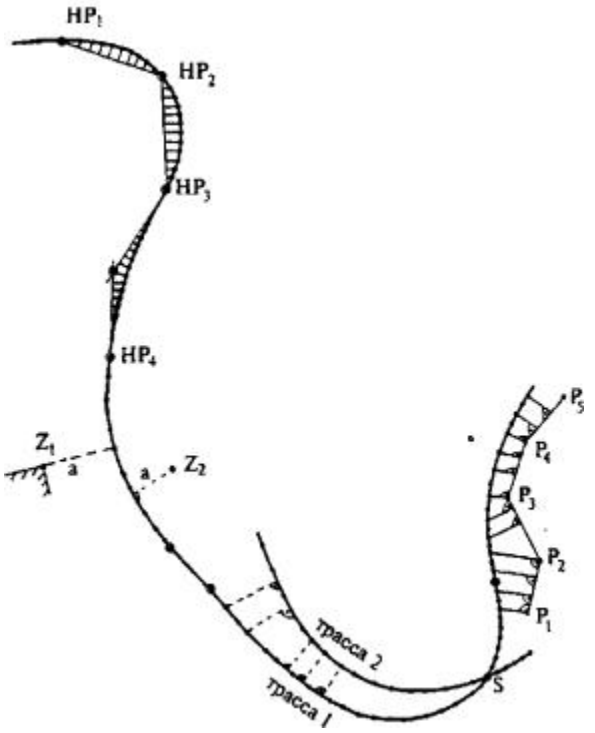


Рис. 28.8. Возможные схемы разбивки сплайн-трасс

Из всего многообразия сплайнов в данной работе рассматриваются, в первую очередь, алгебраические сплайны 1-й и 3-й степеней - интерполяционные и сглаживающие. Выбор алгебраических сплайнов обусловлен тем, что они наиболее экономичны с вычислительной точки зрения и обладают достаточными свойствами аппроксимации и гладкости.

Сплайны 1-й степени (линейные) служат, во-первых, хорошей и доступной иллюстрацией к пониманию процессов построения сплайновых алгоритмов, а, во-вторых, достаточны для описания геометрических элементов дорог, представляемых в виде ломаных линий (магистральные и тангенциальные ходы, продольные и поперечные профили земли и т.д.).

Построению гладких кривых служат сплайны 3-й степени (кубические), которые вместе со своими первой и второй производными несут проектировщику необходимую количественную и качественную информацию о проектируемой трассе.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Сплайны можно определить двумя способами: исходя из взаимного согласования простых функций (многочленов невысокой степени) и из решения задачи минимизации.

К сплайнам, определяемым по первому способу, можно отнести интерполяционные сплайны, которые необходимы для аналитического представления дискретно заданной информации.

Сглаживающие сплайны определяют чаще на основе второго способа. Именно сглаживающие сплайны находят самое широкое применение для оптимизации тех проектных решений, которые на начальной стадии рассмотрения носят, как правило, приближенный характер.

Кубическая интерполяционная сплайн-функция на каждом интервале между узлами интерполяции записывается уравнением вида:

$S = f_i + B_i(x - x_i) + C_i(x - x_i)^2 + D_i(x - x_i)^3$, x_i £ x £ x_{i+1}.

Недостатком такого вида записи является то, что отсутствует возможность изменения формы сплайн-функции на участке между двумя жестко закрепленными интерполяционными точками. Лишь перемещением одной из точек (узлов) интерполяции можно добиться некоторого изменения формы сплайн-кривой.

Более гибкими возможностями в этом смысле обладают рациональные сплайны, непрерывные вместе со своими первой и второй производными:

$$S(x) = f_i(1-t) + f_{i+1}t + C_i\left[\frac{t^3}{1+p_i(1-t)} - t\right] + D_i\left[\frac{(1-t)^3}{1+q_i t} - (1-t)\right],$$ где

$t = (x - x_i)/h_i$, $h_i = x_{i+1} - x_i$, p_i, q_i - заданные числа, $-1 < p_i, q_i < ¥$.

Из уравнения рационального сплайна видно, что при $p_i = q_i = 0$, $i = 0,1,..., N-1$, рациональный сплайн превращается в обычный кубический сплайн. Кроме того, можно считать, что сплайн первой степени также является частным случаем кубического сплайна, поскольку при всех p_i, q_i ®¥, $i = 0,1,...,N-1$, справедливо $S(x)$ ® $f_i(1 - t) + f_{i+1}t$, x Î $[x_i, x_{i+1}]$. Таким образом, можно ожидать, что при использовании рациональных сплайнов путем надлежащего выбора свободных параметров p_i, q_i достигается высокая точность приближения на участках достаточной гладкости интерполируемой функции, а на участках с большими градиентами сплайн отвечает требованиям качественного характера - выпуклости и монотонности.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

«Слабым» местом в обосновании интерполяционных сплайнов как универсального математического аппарата при трассировании автомобильных дорог является допущение (условие), что вершины интерполяции назначены проектировщиком верно и при вычислении значений самого сплайна корректировке не подлежат.

Проанализируем, как на практике назначают местоположение вершин. Если трассирование выполняют на основе карты или топографического плана, то проводят эскизную линию дороги, которая, по мнению проектировщика, является наиболее целесообразной при заданных условиях, «от руки» или с помощью механических приспособлений. Далее на эскизной линии фиксируют вершины интерполяции и замеряются их координаты. При этом не существует строго формализованных алгоритмов назначения местоположения вершин, есть лишь ряд практических советов. В частности, частое расположение вершин приводит к осцилляции кривизны такого сплайна ввиду неизбежной погрешности съемки координат вершин интерполяции; редкое их расположение вызывает существенные отклонения сплайн-трассы от порождающей ее эскизной линии.

Если трассирование выполняют по материалам полевых изысканий, то вершинами сплайн-интерполяции в этом случае являются съемочные точки цифровой модели местности и погрешность в установлении их координат еще более очевидна ввиду наличия ошибок случайного и систематического характера.

Хорошего приближения сплайн-трассы к эскизному варианту и, в то же время, достаточной ее гладкости (плавности) можно добиться лишь при многократной интуитивной корректировке проектировщиком вершин интерполяции.

Отсюда следует, что интерполяционные сплайны не являются математическим аппаратом оптимального трассирования, а лишь удобным и во многих задачах чрезвычайно эффективным инструментарием компьютерной обработки эскизно назначенных проектных решений. Качество таких решений существенно зависит от квалификации исполнителя.

Из вышеприведенных рассуждений вытекает, что постановка задачи трассирования на основе сплайнов должна предполагать следующее: вершины интерполяции эскизной трассы, а в случае реконструкции - исходной трассы, назначают приближенно (с допуском) и точное их местоположение вычисляют по определенным закономерностям, учитывающим ряд основополагающих целевых установок самого процесса трассирования. С использованием математической терминологии эту задачу можно отнести к задачам генерации геометрических форм по их грубым (приближенным) описаниям.

В качестве математического аппарата для решения задачи трассирования дорог рассмотрим сглаживающие сплайны, которые минимизируют функционал И. Шенберга:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$\int_{x_0}^{x_n}\left|S^{(q)}(x)\right|^2 dx + \sum_{i=0}^{n}\frac{1}{\rho_i}\left[S(x_i) - f_0(x_i)\right]^2,$$

при ограничениях, например

$$\left|S(x_i) - f_0(x_i)\right| < \varepsilon_i, i = 0,\ldots,n$$

$$либо \max\left|S_{(x_i)}^{(k+1)} - S_{(x_i)}^{(k)}\right| \le \delta.$$

В записи функционала q = 1,2; $S(x)$ - сплайн; r_i - весовой коэффициент узла интерполяции; $f_0(x_i)$ - функция начального приближения.

Ограничения могут быть самыми разными и в случае трассирования дорог это: ограничения по допустимому радиусу, направлению трассы в плане и уклону в продольном профиле и т.д. При этом для сплайнов третьей степени (q = 2) должны быть добавлены так называемые «краевые условия» в точках x_0 = a, x_n = b, обеспечивающие единственность построения сплайна. Например, это могут быть условия заданного начального и конечного направления проектируемого участка трассы $S'(x_a)$, $S'(x_b)$.

Вышеприведенный функционал хорошо моделирует задачу трассирования дорог при их реконструкции, которая состоит в том, чтобы добиться минимального отклонения проектируемой трассы от существующей, при одновременных условиях по уклону и кривизне в продольном профиле и по кривизне и скорости нарастания кривизны в плане согласно требованиям СНиП для данной категории дороги. Минимальное отклонение достигается за счет второго слагаемого функционала, а условия по кривизне - за счет первого слагаемого.

Так как в процессе проектирования разбивку трассы ведут в виде пикетов, то удобнее выражать переменные координаты X, Y вершин этой трассы при помощи одного параметра l - текущей длины трассы. В этом случае на любом интервале трасса дороги в плане описывается единственным сочетанием элементов: сплайн-сплайн. Значение параметра l задает координатный вектор точки на трассе. В частности, для плана координаты точки на трассе математически описываются совокупностью параметрических сплайнов:

$x = X_S(l)$,

$y = Y_S(l)$.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Вычисление сглаживающих сплайнов 1-й и 3-й степени осуществляют, как правило, методом покоординатного спуска. Аналогичные результаты могут быть получены и при реализации метода штрафных функций.

Выше, в рассуждениях о Безье-кривых и сплайнах, понималось плоское расположение опорных точек трассы и, соответственно, рассматривалось представление только плоских кривых. В общем случае, трехмерное (рис. 28.9) векторное представление точек на трассе сплайнами относительно осей X, Y и Z имеет вид:

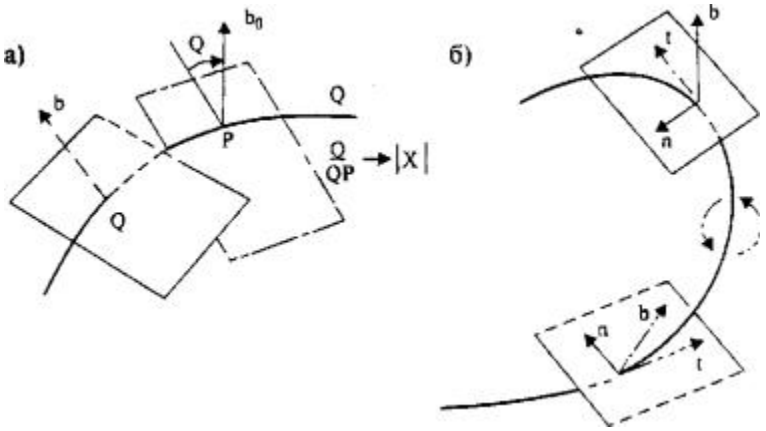


Рис. 28.9. Пространственное (трехмерное) проектирование оптимальной трассы автомобильных дорог:
а - вращение вокруг бинормали; б - вращение вокруг касательной (*t*)

$$\begin{cases} x = x(l); \\ y = y(l); \\ z = z(l); \end{cases}$$

Если форма плоской кривой определяется функцией ее кривизны, то форма пространственной кривой однозначно определяется совокупностью двух функций: кривизны и кручения. Кривизна (r) и радиус кривизны ($R = 1/r$) пространственной кривой имеют тот же геометрический смысл, что и для плоской кривой, но вычисляется, естественно, по более сложной зависимости:

$$\rho = \frac{1}{R} = \sqrt{\frac{\left(x'^2 + y'^2 + z'^2\right)\left(x''^2 + y''^2 + z''^2\right) + \left(x'x'' + y'y'' + z'z''\right)}{\left(x'^2 + y'^2 + z'^2\right)^3}},$$ где

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

x', x'' - первая, вторая производные x по l и т.д.

Кручение - новое геометрическое понятие для трассы автомобильной дороги как кривой в пространстве, но именно кручением кривой можно объяснить многие из явлений зрительного восприятия, которые до сих пор оценивали и объясняли на основе лишь эмпирических правил. Кручение (T) пространственной кривой в точке N следует определять по формуле:

$$T = R^2 \frac{\begin{vmatrix} x & y' & z'' \\ x & y' & z \\ x & y' & z'' \end{vmatrix}}{\left(x'^2 + y'^2 + z'^2\right)^3}.$$

Геометрически кручение можно определить следующим образом: если Q - близкая к N точка кривой C, а q - угол между соприкасающимися плоскостями кривой C в точках N и Q, то при стремлении точки Q к точке N отношение угла q к расстоянию между Q и N стремится к определенному пределу, который и равен абсолютному кручению кривой C в точке N.

Для большего понимания геометрической сущности кручения приведем и ее кинематическое толкование. Представим себе, что некоторая плоскость перемещается в пространстве, причем ее фиксированная точка с единичной скоростью движется по кривой, фиксированная прямая в каждый момент времени касается кривой в этой точке, а сама плоскость все время является соприкасающейся плоскостью кривой. Тогда такое перемещение будет результатом поступательного движения и двух вращений - вращение этой плоскости вокруг бинормали (b) и ее вращение вокруг касательной (t). Угловая скорость первого вращения равна кривизне кривой, а второго - абсолютному кручению кривой в точке соприкосновения. Знак кручения связан с направлением вращения: в случае, когда вращение происходит против часовой стрелки, если смотреть из конца касательного вектора, то это плюс, а если по часовой стрелке - то минус.

Если при раздельном трассировании необходимо контролировать графики кривизны трассы раздельно в плане и продольном профиле, то при пространственном трассировании контроль должен осуществляться графиками пространственной кривизны и кручения.

Пространственное трассирование дорог можно также выполнять и на основе тангенциального хода с вписанными закруглениями в виде кривых Безье. Опорные точки характеристической ломаной Безье (тангенциального хода), в общем случае, задаются точками трехмерного пространства $P_i(x_i, y_i, z_i)$, $i = 0,1, ...,m$. Тогда пространственную кривую Безье степени m определяют уравнением:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$R(t) = \sum_{i=0}^{m} B_i^m(t) P_i, 0 \le t \le 1,$$

где

$B_i^m(t)$- многочлены Бернштейна.

Матричная запись параметрических уравнений, описывающих пространственную кривую Безье:

$$\begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \\ z(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_0 \dots x_m \\ y_0 \dots y_m \\ z_0 \dots z_m \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \mu_{00} \dots \mu_{0m} \\ \dots\dots \\ \mu_{m0} \dots \mu_{mm} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} t^0 \\ \vdots \\ t^m \end{pmatrix},$$

где

0 # *t* # 1,

$$\mu_{ij} = (-1)^{j-1} \binom{m}{j} \binom{j}{i}.$$

В случае, если промежуток изменения параметра произволен, a # t # b, уравнение кривой Безье имеет следующий вид:

$$R(t) = \sum_{i=0}^{m} B_i^m \left(\frac{t-a}{b-a} \right) P_i,$$

Полученным представлением пользуются при задании единой параметризации составной кривой Безье как целого:

$R = R(t)$, t_0 # *t* # t_c , где

$R = R^{(i)}(t)$, $t_{i-1} \# t \# t_i$, $I = 1, 2,... l$, - параметрическое векторное уравнение i-й элементарной кривой Безье.

Таким образом, как параметрические сплайны, так и кривые Безье позволяют осуществлять математически корректную запись трассы автомобильной дороги в пространстве. Это обстоятельство позволяет ставить и решать вопрос о методах пространственного трассирования дорог посредством сплайнов и кривых Безье.

ГЛАВА 29. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

29.1. Метод «опорных точек»

Автоматизированное проектирование земляного полотна осуществляют в разных САПР с использованием соответствующих технологических линий проектирования, являющихся составными частями задачи поиска трассы в пространстве и решается в тесной связи с проектированием плана трассы. Эти технологические линии позволяют автоматизировать расчетно-графические, конструирующие и оптимизационные задачи, оставляя за проектировщиком право принятия окончательных решений и определения последовательности выполнения проектных работ.

При проектировании земляного полотна учитывают категорию и назначение проектируемой дороги, рельеф местности, геологические, гидрогеологические и другие факторы. На основе данных о перспективной интенсивности и составе движения устанавливают категорию проектируемой автомобильной дороги, расчетную скорость и нормы проектирования (предельно допустимые значения продольных уклонов, радиусов выпуклых и вогнутых кривых, руководящую отметку и т.д.). Проектирование продольного профиля осуществляют либо путем многовариантной проработки по методу «опорных точек», либо с использованием одного из методов оптимизации.

Метод «опорных точек» предназначен для расчета проектной линии продольного профиля по заданным проектировщиком контрольным (опорным) точкам и радиусам вертикальных кривых. Метод был предложен проф. К.А. Хавкиным в 1965 году и усовершенствован в Союздорпроекте. Этот метод часто применяют при проектировании продольного профиля автомобильных дорог в равнинной местности и в стесненных условиях (при значительном количестве контрольных точек). Проектную линию продольного профиля методом «опорных точек» решают в традиционном классе функций: в классе вертикальных выпуклых и вогнутых параболических кривых и сопрягающих их прямых.

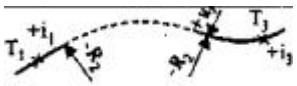
Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Проектирование осуществляют следующим образом: на продольном профиле земли по оси трассы («черном профиле») с помощью специальных прозрачных шаблонов (см. главу 10) графически наносят проектную линию, состоящую из вертикальных параболических кривых и прямых, с учетом технико-экономических требований. На основе графического проектирования продольного профиля составляют (табл. 29.1) исходные данные для компьютерного расчета.

Таблица 29.1.

Схемы сопряжений и задаваемая по ним информация

Схема сопряжения	Исходная информация
	$ГК_{T1}$ $Н_{T1}$ $\pm R_1$ $\pm i_{T1}$ $\pm R_2$ $ГК_{T3}$ $Н_{T3}$ $\pm R_3$ $\pm i_{T3}$
	$ГК_{T1}$ $Н_{T1}$ $\pm R_1$ $\pm i_{T1}$ $ГК_{T3}$ $Н_{T3}$ $\pm R_3$ $\pm i_{T3}$
	$ГК_{T1}$ $Н_{T1}$ $\pm R_1$ $\pm i_{T1}$ $\pm R_2$ $ГК_{T3}$ $Н_{T3}$ $\pm i_{T3}$

	$ГК_{T1}$	$Н_{T1}$		$\pm i_{T1}$
			$\pm R_2$	
	$ГК_{T3}$	$Н_{T3}$	$\pm R_3$	$\pm i_{T3}$
	$ГК_{T1}$	$Н_{T1}$		$\pm i_{T1}$
			$\pm R_2$	
	$ГК_{T3}$	$Н_{T3}$		$\pm i_{T3}$
	$ГК_{T1}$	$Н_{T1}$	$\pm R_1$	$\pm i_{T1}$
	$ГК_{T2}$	$Н_{T2}$		
	$ГК_{T1}$	$Н_{T1}$	$\pm R_1$	
	$ГК_{T2}$	$Н_{T2}$		$\pm i_{T2}$
	$ГК_{T1}$	$Н_{T1}$		
	$ГК_{T2}$	$Н_{T2}$	$\pm R_2$	$\pm i_{T2}$
	$ГК_{T1}$	$Н_{T1}$		$\pm i_{T1}$
	$ГК_{T2}$	$Н_{T2}$	$\pm R_2$	

	$ГК_{T1}$	$Н_{T1}$	$\pm i_{T1}$
	$ГК_{T2}$	$Н_{T2}$	$\pm i_{T2}$

Элементы продольного профиля могут быть: фиксированными (задают пикетажное положение, проектные высоты, уклоны и радиусы в какой либо точке); полуфиксированными (задают пикетажное положение, проектные высоты и радиусы или уклоны в какой-либо точке); свободными (задают только радиус элемента).

Первый элемент должен быть обязательно задан фиксированным. Последний может быть либо фиксированным, либо полуфиксированным. В таблице 29.1 представлены возможные случаи сопряжения элементов между собой и задаваемая по ним информация.

При задании исходной информации установлено следующее правило знаков:

выпуклая кривая « - »; вогнутая кривая « + »; уклон нисходящий « - »; уклон восходящий « + ».

Проектирование осуществляют в диалоговом режиме. Исходную информацию вводят либо с дискет, либо из других разделов САПР, либо непосредственно с клавиатуры, анализируют и в случае необходимости корректируют.

После корректировки исходных данных дают команду на увязку проектной линии продольного профиля. Результаты счета выводят на экран монитора в виде таблиц либо чаще всего в графической форме в виде готового чертежа продольного профиля.

Проектировщик анализирует результаты и либо корректирует их для получения нового варианта, либо дает команду на выдачу готового чертежа и передачу информации для последующих этапов проектирования.

29.2. Метод «проекции градиента»

Оптимизационный метод проектирования продольного профиля «проекции градиента» применительно к проектированию автомобильных дорог был разработан в 1974 году во Всесоюзном научно-исследовательском институте транспортного строительства (Струченков В.И. Автоматизация трассирования новых железных дорог: Сб. науч. тр. / ЦНИИС. - М.: Транспорт, 1979. - вып. 104).

Автоматизированное проектирование оптимальной линии продольного профиля автомобильных дорог осуществляют в три этапа: оптимизация проектных отметок;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

сглаживание «цепочечной» проектной линии; оптимизация элементов продольного профиля.

На первом этапе искомую проектную линию представляют в виде «цепочечной линии» с узлами, совпадающими с переломными точками черного профиля земли. «Цепочечная линия» при этом должна удовлетворять всем техническим условиям и ограничениям. Поиск оптимального решения осуществляют методом «проекции градиента», представляющего собой итерационный процесс, на каждом шаге которого получают новую проектную линию с меньшим значением целевой функции, чем на предыдущем шаге.

В качестве целевой функции принята строительная стоимость земляного плотна и искусственных сооружений. Оптимальное решение считают найденным, если выполнены все ограничения, проекция градиента равна нулю и никаких изменений положения проектной линии в части уменьшения значения целевой функции не происходит.

На втором этапе происходит определение границ элементов продольного профиля: «цепочечный» продольный профиль аппроксимируют последовательностью традиционных элементов: квадратных парабол и прямых, при этом могут иметь место переломы касательных на стыке элементов. Критерием оптимальности на этой стадии является минимум суммы квадратов отклонений, полученной кусочно-параболической кривой от исходной ломаной. Параметры парабол определяются таким образом, чтобы не нарушались ограничения по уклону и кривизне во всех точках предполагаемого элемента, а также выполнялись граничные условия в точках примыкания и отмыкания.

На третьем этапе выполняется оптимизация коэффициентов кусочно-параболических кривых проектной линии по строительной стоимости. При этом учитывают все заданные ограничения, длины принимают как на предыдущем этапе и исключают переломы касательных на стыках парабол.

Оптимальная проектная линия продольного профиля готовится в несколько этапов с последовательным уточнением и детализацией исходных данных. На каждом этапе задают исходные данные о нормах проектирования, технических ограничениях, о поперечных профилях земляного полотна, единичных стоимостях производства земляных работ и распределении земляных масс. В местах расположения водопропускных сооружений, подземных коммуникаций, на участках с неблагоприятными гидрогеологическими условиями и т.д. задают высотные ограничения снизу. В местах прохождения проектируемой дороги под существующими или проектируемыми дорогами, ЛЭП и т.д. задают высотные ограничения сверху.

Для обеспечения требования минимального возвышения насыпи на подтопляемых участках задают так называемые «зонные высотные ограничения».

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

На этих участках проектная линия не должна проходить ниже прямой, соединяющей начальную и конечную точки «зоны» с заданными проектными высотами. Для обеспечения условий примыкания слева и справа задают высоты и уклоны на границах участка. Предусмотрена возможность оптимизации проектной линии со свободным правым концом. На равнинных участках местности задают руководящие рабочие отметки.

Для поиска оптимальной линии используют построение по участкам зависимости площали поперечника от величины рабочей отметки. В общем случае они имеют вид, представленный на рис. 29.1, и состоят из четырех ветвей квадратных парабол $F(h) = ah^2 + bh + c$.

Весь проектируемый профиль земляного полотна разбивают на участки так, чтобы в пределах каждого участка были приблизительно одинаковыми косогорность и типы конструкций земляного полотна.

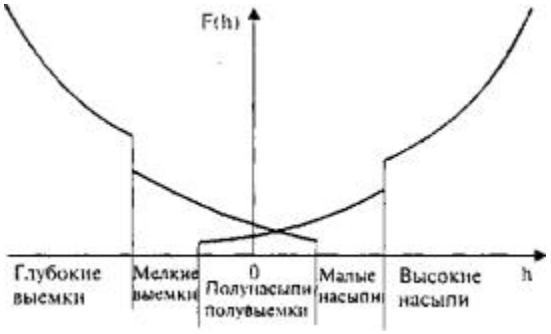


Рис. 29.1. График зависимости площади поперечного сечения F(h) от рабочей отметки h

При последующем совершенствовании программы Союздорпроектом разработана подпрограмма автоматического формирования коэффициентов зависимости F(h). По каждому участку задают:

минимальную и максимальную рабочие отметки, т.е. устанавливают интервал, в пределах которого строят зависимости F(h);

толщину дорожной одежды по оси;

мощность снимаемого растительного слоя торфа или слабого грунта, подлежащего замене;

средневзвешенные на участок единичные стоимости выполнения земляных работ: из выемки в насыпь, из выемки в кавальер, из резерва в насыпь;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

дифференцированно для левой и правой частей поперечного профиля задают уклон земли, ширину и уклон земляного полотна поверху, параметры откоса для большой насыпи, малой насыпи, большой выемки, малой выемки.

Оптимизацию продольного профиля выполняют с ориентировочным учетом способов производства работ и распределения земляных масс. При этом проектируемый профиль разбивают на участки, где насыпь и выемки сооружают совместно. На каждом из участков задают соотношения объемов насыпей $V_н$ и выемок $V_в$ вида:

$kV_в \geq V_н + C$, где

k - коэффициент, позволяющий учитывать степень уплотнения грунта и непригодность использования части грунта выемок для сооружения насыпи;

C - слагаемое, позволяющее учитывать запасы грунта на соседних участках или транспортных развязках (может быть как положительным, так и отрицательным).

Если при поиске положения оптимальной линии продольного профиля учитывают и стоимость искусственных сооружений, то необходимы данные об увеличении стоимости сооружений при изменении рабочей отметки на 1 м.

Задачу проектирования оптимального продольного профиля решают в интерактивном режиме с оценкой промежуточных результатов на экране монитора.

29.3. Метод «граничных итераций»

Метод «граничных итераций» разработан в 1967 году Е.Л. Фильштейном. Метод, реализованный в виде компьютерной программы «Пола», при проектировании оптимальной линии продольного профиля автомобильных дорог позволяет учитывать следующие условия и ограничения:

для каждого элемента продольного профиля уклон проектной линии K_i не должен превышать предельно допустимого значения

$\overline{K}_i$. Для обеспечения зрительной плавности и ясности трассы, органического вписывания ее в окружающий ландшафт и достижения в связи с этим высоких уровней удобства и безопасности движения методом предусмотрена возможность дифференцированного задания предельных уклонов

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$\overline{K}_i$ на различных участках автомобильной дороги;

в каждой точке проектной линии, представляющей собой плавную кривую переменного радиуса, радиусы кривизны вертикальных выпуклых и вогнутых кривых не должны быть меньше допустимых значений

$\overline{K}_{вып}$ и

$\overline{K}_{вог}$. Методом предусмотрена возможность дифференцированного задания допустимых значений радиусов вертикальных кривых на различных участках автомобильной дороги;

высотные отметки проектной линии в специально оговоренных точках, называемых **фиксированными**, должны быть равными заданным значениям. К этим точкам могут быть отнесены отметки проезжей части мостов и путепроводов, головок рельсов железных дорог и проезжей части автомобильных дорог, пересекаемых в одном уровне, отметки проезда в населенных пунктах и т.д. Фиксированными являются также точки начала и конца проектируемого участка автомобильной дороги;

высотные отметки проектной линии в специально оговоренных точках или зонах, называемых **ограничивающими**, должны быть не ниже заданных значений. К этим точкам обычно относят отметки пойменных насыпей на подходах к мостам, отметки насыпей на болотах, над трубами, минимальные отметки проезда на мостах и путепроводах, когда их высоты не зафиксированы строго;

отметки точек верха зоны с гидрогеологическими условиями, затрудняющими или делающими нежелательным прохождение проектной линии продольного профиля ниже границы этой зоны. К этим ограничениям, называемым **контурными**, относят, например, требование проложения проектной линии без выемок, либо с выемками ограниченной глубины. Для этой цели проектировщик задает значение ± h' - расстояние от черной линии, на котором должна находиться параллельная ей ограничивающая линия с указанием начала и конца этой зоны.

При автоматизированном проектировании оптимальной линии продольного профиля должна быть обеспечена минимальная строительная стоимость. Для этой цели задают ориентировочно стоимость 1 м^3 грунта насыпи и 1 м^3 грунта выемки, которые назначают дифференцированно по участкам проектируемой дороги в зависимости от категории разрабатываемого грунта, способа производства работ, дальности возки и т.д.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Тип поперечного профиля земляного полотна в каждом сечении выбирают в зависимости от рабочей отметки, ее знака и заданных параметров земляного полотна. Метод «граничных итераций» и программа «Пола» предусматривают в процессе проектирования автоматический выбор типа поперечного профиля земляного полотна, задаваемого параметрами основных форм насыпей и выемок (рис. 29.2).

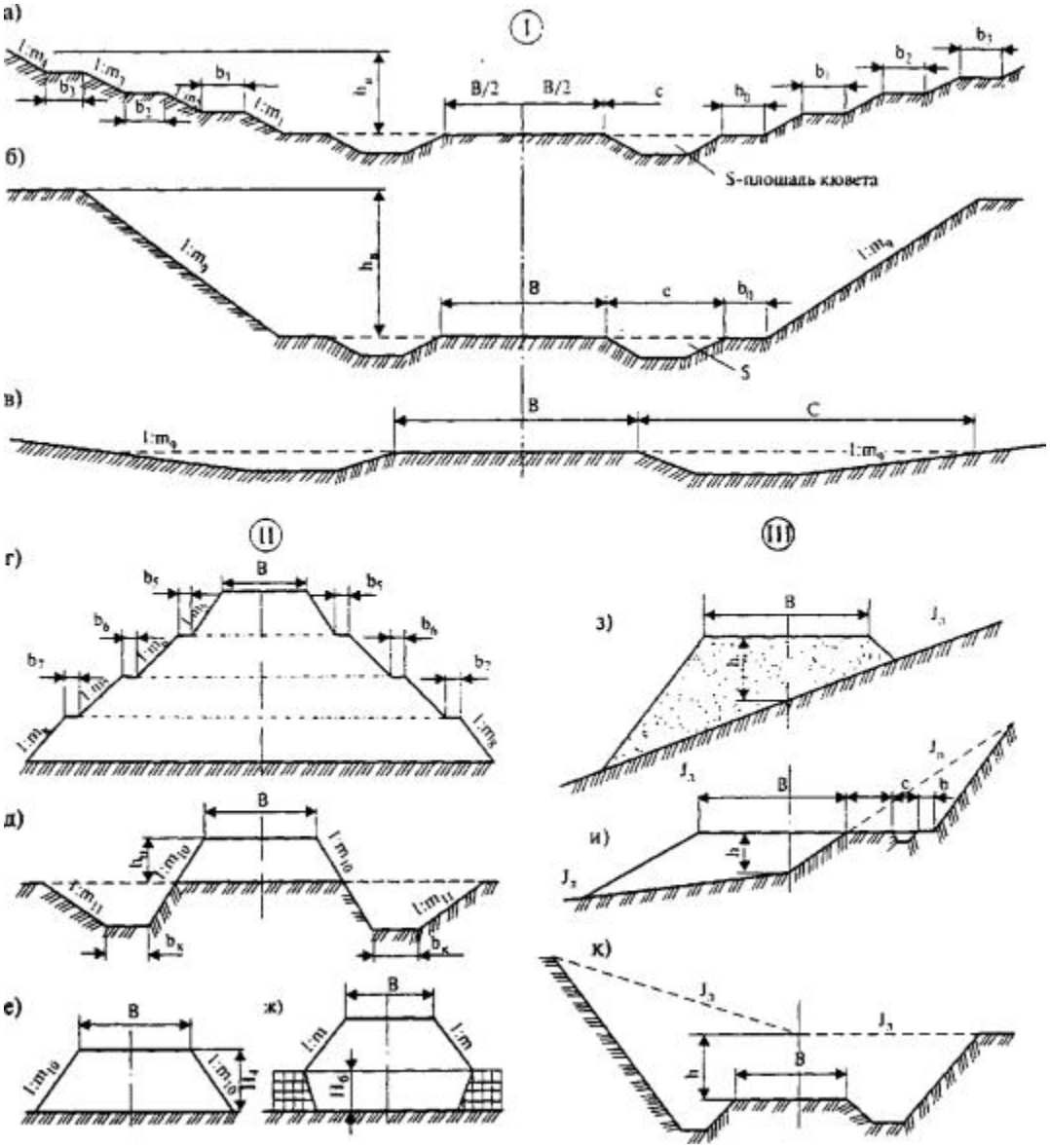


Рис. 29.2. Поперечные профили земляного полотна, используемые при автоматизированном проектировании продольного профиля по программе «Пола-2»

К параметрам земляного полотна относят: его ширину, коэффициенты заложения откосов, ширину берм, размеры кюветов и резервов и т.д. В зависимости

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

от знака и численного значения рабочей отметки при подсчете объемов земляных работ в расчет автоматически вводят соответствующие очертания поперечников земляного полотна.

Стоимость отвода 1 $м^2$ земельных угодий, по которым проходит автомобильная дорога, задают с целью учета изменения стоимости строительства, связанного с постоянным отчуждением земель при высотном перемещении проектной линии.

Стоимость искусственных сооружений при автоматизированном проектировании оптимального продольного профиля учитывают заменой участков автомобильных дорог на искусственных сооружениях эквивалентными по стоимости участками земляного полотна.

Автоматизированное определение оптимального положения проектной линии продольного профиля оказывается наиболее эффективным при проектировании автомобильных дорог в пересеченной местности. В этих случаях совершенно необходимым является учет косогорности при подсчетах объемов земляных работ и корректировке проектной линии для отыскания оптимума. Поперечные профили земли, получаемые с использованием цифровых моделей местности (ЦММ) или в результате съемки местности по характерным точкам, преобразуют в двухскатный эквивалентный профиль с точкой перелома, лежащей по оси проектируемой дороги. Для этой цели задают уклоны левой и правой от оси частей поперечника и его пикетажное положение. Очертание косогора в промежуточных сечениях между заданными поперечниками интерполируется автоматически программным путем и учитывается при подсчете объемов земляных работ. Тип поперечного профиля земляного полотна в каждом сечении косогорного участка автоматически выбирается в зависимости от величин рабочих отметок, параметров земляного полотна, положения точек пересечения поверхности косогора с откосами земляного полотна.

Основная идея метода «граничных итераций» состоит в следующем. Для решения поставленной задачи определен класс функций, в котором отыскивается оптимальное решение, - это ломаная линия со строительным шагом, принимаемым обычно равным 20 м. Ломаная с минимально возможным строительным шагом представляет собой дискретный аналог кривой переменного радиуса. Являясь более гибким элементом по сравнению с обычной круговой (или параболической) кривой, она позволяет максимально приближаться к оптимальному решению и обеспечивает большую зрительную плавность и ясность трассы, что для автомобильных дорог (особенно высоких категорий) имеет одно из важнейших значений.

Для получения нулевого (отправного) проектного профиля строят математическую модель профиля земли по оси дороги (черного профиля) в классе ломаных с равным шагом. Как известно, исходный черный профиль всегда представляют в виде ломаной с неравным шагом, уравнение которой имеет вид:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$y(x) = y_0 + \frac{1}{2}\sum_{i=0}^{n} K_i\left(a_i - a_{i-1} + \left|x - a_{i-1}\right| - \left|x - a_i\right|\right),$$ где

(29.1)

$K_i = \frac{y_i - y_{i-1}}{a_i - a_{i-1}}$ - тангенс угла наклона *i*-го отрезка;

a_i, y_i - соответственно, абсциссы и ординаты ломаной (т.е. черного профиля).

Математическая модель черного профиля в классе ломаной с равным шагом должна наименьшим образом отклоняться от исходного черного профиля, описываемого уравнением (29.1).

Задача оптимизации положения проектной линии продольного профиля сводится к отысканию такого ее положения, при котором достигается:

$$\sum_{i=0}^{n}\left(y_1 - y_i^{(0)}\right)^2 \to \min,$$

(29.2)

при выполнении ограничений:

по уклону

$\left|y_i - y_{i-1}\right| \le K_i\delta;$ при $1<i<n$

(29.3)

по кривизне

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$\rho_i = \left| y_{i-1} - 2y_i + y_{i+1} \right| \le \frac{\delta^2}{\left| \overline{R} \right|};$$

(29.4)

по фиксированным точкам

$$y_j = \overline{y}_j;$$

(29.5)

по ограничивающим точкам и зонам

$$y_j \ge \overline{y}_j;$$ где

(29.6)

y_i - ординаты проектной линии;

$\overline{K}$ - предельно допустимые уклоны;

$\overline{R}$ - предельные радиусы кривизны для выпуклых и вогнутых вертикальных кривых;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$\bar{y}_s$ - фиксированные точки;

$\bar{y}_j$ - ограничивающие точки и зоны.

Задача отыскания в принятом классе функций такой ломаной, которая удовлетворяла бы заданным ограничениям (29.3-29.6) и в то же время соответствовала минимуму строительной стоимости возведения земляного полотна (29.2), разбивается на два этапа.

На **первом этапе** отыскивается положение проектной линии продольного профиля, соответствующее минимуму профильных объемов земляных работ при единообразном очертании поперечного профиля земляного полотна.

Нулевым приближением является модель черного профиля земли $y^{(0)}$, которое, естественно не может быть окончательным, так как в общем случае для некоторых элементов линии $y^{(0)}$ оказываются не выполненными ограничения (29.3-29.6). В связи с этим вначале проектная линия регулируется по величине допустимого уклона. Для этой цели отыскивается какое-либо

$\left|K_i^{(0)}\right| > \bar{K}_i$, и находят такое решение $y^{(1)}$, при котором достигается min $(y^{(1)} - y^{(0)})^2$ и

$K_i^{(1)} = K_i sign K_i^{(0)}$. Затем выбирают

$\left|K_j^{(1)}\right| > \bar{K}_j$ и отыскивают такое положение проектной линии $y^{(2)}$, при котором достигается min$(y^{(2)} - y^{(1)})^2$ и

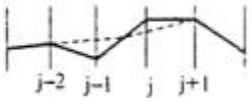
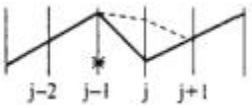
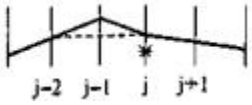
$K_j^{(2)} = K_i sign K_j^{(1)}$ и т.д.

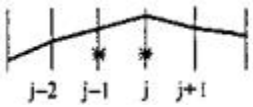
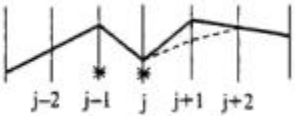
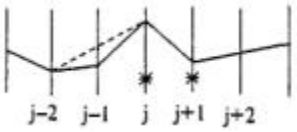
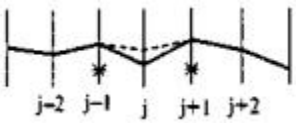
Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Иными словами, на каждом *p*-м шаге алгоритма накладывается только одно ограничение и ищется минимальное отклонение не от нулевого приближения ($y^{(0)}$), а от решения полученного на (*p*-1)-м шаге алгоритма. В этом заключается основная идея метода «граничных итераций». Возможные расчетные случаи при регулировании продольного уклона представлены в табл. 29.2.

Таблица 29.2.

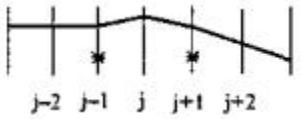
Расчетные случаи при регулировании продольного уклона

N/n	Схема	Индексы фиксированных ординат	Расчетные формулы
1		-	$y_{j-1}^{(p+1)} = y_{j-1}^{(p)} + \frac{1}{2}\left[K_j^{(p)} - \overline{K}_j sign\left(K_j^{(p)}\right)\right]$ $y_j^{(p+1)} = y_j^{(p)} - \frac{1}{2}\left[K_j^{(p)} - \overline{K}_j sign\left(K_j^{(p)}\right)\right]$
2		j - 1	$y_{j-1}^{(p+1)} = y_{j-1}^{(p)}$ $y_j^{(p+1)} = y_j^{(p)} + \overline{K}_j sign\left(K_j^{(p)}\right)$
3		j	$y_{j-1}^{(p-1)} = y_{j-1}^{(p)} - \overline{K}_j sign\left(K_j^{(p)}\right)$ $y_j^{(p+1)} = y_j^{(p)}$

4		j - 1; j	$y_{j-1}^{(p+1)} = y_{j-1}^{(p)}$ $y_j^{(p+1)} = y_j^{(p)}$
5		j - 1; j	$y_{j-1}^{(p+1)} = y_{j-1}^{(p)}$ $y_j^{(p+1)} = y_j^{(p)}$ $y_{j+1}^{(p+1)} = y_{j+1}^{(p)} - \rho_j^{(p)} + \overline{\rho}_j sign\left(\rho_j^{(p)}\right)$
6		j, j + 1	$y_{j-1}^{(p-1)} = y_{j-1}^{(p)} - \rho_j^{(p)} + \overline{\rho}_j sign\left(\rho_j^{(p)}\right)$ $y_j^{(p+1)} = y_j^{(p)}$ $y_{j+1}^{(p+1)} = y_{j+1}^{(p)}$
7		j - 1, j + 1	$y_{j-1}^{(p+1)} = y_{j-1}^{(p)}$ $y_j^{(p+1)} = y_j^{(p)} + \frac{1}{2}\left[\overline{\rho}_j sign\left(\rho_j^{(p)}\right)\right]$ $y_{j+1}^{(p+1)} = y_{j+1}^{(p)}$

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

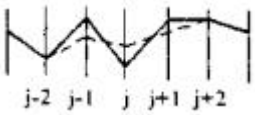
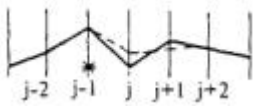
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

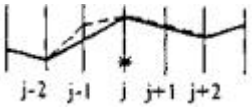
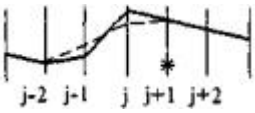
8		j - 1; j j + 1	$y_{j-1}^{(p+1)} = y_{j-1}^{(p)}$ $y_j^{(p+1)} = y_j^{(p)}$ $y_{j+1}^{(p+1)} = y_{j+1}^{(p)}$

Затем аналогичным образом проектная линия регулируется по кривизне и т.д. Возможные расчетные случаи при регулировании проектной линии по кривизне представлены в табл. 29.3.

Таблица 29.3.

Расчетные случаи при регулировании кривизны

№ п/п	Схема	Индексы фиксированных ординат	Расчетные формулы
1		-	$y_{j-1}^{(p+1)} = y_{j-1}^{(p)} - \frac{1}{-}\left[\rho_j^{(p)} - \overline{\rho}_j sign\left(\rho_j^{(p)}\right)\right]$ $y_j^{(p+1)} = y_j^{(p)} + \frac{1}{3}\left[\rho_j^{(p)} - \overline{\rho}_j sign\left(\rho_j^{(p)}\right)\right]$ $y_{j+1}^{(p+1)} = y_{j+1}^{(p)} - \frac{1}{-}\left[\rho_j^{(p)} - \overline{\rho}_j sign\left(\rho_j^{(p)}\right)\right]$
2		j - 1	

			$y_{j-1}^{(p+1)} = y_{j-1}^{(p)}$ $y_j^{(p+1)} = y_j^{(p)} + \frac{2}{5}\left[\rho_j^{(p)} - \overline{\rho}_j sign\left(\rho_j^{(p)}\right)\right]$ $y_{j+1}^{(p+1)} = y_{j+1}^{(p)} - \frac{1}{5}\left[\rho_j^{(p)} - \overline{\rho}_j sign\left(\rho_j^{(p)}\right)\right]$
3		j	$y_{j-1}^{(p+1)} = y_{j-1}^{(p)} - \frac{1}{2}\left[\rho_j^{(p)} - \overline{\rho}_j sign\left(\rho_j^{(p)}\right)\right]$ $y_j^{(p+1)} = y_j^{(p)}$ $y_{j+1}^{(p+1)} = y_{j+1}^{(p)} - \frac{1}{2}\left[\rho_j^{(p)} - \overline{\rho}_j sign\left(\rho_j^{(p)}\right)\right]$
4		j + 1	$y_{j-1}^{(p+1)} = y_{j-1}^{(p)} - \frac{1}{5}\left[\rho_j^{(p)} - \overline{\rho}_j sign\left(\rho_j^{(p)}\right)\right]$ $y_j^{(p+1)} = y_j^{(p)} + \frac{2}{5}\left[\rho_j^{(p)} - \overline{\rho}_j sign\left(\rho_j^{(p)}\right)\right]$

Отличительные особенности метода «граничных итераций» от других методов оптимизации состоят в том, что в процессе поиска допустимого решения не производится прямого вычисления и сравнения функции цели - строительной стоимости. Все промежуточные состояния продольного профиля являются недопустимыми по техническим ограничениям, но каждое последующее состояние имеет невязку в ограничениях меньшую, чем предыдущее состояние. Первое допустимое по техническим ограничениям решение является оптимальным при условии единообразного очертания поперечного профиля и одинаковой стоимости единицы объема земляных работ по всей трассе.

На **втором этапе** автоматизированного проектирования продольного профиля осуществляется коррекция проектной линии, полученной на первом этапе, е учетом

фактического очертания поперечных профилей земляного полотна и с учетом различных стоимостных показателей возведения земляного полотна на различных участках проектируемой автомобильной дороги. Для этого в программе «Пола» использован эффективный эвристический метод коррекции проектной линии продольного профиля.

После определения предварительного положения проектной линии вычисляют рабочие отметки и соответствующие им стоимости каждого условного поперечника на единице длины трассы. Затем в зависимости от численного значения и знака рабочей отметки, параметров истинного поперечного профиля и фактической стоимости 1 $м^3$ грунта вычисляют скорректированную рабочую отметку при условии, что стоимость единицы длины истинного поперечника должна равняться стоимости ранее найденного условного поперечника. Поскольку при этом могут быть нарушены некоторые ограничения, то в результате новой корректировки отыскивают линию, отвечающую условиям (29.3) - (29.6) и минимально отклоняющуюся от скорректированной из условия (29.2).

По полученному профилю производят распределение земляных масс, определяют действительную стоимость разработки грунта на различных участках трассы и получают уточненное положение проектной линии при повторном проектировании по программе «Пола».

29.4. Методы «свободной геометрии»

Действующие нормативные документы допускают, проектирование продольного профиля в классе ломаных линий (см. разд. 29.3). Проектная линия в классе ломаных представляет собой дискретный аналог гибкой кривой переменного радиуса. Ограничения по кривизне в этом случае косвенно обеспечиваются ограничениями на алгебраическую разность уклонов двух смежных отрезков прямых. Необходимость проектирования проектной линии в классе ломаных возникает чаще всего при ремонте и реконструкции автомобильных дорог, когда математическая модель проектной линии в виде последовательности прямых и дуг окружностей (квадратных парабол) оказывается недостаточно гибкой для получения приемлемого проектного решения. Особенно очевидным это становится при проектировании микропрофилирования ремонтируемых покрытий.

При автоматизированном проектировании описание проектной линии в классе ломаных требует определенной математической формализации. Наиболее просто и эффективно эта задача формализуется в терминах и математических построениях сплайн-функций, а ломаная линия собственно и является линейным сплайном или сплайном 1-й степени.

Сплайны 1-й степени (ломаные) достаточно просты для понимания и, в то же время, отражают основные свойства сплайн-функций. С математической точки

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

зрения, сплайн 1-й степени - это кусочно-непрерывная функция, на каждом отрезке описываемая уравнением вида:

$y = a_i + b_i x$, где

(29.7)

i - номер рассматриваемого интервала между узлами интерполяции x_i и x_{i+1}.

Как следует из уравнения (29.7), на элементарном интервале вид уравнения не отличается от общепринятого выражения прямой линии. В целом, уравнение ломаной (сплайна 1-й степени) в матричной форме можно записать как:

$$S_1(x) = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \cdots \\ \cdots \\ a_n \end{bmatrix} + diag \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ \cdots \\ \cdots \\ b_n \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_{0-1} \\ x_{1-2} \\ \cdots \\ \cdots \\ x_{(n-1)-n} \end{bmatrix}.$$

(29.8)

Система линейных уравнений (29.8) не требует совместного решения и распадается на решения каждого уравнения в отдельности. Сплайн, решение которого связано с вычислением подсистем небольшой размерности (в данном случае - уравнений первого порядка) является локальным.

Интерполяционный сплайн 1-й степени - это ломаная, проходящая через точки (x_i, y_i). Для совокупности x_i (I = 0, 1,..., n) в интервале [a, b] при этом должно выполняться условие $x_i < x_{i+1}$. Используя интерполяционный полином Лагранжа можно построить сплайн для интервала i - (i+1):

$$S_1(x) = y_i + \frac{x_{i+1} - x}{x_{i+1} - x_i} + y_{i+1} \frac{x - x_i}{x_{i+1} - x_i}.$$

Обозначение $S_1(x)$ понимается как сплайн-функция 1-й степени. Форму записи этой функции можно преобразовать к виду:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$S_1(x) = y_i + \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i}(x - x_i).$$

Для построения алгоритма и составления процедуры вычисления линейных сплайн-функций необходимо помнить всего лишь $2n+2$ числа.

На основе интерполяционных сплайнов 1-й степени можно разрабатывать автоматизированные процедуры построения оптимальной проектной линии (см. разд. 26.3) и эвристической проектной линии, получаемой в диалоговом режиме, когда в основе проектного решения лежат интуиция и опыт инженера-проектировщика. Суть проектирования здесь состоит в том, что эскизно намечают ломаную проектную линию и посредством «ручного» перемещения узлов излома этой линии находят приемлемое ее положение с позиции проектировщика.

Другую перспективу открывают сглаживающие линейные сплайны, на основе которых можно строить алгоритмы нахождения оптимального положения ломаной проектной линии.

В случае применения сплайнов 1-й степени функционал цели имеет вид:

$$\int_a^b |S'(x)|^2 dx$$

После подстановки первой производной сплайна, совпадающей в данном случае с разделенной разностью, функционал примет вид:

$$R_1(S(x)) = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{(S(x_{i+1}) - S(x_i))^2}{h_i},$$ где

(29.9)

$h_i = x_{i+1} - x_i$

Продифференцируем выражение (29.9) по переменной $S(x_i)$ и сложим два последовательных слагаемых уравнения, содержащих эту неизвестную:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

База нормативной документации: www.complexdoc.ru

$$\frac{d}{dS(x_i)} P_1(S(x)) = \left(\frac{S^2(x_i) - 2S(x_{i-1})S(x_i) + S^2(x_{i-1})}{h_i} \right),$$

$$\frac{d}{dS(x_i)} P_1(S(x)) = \left(\frac{S^2(x_{i+1}) - 2S(x_{i+1})S(x_i) + S^2(x_i)}{h_i} \right).$$

Приравняв полученную сумму нулю и выразив неизвестное $S(x_i)$, получим рекуррентную формулу:

$$S(x_i) = \frac{S(x_{i-1})h_i + S(x_{i+1})h_{i-1}}{h_i + h_{i-1}}.$$

Здесь знак «=» представляет собой оператор присваивания. Если принять шаг интерполяции равномерным, то есть h_i = const, то процесс оптимизации (пошаговых итераций) в графической интерпретации будет вполне понятен (рис. 29.3).

Быстрая сходимость итерационного процесса позволяет рекомендовать этот метод для предварительной выработки проектных решений по проектной линии продольного профиля. В этом случае радиусы кривизны и уклоны проектной линии можно контролировать в системе ограничений посредством построения первых и вторых разделенных разностей.

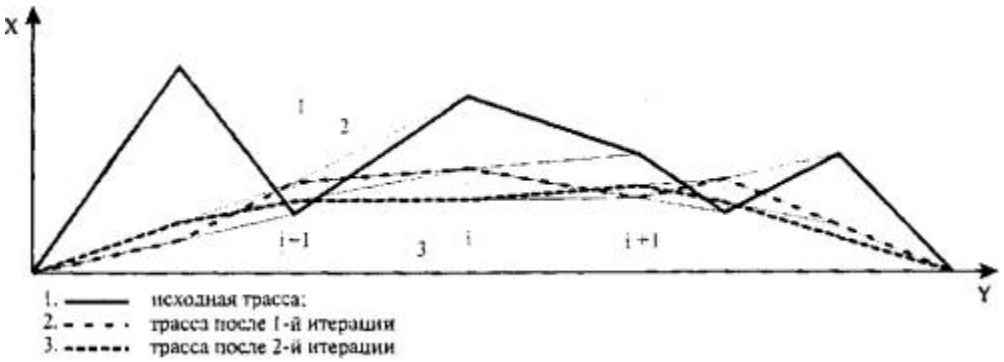


Рис. 29.3. Графическая интерпретация сглаживания линейного сплайна

Следует отметить, что методы «проекции градиента» и «граничных итераций», изложенные в разделах 29.2, 29.3, также реализованы посредством математической модели проектной линии в виде линейных сплайнов.

Более совершенные проектные решения по продольному профилю можно получить, если реализовывать проектную линию в виде функций (сплайнов) более высоких степеней, чем первая. Например, сплайны 3-й степени обладают свойством нелинейного изменения кривизны. Это свойство придает им высокую гибкость изменения формы, что чрезвычайно важно при выработке проектных решений в узкой полосе варьирования (в проектах ремонта и реконструкции

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

автомобильных дорог). К тому же 1-я и 2-я производные этих сплайнов непрерывны, что обеспечивает контроль за величинами радиусов кривизны вертикальных кривых и законами изменения кривизны по длине трассы и в конечном итоге высокую гладкость и плавность проектной линии.

Методы проектирования продольного профиля, основанные на применении сплайнов 3-й степени (кубических), используют для описания проектной линии как интерполяционные, так и сглаживающие сплайны.

Сглаживающие сплайны необходимы для поиска оптимального положения проектной линии в заданной полосе варьирования. А интерполяционные сплайны позволяют обеспечить процесс корректировки проектной линии в интерактивном режиме работы инженера-проектировщика при эвристическом проектировании.

Для описания проектной линии на каждом интервале в виде интерполяционного кубического сплайна применяют или естественный сплайн вида:

$Z_S = Z_i + B_i\,(S - S_i) + C_i\,(S - S_i)^2 + D_i\,(S - S_i)^3$, $S_i \le S \le S_{i+1}$.

или рациональный сплайн вила:

$$Z_s = Z_i(1-t) + Z_{i+1}t + C_i\left[\frac{t^3}{1+p_i(1-t)} - t\right] + D_i\left[\frac{(1-t)^3}{1+q_i t} - (1-t)\right],$$ где

$t = (S - S_i)/h_i$, $h_i = S_{i+1} - S_i$, p_i, q_i - заданные числа, $-1 < p_i, q_i < \infty$.

Рациональный сплайн обладает свойствами изменения формы на любом интервале за счет варьирования величинами коэффициентов p_i, q_i, что дает возможность гибкого и точного приближения проектной линии к форме рельефа или существующим очертаниям реконструируемой (ремонтируемой) автомобильной дороги.

Сглаживающие кубические сплайны, применяемые для оптимизации положения проектной линии, как правило, минимизируют функционал вида:

$$\int_a^b \left|S^{(q)}(x)\right|^2 dx + \sum_{i=0}^{n} \frac{1}{\rho_i}\left[S(x_i) - f_0(x_i)\right]^2.$$

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Вычисление сглаживающих сплайнов 3-й степени осуществляют методами «покоординатного спуска» или «штрафных функций».

Современные системы автоматизированного проектирования автомобильных дорог содержат, как правило, алгоритмы построения проектных линий продольного профиля как на основе традиционного математического аппарата (прямые, круговые кривые, квадратные параболы), так и на основе сплайн-функций.

ГЛАВА 30. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

30.1. Особенности автоматизированного проектирования оптимальных нежестких дорожных одежд

При неавтоматизированном, традиционном проектировании конструкцию дорожной одежды обычно назначают по типовому проекту (Дорожные одежды автомобильных дорог общей сети Союза ССР. Серия 503-0-11. - М.: Союздорпроект, 1976), а расчет ее сводится, главным образом, к определению толщины дополнительного слоя основания.

Как показывает опыт автоматизированного проектирования дорожных одежд, в результате применения оптимизационных компьютерных программ достигают три статьи экономического эффекта:

ускорение процесса проектирования и снижение сметной стоимости проектных работ. Значение этой статьи экономического эффекта из получаемых наименьшее;

исключение ошибок в расчетах. В практике проектирования автомобильных дорог все еще нередки случаи, когда при ручных расчетах вкрадываются разного рода ошибки (вплоть до арифметических) в ходе проектирования дорожных одежд и, оставаясь незамеченными, эти ошибки определяют низкую степень надежности конструкции. В результате такие конструкции требуют капитального ремонта значительно раньше нормативного срока, т.е. дают отказ;

снижение стоимости и материалоемкости строительства дорожных одежд на 5-18 %. Автомобильные дороги чрезвычайно капиталоемкие (хотя и наиболее рентабельные) сооружения. Стоимость дорожных одежд составляет наиболее весомую часть от общей стоимости автомобильных дорог (в среднем 40-70 %). Таким образом, применение элементарных оптимизационных программ при проектировании дорожных одежд позволяет при обеспеченной ее прочности

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

снизить материалоемкость и общую стоимость строительства автомобильных дорог от 5 до 18 %.

Одна из программ проектирования оптимальных дорожных одежд разработана в Гипродорнии (Проектирование оптимальных нежестких дорожных одежд / Под ред. проф. А.Я. Тулаева. - М.: Транспорт, 1977. - 117 с). Задачей автоматизированного проектирования дорожных одежд нежесткого типа является отыскание среди равнопрочных конструкций наиболее рационального проектного решения с учетом строительной стоимости конструкций, технологии производства работ и эксплуатационных показателей. Это может быть достигнуто в результате рассмотрения нескольких допустимых вариантов конструкции с последующим определением стоимостных показателей и выбором наиболее экономичного и технологичного решения. При традиционной ручной технологии имеется возможность рассматривать от двух до пяти вариантов и среди них выбирать наиболее рациональный. Однако при таком подходе нет уверенности в том, что среди рассмотренных вариантов оказались наиболее рациональные из возможных.

Переход на компьютерный расчет конструкций дорожных одежд по специальным, разработанным для этой цели оптимизационным программам, позволяет значительно снизить время, затрачиваемое на расчеты конструкций, и целенаправленно искать наиболее рациональный вариант из значительно большего рассматриваемого их числа. При этом количество целенаправленно перебираемых вариантов равнопрочных конструкций дорожных одежд может достигать от нескольких десятков до сотен тысяч и, тем не менее, нет уверенности в том, что наилучшее решение оказалось в числе рассмотренных.

Типовые решения дорожных одежд позволяют значительно сузить диапазон поиска наиболее рациональной конструкций, но решают задачу оптимизации лишь частично. Каждый материал конструктивных слоев имеет свою конкретную стоимость, и эти стоимости, в свою очередь, зависят от района строительства дороги, расположения строительных баз, карьеров местных дорожно-строительных материалов, складов, дальности возки материалов и т.д. Грунтовые условия также различны даже при одинаковых конструкциях, и учесть все эти особенности в типовых проектах практически невозможно. Поэтому типовые проектные решения - это решения ориентировочные, которые, как правило, не являются наилучшими из возможных.

Наилучшие проектные решения могут быть получены в результате автоматизированного проектирования оптимальных дорожных одежд, включающего в себя конструирование, расчеты, технико-экономический анализ и выбор наиболее рационального проектного решения. Наиболее эффективным является автоматизированное проектирование с использованием специальных алгоритмов и программ математической оптимизации, одна из которых реализована в Гипродорнии канд. техн. наук Б.М. Наумовым.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Компьютерные программы проектирования оптимальных нежестких дорожных одежд реализуют методы расчета дорожных конструкций, регламентированные ОДН 218.046-01.

30.2. Оптимизационный метод проектирования дорожных одежд нежесткого типа

В программе Гипродорнии в качестве критерия оптимальности, определяющего эффективность того или иного варианта конструкции, является строительная стоимость единицы площади дорожной конструкции (1 м^2, 100 м^2 и т.д.):

$$K_{\partial o} = \sum_{i=1}^{n} h_i K_i \Rightarrow \min,$$

где

(30.1)

h_i - толщина i-го конструктивного слоя, см;

K_i - стоимость единицы толщины i-го конструктивного слоя, отнесенная к единице площади, руб/см.

Для наиболее рационального использования местных дорожно-строительных материалов проектированию дорожной конструкции всегда предшествует разработка транспортной схемы строительства, что позволяет выделить на проектируемой дороге ряд характерных участков в зависимости от грунтовых и гидрогеологических условий, от зон использования источников снабжения местными дорожно-строительными материалами и производственных баз и учесть транспортные расходы на перевозку материалов.

Процесс поиска оптимальной конструкции нежесткой дорожной одежды сводится к определению такой совокупности конструктивных слоев

$\{h_i^*\}$, при которой оказывается выполненным условие (30.1) и которая одновременно удовлетворяет следующему комплексу технических ограничений:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$E_{общ}^{(n+1)} \geq E_{тр}$ - обеспечение требуемой жесткости конструкции, при которой обеспечивается работа грунтового основания в стадии упругих деформаций;

t_i £ $t_{доп.i}$ - обеспечение требуемой прочности против сдвига в малосвязных конструктивных слоях и грунтовом основании;

s_{ri} £ R_i - обеспечение требуемой прочности при изгибе монолитных слоев;

$\sum_{i=1}^{n} h_i \geq z_i$ - обеспечение морозоустойчивости конструкции;

A_i £ h_i £ B_i - обеспечение технологических требований и требований по осушению дорожной конструкции.

Здесь

$E_{общ}^{(n+1)}$ и $E_{тр}$ - общий и требуемый модуль упругости дорожной одежды;

t_i и $t_{доп.i}$ - максимальное касательное напряжение сдвига в i-м конструктивном слое и допустимое его значение;

s_{ri} и R_i - максимальное растягивающее напряжение в i-м конструктивном слое и нормативное сопротивление растяжению материала i-го монолитного слоя;

z_i - минимальная толщина дорожной конструкции по условию морозоустойчивости;

A_i и B_i - ограничения толщины i-го конструктивного слоя снизу и сверху.

Ограничения толщин конструктивных слоев снизу A_i регламентируются табл. 12.2. Для дополнительного слоя основания A_i назначают из условия обеспечения осушения дорожной одежды.

Шаг перебора каждого i-го конструктивного слоя Dh_i нерационально назначать меньше, чем технологически возможная точность устройства i-го слоя. Поэтому шаг перебора Dh_i принимают: для асфальтобетона - 0,5 см; для материалов, обработанных вяжущими - 1,0 см; для прочих несвязных материалов - 2,0 см.

Шаг перебора Dh_i и интервалы ограничений A_i и B_i связаны зависимостью:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$\frac{B_i - A_i}{\Delta h_i} = m_i,$$ где

m_i - целое число.

Если толщину какого-либо слоя варьировать нежелательно, то задают $h_i = A_i = B_i$.

Последовательность поиска оптимальной конструкции нежесткой дорожной одежды следующая:

формируется первый вариант дорожной одежды таким образом, что толщины всех конструктивных слоев принимают равными ограничению снизу $h_i = A_i$;

выполняют все расчеты на прочность снизу вверх и осуществляют проверку исходной конструкции по всем техническим ограничениям. Если по какому-либо техническому условию конструкция не проходит, то увеличивают нижний (первый) слой на шаг перебора Dh_1 (рис. 30.1) и вновь выполняют все расчеты;

если в ходе расчета оказывается, что $h_i = B_i$, а по каким-либо техническим ограничениям конструкция все еще не проходит, то увеличивают толщину второго слоя на шаг Dh_2, а толщину первого слоя принимают $h_1 = A_1$ и вновь выполняют все расчеты, увеличивая первый слой с шагом $h_1 = h_1 + Dh_1$ и т.д. до тех пор, пока не будет сформирован первый вариант, удовлетворяющий всем техническим условиям. Вариант запоминается и подсчитывается его стоимость;

увеличивают толщину второго снизу слоя $h_2 = h_2 + Dh_2$ и, полагая $h_1 = A_1$ вновь с шагом Dh_1 отыскивают вариант, удовлетворяющий требованиям всех технических ограничений. Если стоимость сформированного таким образом второго варианта возросла, увеличивают толщину третьего слоя $h_3 = h_3 + Dh_3$, принимая равными $h_1 = A_1$ и $h_2 = A_2$ и т.д. Вариант не запоминают. Если стоимость уменьшилась, вариант запоминают и, вновь увеличив слой $h_2 = h_2 + Dh_2$ снова повторяют расчеты и т.д.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

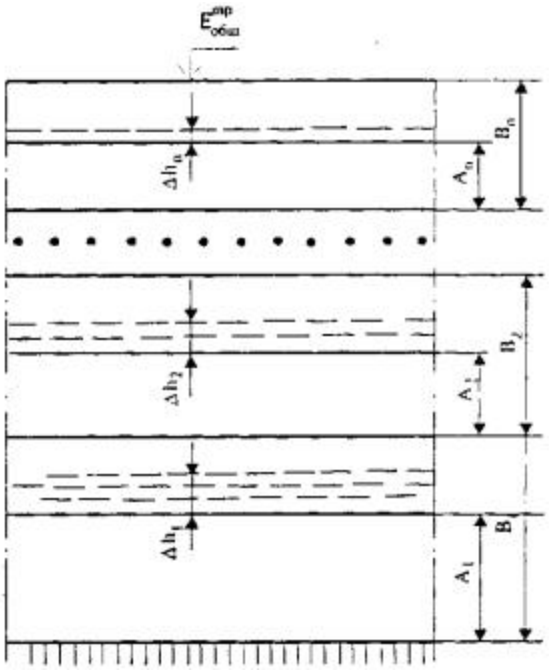


Рис. 30.1. Схема к оптимальному расчету конструкции нежесткой дорожной одежды

В оптимизационной программе Гипродорнии реализован метод последовательного анализа вариантов. Рассчитав несколько вариантов конструкций дорожной одежды, для каждого из них вычисляют дополнительно дорожно-эксплуатационные и транспортные расходы и сравнивают по чистой приведенной стоимости *NPV*:

$$NPV = OUTF_0 + \sum_{t=1}^{T_p} \frac{OUTF_t}{(1+R_D)^t} - \frac{OUTF_0'}{(1+R_D)^{T_p}},$$

где

(30.2)

NPV - чистая приведенная стоимость;

$OUTF_0$ - первоначальные инвестиции в строительство дорожной одежды;

$OUTF_t$ - текущие дорожно-эксплуатационные и транспортные расходы;

t - текущий год эксплуатации автомобильной дорога;

T_p - расчетный срок сравнения вариантов;

R_D - коэффициент дисконтирования (см. табл. 4.9);

$OUTF_0'$ - остаточная стоимость дорожной одежды.

При проектировании дорожных одежд часто приходится сравнивать равнопрочные конструкций с одинаковым типом покрытия. В этом случае при сравнении вариантов можно ограничиться лишь строительной стоимостью (первоначальными инвестициями) $OUTF_0$. По чистой приведенной стоимости NPV сравнивают лишь конструкций с различным типом покрытия либо с различной проектной прочностью.

Наибольший экономический эффект дает проектирование оптимальных дорожных одежд в пространстве, когда конструкцию оптимизируют по длине трассы автомобильной дороги с учетом протяженности насыпей и выемок, почвенно-грунтовых, гидрогеологических условий, местоположения карьеров местных дорожно-строительных материалов, размещения производственных баз, местоположения станций доставки фондируемых материалов и т.д. Алгоритмы и компьютерные программы пространственного расчета оптимальных дорожных одежд разработаны в Ташкентском автомобильно-дорожном институте канд. техн. наук М.Л. Гольдбергом.

30.3. Технология автоматизированного проектирования оптимальных дорожных одежд

При автоматизированном проектировании оптимальных дорожных одежд нежесткого типа алгоритм расчета предусматривает, как правило, расчетную схему, включающую в себя до 10 конструктивных слоев с учетом подстилающего грунта. В случае необходимости количество конструктивных слоев может быть увеличено. Слои конструкции располагаются по убыванию (сверху вниз) модулей упругости материалов. При этом алгоритмом программы предусмотрено автоматическое исключение некоторых слоев из конструкции, если вариант с исключенным слоем оказывается дешевле всех рассмотренных вариантов при наличии слоя и при условии сохранения качества (прочности) конструкции.

Технологией автоматизированного проектирования предусмотрена также возможность обязательного наличия тех или иных конструктивных слоев, что обеспечивается заданием специальных признаков в исходной информации. Толщина отдельных слоев может быть задана по конструктивным соображениям, и эти слои в процессе поиска оптимального решения остаются неизменными.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Особое внимание при проектировании оптимальных дорожных конструкции необходимо обращать на задание минимальной и максимальной возможных толщин каждого конструктивного слоя, а также шага перебора толщины каждого слоя. Минимальную толщину назначают не менее значений регламентированных ОДН 218.046-01. Шаг перебора назначают из условия производства и технологии выполнения работ по устройству каждого конструктивного слоя, точности устройства каждого слоя, имеющимся в наличии оборудованием, возможности обеспечения требуемого уплотнения каждого слоя и требуемой точности при приемке работ.

Задание слишком малого шага перебора приводит с одной стороны к значительному увеличению времени компьютерного проектирования и, следовательно, стоимости проектирования. С другой стороны, такая конструкция в ряде случаев не может быть реализована, так как толщины слоев не соответствуют технологическим возможностям строительной техники. Задание слишком больших значений конструктивных слоев также приводит к увеличению времени компьютерного проектирования и его стоимости. При отсутствии опыта проектирования в качестве первого' приближения целесообразно брать типовые проектные решения.

Если в процессе автоматизированного проектирования получено законченное решение и толщина какого-либо слоя соответствует заданной максимальной в исходной информации, то необходимо откорректировать исходную информацию, расширив диапазон варьирования для данного слоя. При заданных исходных данных решение только тогда можно считать оптимальным, когда толщина каждого конструктивного слоя получается внутри диапазона между минимальным и максимальным заданными его значениями. Исключением являются случаи, когда толщина того или иного слоя задана фиксированной.

Исходные данные для автоматизированного проектирования оптимальных нежестких дорожных одежд задают следующие:

$E_{тр}$ - требуемый модуль упругости дорожной одежды, МПа;

$E_{гр}$ - модуль упругости грунта земляного полотна, МПа;

z_1 - наименьшая толщина конструкции по условию морозоустойчивости, м;

$D_н$ - расчетный диаметр следа колеса неподвижного автомобиля, см;

$D_д$ - расчетный диаметр следа колеса движущегося автомобиля, см;

p - расчетное давление пневматика, МПа;

n - количество слоев дорожной одежды;

A_i - наименьшая допустимая толщина i-го конструктивного слоя, см;

B_i - наибольшая возможная толщина i-го конструктивного слоя, см;

Dh_i - шаг перебора толщины i-го конструктивного слоя, см;

E_i - модуль упругости материала i-го конструктивного слоя, МПа;

R_i - расчетное сопротивление при изгибе i-го конструктивного слоя, МПа;

$t_{доп.i}$ - допустимое сдвигающее напряжение в материале i-го конструктивного слоя, МПа;

j_i - угол внутреннего трения материала i-го конструктивного слоя (при i = 0 - угол внутреннего трения земляного полотна);

c_i - сцепление материала i-го конструктивного слоя, МПа;

y_i - указатель вида грунта или материала конструктивного слоя (связный, слабосвязный);

K_i - стоимость единицы толщины i-го конструктивного слоя, руб/см;

№ - номер варианта конструкции дорожной одежды.

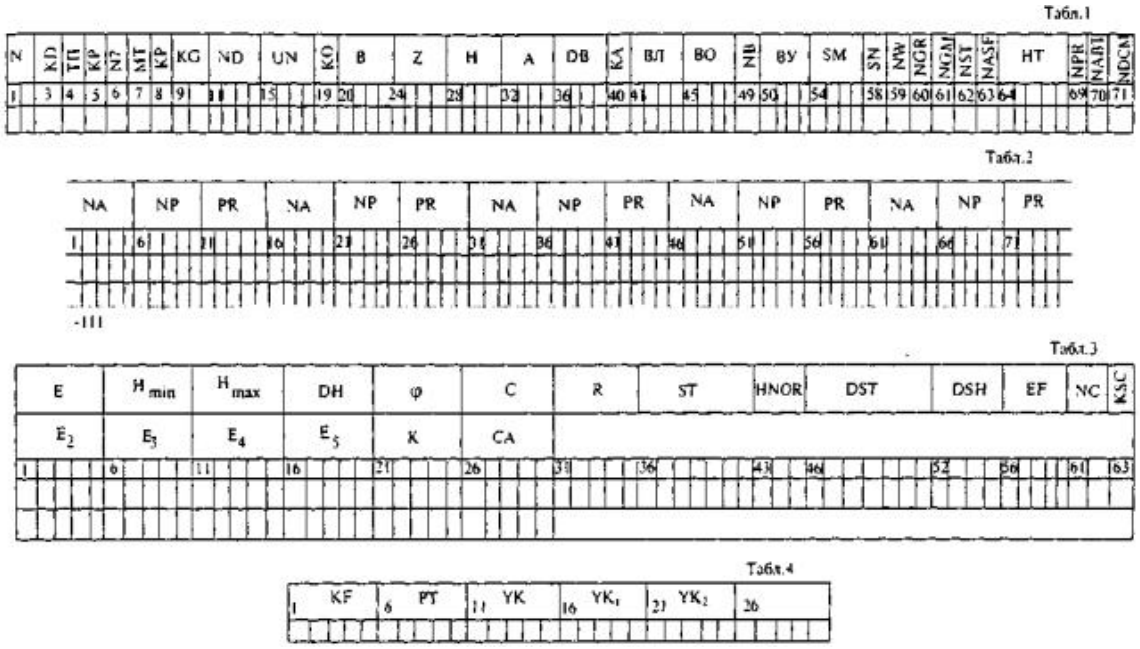
Исходную информацию для проектирования заносят предварительно в специальные бланки либо сразу в память компьютера (табл. 30.1).

Эту исходную информацию вводят каждый раз в память компьютера перед началом работы программы. Оперативная исходная информация состоит из четырех таблиц, каждая из которых имеет свое смысловое содержание.

Таблица 30.1.

Бланк исходной информации

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru



Таблицы оперативной исходной информации имеют пояснения к каждой заполняемой величине (Методические рекомендации по автоматизированному проектированию дородных одежд нежесткого типа с применением САПР-АД. - М.: Гипродорнии, 1986) и не представляют трудностей при подготовке исходных данных.

Программа Гипродорнии может рассматривать одновременно неограниченное количество вариантов конструкции дорожной одежды из различных материалов конструктивных слоев. Поэтому обычно задают сразу несколько конструкций и получив, таким образом, несколько оптимальных решений сравнивают их между собой по чистой приведенной стоимости (30.2).

ГЛАВА 31. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОВЕРХНОСТНОГО ВОДООТВОДА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

31.1. Математическое моделирование стока ливневых вод с малых водосборов

Одна из первых математических моделей стока была разработана еще в 1931г. М. М. Протодьяконовым, однако в связи с многодельностью расчетов и отсутствием в то время компьютерной техники она широкого распространения не получила.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

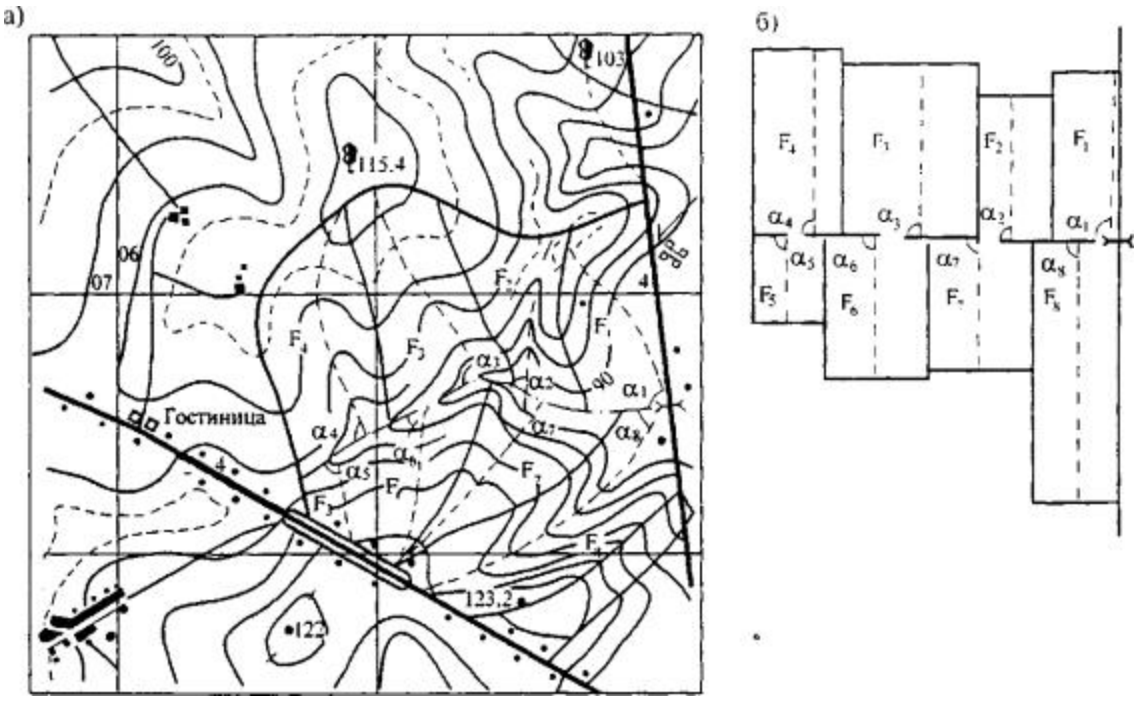
Появление и стремительное совершенствование компьютерной техники предопределило ускоренное развитие методов математического моделирования, в частности, моделирования процесса формирования и стекания стока ливневых вод с водосборов.

Процесс формирования стока на каждом конкретном водосборе - сложнейшее природное явление. На него оказывает влияние большое количество независимых факторов, оценка которых затруднена из-за пространственной и временной их изменчивости.

Одна из первых математических моделей стока, реализующая идею проф. М.М. Протодьяконова, была разработана в 1983 году на кафедре проектирования дорог МАДИ (Федотов Г.А. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог. - М.: Транспорт, 1986.- 318 с.). Согласно этой модели бассейн любой сложной формы и любых размеров может быть представлен в виде системы эквивалентных по площади прямоугольников, примыкающих к главному логу (рис. 31.1). Учитывая, что время добегания ливневых вод по водосбору играет весьма существенную роль в формировании максимальных расходов, длины схематизированных прямоугольных водосборов целесообразно принимать равными фактическим длинам боковых логов. Тогда средняя ширина каждого схематизированного водосбора *i*-го бокового лога:

$B_i = F_i/L_i$, где

F_i и L_i - фактическая площадь и длина водосбора *i*-го лога, соответственно км^2 и км.



Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Рис. 31.1. Схематизация водосбора:
а - представление водосборов в плане; б - схематизация в виде эквивалентных по площади прямоугольников

Угол примыкания каждого бокового лога к главному принимают равным углу между направлением тальвега бокового лога и направлением потока в главном логу (см. рис. 31.1).

Полученный на каждый *j*-й момент времени паводка сосредоточенный расход в устье каждого *i*-го бокового лога Q_{ij} представляют в виде равномерно распределенных погонных расходов на фактической ширине каждого бокового лога в устьевой его части:

$q_{ij} = Q_{ij} / B_{yi}$, где

B_{yi} - фактическая ширина *i*-го лога в устьевой его части.

Таким образом, при описании неустановившегося течения ливневых вод по главному логу боковая приточность в каждый *j*-й момент времени может быть представлена в виде кусочно-постоянной функции (рис. 31.2).

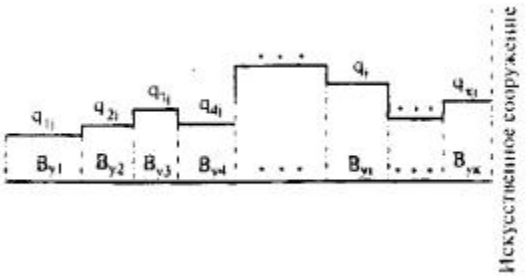


Рис. 31.2. Представление боковой приточности по главному логу в виде кусочно-постоянной функции

Изменение хода дождя и потерь схематизируют исходя из следующего:

в начальный период дождь идет с меньшей интенсивностью, затем усиливается и в конце снова уменьшается;

попадая в почву, осадки впитываются, при этом, если интенсивность впитывания меньше скорости выпадения осадков, то формируется избыточный слой;

часть избыточного слоя в ходе протекания вниз по склонам задерживается растительностью, а часть заполняет различные углубления микрорельефа

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

местности. Эти виды потерь целесообразно учитывать при обработке кривых впитывания;

ход дождя и потерь стока имеют разные интенсивности, вследствие чего избыточный слой формируется только в случае, когда интенсивность выпадения осадков больше интенсивности потерь стока (рис. 31.3).

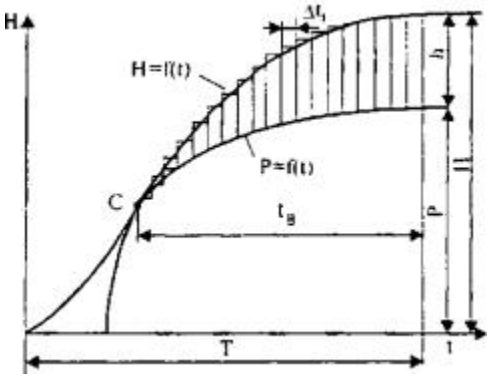


Рис. 31.3. Замена графика хода дождя и впитывания ступенчатым очертанием с шагом D*t*

Таким образом, можно построить типовые графики хода дождя и потерь (см. рис. 31.3) для каждого ливневого района и решить, какой ход дождя будет наиболее характерным, т.е. предложенная схема определения слоя стока может дополняться сообразно с местными условиями и возможностями.

Для использования этих данных в качестве исходной информации в математической модели формирования ливневого стока кривые хода дождя $H = f(t)$ и впитывания $P = f(t)$ заменяют ступенчатым очертанием с шагом по времени D*t* (см. рис. 31.3).

Для расчета склонового стока на малых водосборах применяют уравнение кинематической волны (схема склонового стока «сплошным слоем»):

$$\left.\begin{aligned} \frac{dh}{dt} + \frac{dq}{dx} &= a - b; \\ q &= m_c h_c^{5/3} I_c^{1/2}, \end{aligned}\right\}$$ где

(31.1)

h_c - глубина склонового потока, м;

t - время, сек;

q - погонный расход, $м^3/с$;

x - текущая координата, направленная от водораздела вниз по склону, м;

a - интенсивность ливня, м/с;

b - интенсивность впитывания, м/с;

m_c - показатель ровности склонов (табл. 31.1);

I_c- уклон склона, ‰.

Таблица 31.1.

Показатели ровности поверхности m_c

Морфологические признаки поверхности	Показатель ровности m
Бетонные плиты	60
Мощение	50
Засев травой	40
Незаросшие ровные земляные поверхности; неукрепленные канавы	30
Русла земляные ровные; русла полугорных рек; незаросшие поймы	30
Русла земляные извилистые; галечно-валунные; суходолы ровные; поймы, заросшие на 10 %	25
Русла земляные очень извилистые; суходолы извилистые; поймы, заросшие на 20 %	20

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Суходолы, засоренные камнем и заросшие; поймы, заросшие на 50 %	15
Поймы, заросшие на 70 %	10
Поймы, заросшие на 100 %	5

Систему уравнений (31.1) проще всего решать в конечных разностях по схеме с вперед направленными разностями:

$$\Delta h_{nj} = \frac{m_c I_c^{1/2}}{\Delta x_n}\left(h_{nj}^{5/3} - h_{(n+1)j}^{5/3}\right)\Delta t_j + \left(a_j - b_j\right)\Delta t_j,$$

где

(31.2)

Dh_{nj} - приращение глубины на n-м участке склона за j-й интервал времени Dt_j, м;

x_n - расчетный интервал длины, м;

a_j, b_j - интенсивности ливня и впитывания в j-й момент времени, м/с.

Уравнение (31.2) решают последовательно для каждой пары створов сверху вниз по склону, начиная с водораздела для каждого интервала времени (рис. 31.4). При этом в створе на водоразделе (i = 0) принимают глубину $h_{oj} = 0$.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

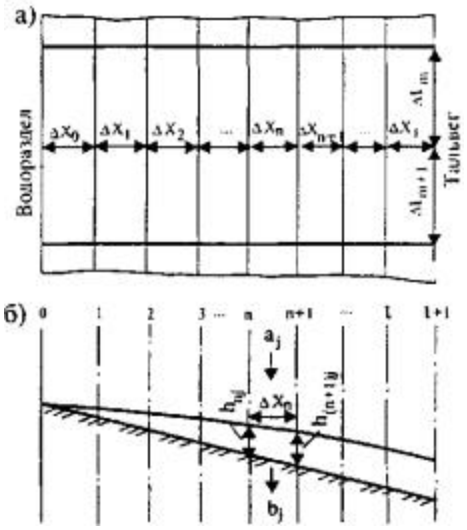


Рис. 31.4. Схема к расчету склонового стока:
а - план; б - продольный разрез

Шероховатости и уклоны склонов могут быть назначены дифференцированно для каждого участка.

Форму живого сечения тальвегов боковых логов и главного лога аппроксимируют многоточечным профилем (рис. 31.5). Такая аппроксимация позволяет с достаточной точностью представлять живые сечения разнообразного очертания, в частности, треугольного, прямоугольного, трапецеидального и т.д.

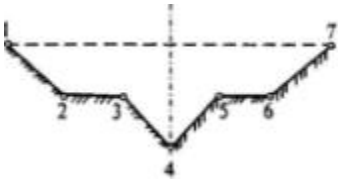


Рис. 31.5. Аппроксимация живого сечения лога семиточечным профилем

Движение ливневых вод по тальвегу главного и боковых логов описывают системой уравнений неустановившегося течения жидкости переменной массы (с боковой приточностью):

динамического

$$I_л - \frac{dh}{dl} + \frac{\alpha_0 q}{g\omega}(\theta - \upsilon) = \frac{\alpha}{2g} \cdot \frac{d\upsilon^2}{dl} + \frac{\alpha_0}{g} \cdot \frac{d\upsilon}{dt} + \frac{Q^2}{K^2};$$

(31.3)

неразрывности

$$\frac{dQ}{dl} + \frac{d\omega}{dt} = q,$$ где

$I_л$ - уклон дна лога, ‰;

h - глубина потока, м;

l - длина по логу, м;

a_0» 1,03 - коэффициент Буссинеска (корректив количества движения);

q - боковая приточность в единицу времени на единицу длины лога, м^3/(с.м);

g - ускорение силы тяжести, м/с^2;

w - площадь живого сечения, м^2;

q - проекция скорости присоединенных частиц жидкости на направление скорости потока в логу, м/с;

u - скорость потока, м/с;

a » 1,1 - коэффициент Кориолиса (корректив кинетической энергии);

t - время;

Q и K - расход и расходная характеристика, соответственно, м^3/с.

Систему уравнений (31.3) решают в конечных разностях:

динамическое уравнение

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$h_{(m+1)j} = h_{mj} + \frac{1{,}1\left(\upsilon_{mj}^2 - \upsilon_{(m+1)j}^2\right)}{2g} + \frac{1{,}03\left(\upsilon_{m(j-1)cp} - \upsilon_{mjcp}\right)}{g\Delta t_j}\Delta l_m +$$

База нормативной документации: www.complexdoc.ru

$$+\left(I_л - \frac{Q_{mjcp}^2}{K_{mjcp}^2}\right)\Delta l_m + \frac{1{,}03 q_{mjcp}}{g\omega_{mjcp}}\left(\frac{q_{mjcp}}{h_{mjcp}}\cos\alpha_i - \upsilon_{mjcp}\right)\Delta l_m;$$

(31.4)

уравнение неразрывности

$$Q_{(m+1)j} = Q_{mj} - \frac{\Delta h_{mj} B_{mj} + \Delta h_{(m+1)j} B_{(m+1)j} + 4\Delta h_{mjcp} B_{mjcp}}{6\Delta t_j}\Delta l_m + q_{mj}\Delta l_m,$$

где

(31.5)

h_{mj}, $h_{(m+1)j}$ - глубины потока в m-м и (m+1)-м створах в j-й момент времени, м;

u_{mj}, $u_{(m+1)j}$ - соответственно скорости течения в m-м и (m+1)-м створах в j-й момент времени, м/с;

$u_{m(j-1)cp}$, u_{mjcp} - соответственно средние скорости течения в m-м расчетном участке лога в (j-l)-й и j-й моменты времени, м/с;

Dl_m - длина m-го участка русла, м;

$I_л$ - уклон лога, ‰;

Q_{mjcp}, K_{mjcp} - соответственно расход и расходная характеристика сечения, средние на m-м участке лога в j-м интервале времени, м^3/с;

q_{mj} - боковая приточность на m-м участке лога в j-й момент времени, м^3/(с.м);

w_{mjcp} - средняя на m-м участке лога площадь живого сечения в j-й момент времени, м^2;

q_{mjcp}, h_{mjcp} - средние на m-м участке лога боковая приточность и глубина в j-й момент времени;

a$_i$ - угол подхода i-го тальвега бокового лога к главному логу;

Q_{mj}, $Q_{(m+1)j}$ - соответственно расходы в m-м и (m+1)-м створах в j-й момент времени, м^3/с;

Dh_{mj}, D$h_{(m+1)j}$ - приращения глубины воды в соответствующих створах за время Dt_j, м;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

B_{mj}, $B_{(m+1)j}$ - ширины потока в соответствующих створах, м.

Шероховатости и уклоны тальвегов боковых логов назначают дифференцированно. Шероховатости и уклоны главного лога также можно задавать дифференцированно по его длине.

Последовательность детального расчета ливневого стока с малых водосборов, реализация которого возможна лишь при использовании компьютерной техники, следующая:

расчетный водосбор представляют в виде схематизированных прямоугольных водосборов и определяют исходные параметры (площади, ширины, длины, уклоны, шероховатости и характеристики поперечных сечений тальвегов);

заменяют кривые хода дождя $H = f(t)$ и впитывания $P = f(t)$ ступенчатым очертанием с шагом Δt_j (см. рис. 31.3);

делят каждый i-й боковой лог по тальвегу, начиная от водораздела до его устья, на необходимое количество расчетных интервалов длины Δl_{mi};

главный лог по тальвегу также делят на значительное число участков Δl_m, начиная от водораздела до замыкающего створа (рис. 31.6);

на первой ступеньке, начиная с момента начала стока (см. рис. 31.3), вычисляют интенсивность ливня $a_i = \Delta H_j / \Delta t_j$ и интенсивность впитывания $b_i = \Delta P_j / \Delta t_j$;

отыскивают значения боковой приточности, применяя уравнение (31.2) последовательно сверху вниз для каждой пары створов каждого i-го бокового лога, начиная от водораздела;

находят сосредоточенные расходы в устьевых створах каждого i-го бокового лога, решая систему уравнений (31.4-31.5) последовательно для каждой пары створов вниз по тальвегу, начиная с водораздела;

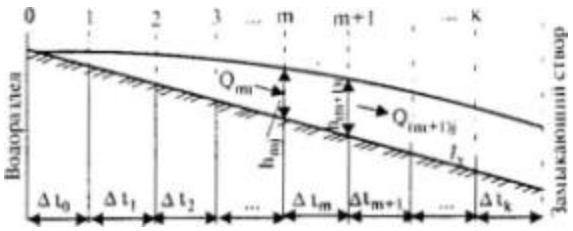


Рис. 31.6. Схема деления главного лога на расчетные интервалы длины Δl_m

строят эпюру боковой приточности главного лога, представляемую в виде кусочно-постоянной функции (см. рис. 31.2);

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

отыскивают значение расхода в замыкающем створе главного лога для первого интервала времени, решая систему уравнений (31.4-31.5) последовательно для каждой пары створов сверху вниз по тальвегу;

затем те же операции выполняют для второго интервала времени с учетом уже вычисленных за предшествующий период времени объемов стока на склонах и в логах и т.д.

На основе изложенного алгоритма канд. техн. наук И.В. Чистяковым в 1983 году разработана программа «STOK» для детального расчета ливневого стока с малых водосборов. Применение этой методики дает в ряде случаев возможность уменьшить расходы на строительство и эксплуатацию малых мостов и труб до 20 %.

Конечным итогом детального компьютерного расчета стока ливневых вод с малых водосборов является получение расчетного гидрографа ливневого стока в замыкающем створе водосбора $Q = f(t)$, используемого в дальнейшем для расчетов отверстий малых водопропускных сооружений на автомобильных дорогах с учетом аккумуляции. Однако в случае необходимости может быть получена и другая информация, которая может интересовать инженера-дорожника: скорости течения, глубины и уровни воды, кривые свободной поверхности воды вдоль лога и т.д. на любой момент паводка.

Для дальнейших расчетов отверстий малых водопропускных сооружений по полученным расчетным гидрографам стока $Q = f(t)$, в конечном итоге необходимо определять следующие величины:

максимальный расход ливневых вод, $м^3/с$;

объем стока ливневых вод, $м^3$;

длительность паводка, мин;

относительное время подъема паводка, мин;

полноту гидрографа расчетного паводка.

31.2. Математическое моделирование стока талых вод с малых водосборов

До недавнего времени при проектировании малых водопропускных сооружений аккумуляцию талых вод не учитывали (хотя это явление почти всегда имеет место), что в ряде случаев приводило к назначению завышенных размеров отверстий сооружений и геодезических высот бровок земляного полотна над ними. Это было связано, во-первых, с отсутствием надежных методов расчета объемов стока талых

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

вод и, во-вторых, с неверным представлением о форме и продолжительности гидрографа стока в форме одно-модальной трапеции, которая справедлива только для водосборов площадью более 200 км^2. Для малых же водосборов гидрограф стока талых вод имеет выраженный внутри суточный ход, причем, максимальные расходы превосходят минимальные в 5-10 раз, что приводит к образованию кратковременного пруда аккумуляции талых вод в периоды дневного стока с последующим его сбросом в периоды ночного минимума.

Современные представления о механизме формирования стока талых вод состоят в следующем:

в результате таяния снега в верхнем его слое жидкость частично удерживается абсорбционными и капиллярными факторами, заполняя, так называемую, водоудерживающую емкость снега и частично проникает в более глубокие слои, постепенно насыщая всю толщу снега, вплоть до подстилающего грунта;

оставшаяся вода стекает вдоль склонов водосборов и затем попадает в русловую сеть тальвегов. Со временем сюда же попадает и часть воды, которая передвигалась вдоль склонов по временным и постоянным водоупорам;

в ходе этого процесса некоторая часть воды испаряется, а некоторая продолжает просачиваться в более глубокие слои почв;

процесс отекания талой воды по склонам при наличии снега качественно отличается от склонового стока ливневых вод. Только после попадания в русловую сеть тальвегов его пропуск аналогичен пропуску ливневого стока.

При формировании талого стока выделяют два основных случая:

талый сток по не промерзшей почве. В этом случае интенсивность впитывания в почву лишь немногим меньше интенсивности снеготаяния и водоотдачи из снега, поэтому сток талых вод незначителен;

талый сток по промерзшей почве. В этом случае почва представляет собой водоупор, по которому происходит склоновый сток талых вод в водонасыщенных слоях снега с последующим попаданием его в русловую сеть тальвегов. Этот случай более опасен, поскольку здесь объемы и максимальные расходы снегового стока могут достигать значительных величин.

В суточных изменениях гидротермического режима таящего снега выделяют 4 основные фазы:

утреннее прогревание слоя снега до температуры таяния;

дневное снеготаяние (пик приходится примерно на 13-14 часов);

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

вечернее охлаждение поверхности снега;

ночное промерзание (когда температура снега опускается ниже 0°С, талая вода замерзает, склоновый сток прекращается).

Главными факторами, требующими учета при расчетах аккумуляции талой воды перед сооружениями, являются уклоны склонов и русла, их шероховатости и экспозиция водосбора относительно стран света.

Аккумуляция возникает, когда есть стеснение потока. Однако при принятии трапецеидальной формы гидрографа притока с значительной продолжительностью максимального расхода, сбросный расход в сооружении может достичь величины максимального расхода притока только при больших бассейнах (рис. 31.7, а). Для малых же водосборов с выраженным внутрисуточным ходом стока время притока максимального расхода к сооружению недостаточно для уравнивания расходов, что вызывает снижение сбросных расходов по сравнению с максимальными расходами притока (рис. 31.7, б, в). На малом водосборе могут формироваться до 2-3 примерно одинаковых суточных максимума стока, при этом время интенсивного стока составляет около 10 часов в сутки. Поэтому накопленный во время дневного максимума притока пруд аккумуляции талой воды должен быть опорожнен до начала подъема паводка следующих суток.

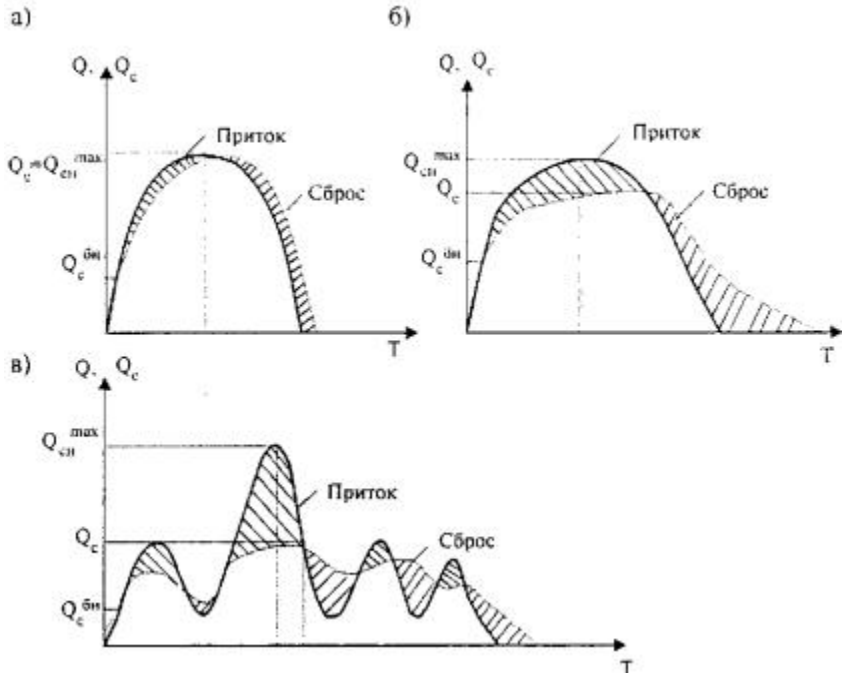


Рис. 31.7. Типы взаимодействия между гидрографами притока и сброса талых вод

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Основными генетическими факторами образования стока талых вод являются мощность снежного покрова к началу таяния и максимальные суточные величины радиационного баланса границы «снег-атмосфера».

Максимальный расход неуклонно возрастает при изменении высоты снежного покрова от 15 до 60 см, а затем замедляется и в пределе полностью стабилизируется (в этом случае гидрограф стока растягивается во времени).

С увеличением же радиационного баланса резко возрастают максимумы расхода и суточного объема снегового стока (при этом период снеготаяния уменьшается, а гидрограф стока сокращается во времени).

Таким образом, с точки зрения возможных разрушений водопропускных сооружений наиболее опасными являются половодья, происходящие при наибольших суточных максимумах радиационного баланса, если начальная мощность снежного покрова достаточно велика.

При схематизации гидрографа притока и сброса талых вод треугольниками в ходе 24 часового суточного цикла максимальный сбросный расход имеет следующий вид:

$$Q_c = \frac{10}{24} Q_T^{max} = \frac{Q_T^{max}}{2,4},$$ где

Q_c - максимальный сбросный расход в сооружении;

Q_T^{max} - максимальный расход притока талой воды.

Это означает, что предельное снижение расчетных сбросных расходов не должно превышать в 2,4 раза по сравнению с максимальным расходом притока. С некоторым гарантийным запасом эту величину уменьшают до 2-х. Тогда система ограничений для назначения отверстий малых водопропускных сооружений примет вид:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$Q_c \geq 0{,}33 Q_л^{max}$;

$Q_c \geq 0{,}50 Q_т^{max}$, где

$Q_л^{max}$ - максимальный ливневый расход.

$Q_т^{max}$ - максимальный расход талых вод.

Интенсивность поступления воды на водосбор в период таяния снега зависит от величины снегозапасов, физических свойств снега и количества тепла, поступающего из атмосферы к верхней границе снегового покрова.

Основными составляющими потока тепла на поверхности снежного покрова являются: прямая и рассеянная коротковолновая радиация, длинноволновое излучение из атмосферы и снега, турбулентный теплообмен атмосферы и снега, теплообмен при конденсации и испарении снега, поступление тепла вместе с жидкими осадками. Поток тепла из почвы определяется ее температурой и физическими свойствами, в частности, тепло- и температуропроводимостью.

Гидротермодинамический режим снежного покрова описывают системой дифференциальных уравнений, предложенных Л.С. Кучментом:

$$\left.\begin{aligned} \frac{dQ}{dt} &= -\frac{1}{\rho_в}\frac{dq_в}{dz} - \frac{\rho_л}{\rho_в}\frac{d\Lambda}{dt}; \\ C_{эф}\frac{dT}{dz} &= \frac{d}{dz}\left(\lambda_{эф}\frac{dT}{dz}\right) + \rho_л L_1 \frac{d\Lambda}{dt}, \end{aligned}\right\}$$ где

(31.6)

Q - объемная влажность снега в долях единицы;

t - время;

$r_в$, r_L - плотности воды и льда;

$q_в$ - поток влаги по вертикали;

z - расстояние по вертикали;

L - объемная льдистость снега в долях единицы;

$C_{эф}$ - эффективный коэффициент теплоемкости снега;

T - температура снега;

$l_{эф}$ - эффективный коэффициент теплопроводимости снега;

L_1 - удельная теплота плавления льда.

$C_{эф}$ и $l_{эф}$ определяют по следующим формулам:

$C_{эф} = C_L \cdot r_L \cdot L + C_в \cdot r_в \cdot Q$;

$l_{эф} = 0{,}00005 + 0{,}004 r_c^2$ где

C_L и $C_в$ - теплоемкости льда и воды;

r_c - плотность снега.

C_L, $C_в$, $r_в$, r_L, r_c и другие гидрофизические константы для расчета талых вод приведены в табл. 31.2.

Таблица 31.2.

Гидрофизические константы для расчета талых вод

№, п/п	Наименование константы	Обозначение	Числовое значение	Размерность
1	Плотность воды	$r_в$	1,0	г/см^3
2	Плотность льда	r_L	0,917	г/см^3

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

3	Теплоемкость воды	$C_в$	1,0	кал/г.град
4	Теплоемкость льда	C_L	0,5	кал/г.град
5	Удельная теплота плавления льда	L_1	80,0	кал/г
6	Удельная теплота возгонки льда	L_3	680,0	кал/г
7	Константа Стефана-Больцмана	s	$8{,}16\cdot10^{-11}$	кал/(см^2.мин.град)
8	Альбедо снега	r_c	0,8305	безразмерно

Система уравнений (31.6) описывает гидротермодинамический режим снега как трехфазной среды, состоящей из льда, жидкой воды и воздуха (пара). Систему (31.6) решают в конечных разностях. В качестве исходной метеорологической информации используют данные о ходе радиационного баланса границы «снег-атмосфера» (приток или отток тепла) и мощности снежного покрова к началу таяния. Необходимые метеорологические данные можно получить из климатических справочников рассматриваемых районов.

Для расчета гидротермического режима снега его общую толщину разбивают на N слоев толщиной Dz и аппроксимируют системой уравнений (31.6) в конечноразностной форме:

$$\left.\begin{aligned} Q_1^{j+1} &= Q_1^j - \frac{\Delta t q_\partial}{\Delta z \rho_в} - \frac{\rho_л \Delta \Lambda_1}{\rho_в}; \\ T_1^{j+1} &= T_1^j + \frac{\Delta t}{\Delta z C_{эф1}^j}\left(\lambda_1^j \frac{T_2^j - T_1^j}{\Delta z} + R_n\right) + \frac{\rho_л L_1 \Delta \Lambda_1}{C_{эф1}^j}; \end{aligned}\right\}$$

граница снег-атмосфера

База нормативной документации: www.complexdoc.ru

$$\left.\begin{aligned} Q_1^{j+1} &= Q_1^j - \frac{\Delta t (q_i - q_{i-1})}{\Delta z \rho_e} - \frac{\rho_\Л \Delta \Л_1}{\rho_e}; \\ T_1^{j+1} &= T_1^j + \frac{\Delta t}{\Delta z C_{з\phi(i)}^j} \left(\lambda_1^j \frac{T_{i+1}^j - T_i^j}{\Delta z} - \lambda_{i-1}^j \frac{T_i^j - T_{i-1}^j}{\Delta z} \right) + \frac{\rho_\Л L_1 \Delta \Л_1}{C_{з\phi(i)}^j}; \end{aligned}\right\}$$

граница снег-почва

$$\left.\begin{aligned} Q_N^{j+1} &= Q_N^j + \frac{\Delta t q_{N-1}}{\Delta z \rho_e} - \frac{\rho_\Л \Delta \Л_N}{\rho_e}; \\ T_N^{j+1} &= T_N^j + \frac{\Delta t}{\Delta z C_{з\phi(N)}^j} \left(\lambda_N^j \frac{T_N^j - T_{N-1}^j}{\Delta z} - R_N \right) + \frac{\rho_\Л L_1 \Delta \Л_1}{C_{з\phi(N)}^j}; \end{aligned}\right\}$$ где

j - индекс шага (интервала) по времени t;

i - индекс шага (интервала) по вертикали z;

q_∂ - поток влаги от жидких осадков;

R_a - поток тепла из атмосферы;

R_N - поток тепла в почву.

Поток влаги из верхнего расчетного слоя снега в нижний определяется водоудерживающей способностью снега

$q_{i+1} = r_в (Q_i - Q_{вс})Dz/Dt$ при $Q_i > Q_{вс}$;

$q_{i+1} = 0$ при Q_i £ $Q_{вс}$, где

$Q_{вс}$ - водоудерживающая способность снега, рассчитываемая по формуле:

$$Q_{вс} = \frac{0{,}11(1{,}0 - \rho_\Л \Л / \rho_e)}{1{,}11 - 0{,}11 \rho_e / \rho_\Л \Л}.$$

Количество тепла, необходимое для того, чтобы за время D*t* повысить температуру единичного объема снега до 0° С

$$\Delta R_i = -C_{з\phi(i)}^j T_1^j - \frac{\Delta t}{\Delta z} \left(\lambda_{i+1}^j \frac{T_{i+1}^j - T_i^j}{\Delta z} - \lambda_{i-1}^j \frac{T_i^j - T_{i-1}^j}{\Delta z} \right).$$

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Величина DR_i представляет собой «эффективный запас холода» элемента снега, который слагается из теплосодержания элемента и разности потоков тепла к нему за время Dt. DR_i может компенсироваться за счет образования и таяния льда:

$$D L_{(i)\max} = D R_i / r_L L_1.$$

Так как температура снега всегда ниже 0° С, то внутри снежного покрова происходит только процесс образования льда. Увеличение льдистости за время Dt находят из соотношений:

$$\Delta\Lambda_{(i)\text{факт}} = \begin{cases} \Delta\Lambda_{(i)\max}, & \text{если } Q_i \geq (\rho_e / \rho_л)\Delta\Lambda_{(i)\max}; \\ (\rho_e / \rho_л) Q_i, & \text{если } Q_i < (\rho_л / \rho_e)\Delta\Lambda_{(i)\max} \end{cases}$$

Для поверхностного слоя снега запас холода находят из выражения:

$$\Delta R_1 = -C^j_{эф1} T^j_1 - \frac{\Delta t}{\Delta z}\left(\lambda^j_1 \frac{T^j_2 - T^j_i}{\Delta z} + R_a\right).$$

а для нижнего слоя

$$\Delta R_N = -C^j_{эф(N)} T^j_N - \frac{\Delta t}{\Delta z}\left(-\lambda^j_{N-1} \frac{T^j_N - T^j_{N-1}}{\Delta z} - R_N\right).$$

При таянии снега с поверхности (т.е. при DR_1 <0) высота верхнего расчетного слоя уменьшается на величину

$$\Delta h_T = \frac{\Delta R_1 \Delta z}{\rho_л L_1 \Lambda_1}.$$

Приращение влажности в верхнем слое определяют по воднобалансовому уравнению:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$\Delta Q_{1T} = \frac{\Delta h_T \rho_л \Lambda_1 / \rho_в + Q_1 \Delta h_T}{\Delta z - \Delta h_T}.$$

Изменение льдистости на таящей поверхности

$$\Delta \Lambda_{1T} = \frac{\Lambda_2 - \Lambda_1}{\Delta z} \Delta h_T.$$

Распределение плотности сухого снега

$r_c = 0{,}1695 + 0{,}0037z$.

Распределение температуры в толще снега в начальный момент времени вычисляют по линейной формуле:

$T_{ci} = T_{c1} - (T_{c1} - T_n)\, z$, где

T_n - температура почвы.

Величину радиационного баланса границы «снег-атмосфера» задают по материалам климатических справочников, а при их отсутствии определяют по методике П.П. Кузьмина:

$R_R = R_0 (1 - r_c) (1 - 0{,}1N_0 - 0{,}47N_н)$, где

R_R - поток прямой коротковолновой радиации;

R_0 - максимально возможная интенсивность суммарной коротковолновой радиации при безоблачном небе;

r_c - альбедо снега;

N_0 и $N_н$ - общая и нижняя облачность в долях единицы.

Величину R_0 оценивают по приближенной зависимости:

$R_0 = 0{,}025h_0$, где

h_0 - высота солнца над горизонтом в градусах, определяемая по уравнению:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$\sin h_0 = \sin j \sin d + \cos j \cos d \cos w$, где

j - географическая широта местности;

d и w - склонение и часовой угол Солнца, определяемые по формулам:

$d = 23{,}5 \sin(2p)(t_c - 81)/П$; $w = p\,(t_ч - 12)/12$, где

$П$ - количество дней в году;

t_c - время в сутках от 1 января;

$t_ч$ - местное время в часах от полуночи.

Альбедо снежного покрова зависит от структуры и влажности поверхностного слоя снега. Интегральной характеристикой этих величин считают плотность поверхностного слоя снега r_{ci}.

При $r_{ci} > 0{,}1$ г/см^3 альбедо снежного покрова вычисляют по формуле:

$r_c = 1{,}03 - r_{ci}$.

Расчет длинноволнового излучения атмосферы производят по формуле:

$$R_{aR} = \in \sigma (T_a + 273)^4 \left(0{,}61 + 0{,}05\sqrt{e_{200}}\right)(1 + 0{,}12N_0 + 0{,}12N_n),$$ где

Î - относительная поглащательная способность длинноволновой радиации;

s - константа Стефана-Больцмана (см. табл. 31.2);

T_a - температура воздуха;

e_{200} - упругость водяного пара.

Расчет длинноволнового излучения снега выполняют по формуле:

$$R_{cR} = \in \sigma (T_{пов} + 273)^4$$,где

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$T_{пов}$ - температура поверхности снега.

Турбулентный теплообмен атмосферы и снега определяют по формуле:

$R_T = 1{,}75(T_a - T_{пов})(0{,}18 + 0{,}098U)\cdot 0{,}027$, где

U - скорость ветра, м/с.

Расчет затрат тепла на испарение снега выполняют по формуле:

$R_u = 1{,}75\ (e_{200} - e_c)(0{,}18 + 0{,}098U)\cdot 0{,}027$, где

e_c - максимальная упругость водяного пара надо льдом при температуре $T_{пов}$, которая равна

$$e_c = 35558\cdot 10^6 \exp\left(-\frac{6141{,}9}{273 + T_{пов}}\right).$$

Поток тепла от выпадения жидких осадков

$R_{ос} = r_в C_в T_a R_ж$, где

$R_ж$ - интенсивность жидких осадков.

Окончательно радиационный баланс границы «снег-атмосфера» равен

$R_a = R_R + R_{aR} + R_T - R_u - R_{CR} + R_{ос}$

Поток тепла в почву задают по приближенной формуле:

$$R_N = \frac{2\lambda_c\lambda_n(T_c - T_n)}{\lambda_c d_c + \lambda_n d_n},$$ где

l_c, l_n - теплопроводимости снега и почвы;

T_c, T_n - температуры нижнего слоя снега и почвы;

d_c, d_n - толщины нижнего слоя снега и расчетного слоя почвы (для приблизительных расчетов допускают $d_c = d_n$).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Допуская, что теплопроводимость промерзшей минеральной почвы примерно в 10 раз больше теплопроводи мости снега, а ее температура остается постоянной за период таяния и равна -1°С, для задания потока тепла в почву используют формулу:

$$R_N = 1{,}8 l_c (T_c + 1), \text{ где}$$

l_c, T_c - теплопроводимость и температура нижнего слоя снега.

Для описания склонового стока талых вод используют уравнение кинематической волны в следующем виде:

$$\left.\begin{aligned} \frac{dh}{dt} + \frac{dq}{dx} &= a - b; \\ q &= \alpha h^m \end{aligned}\right\} \text{ где}$$

h - глубина потока, м;

t - время, сек;

q - приток воды в единицу времени на единицу длины склона, $м^3/(см)$;

x - расстояние по рассматриваемому направлению склона, м;

a - поступление воды, м/с;

b - потери, м/с;

а, m - множитель и показатель степени, которые: для ламинарного движения $a = gi_c/2v$ и $m = 3$, для турбулентных

$\alpha = \left(i_c^{1/2}\right)/n$ и m=5/3;

i_c - уклон склона, ‰;

n - коэффициент Маннинга;

v - кинематическая вязкость.

Преобразуя для описания склонового стока талой воды в водонасыщенных слоях снега, уравнение кинематической волны представляют в виде:

$$m_c \frac{dh}{dt} + k_0 I_c \frac{dh}{dx} = R K_p K_з K_э,$$ где

(31.7)

m_c - пористость снега ($m_c = 1 - L - Q_c$);

L - льдистость снега;

Q_c - влажность снега;

$k_0 = 64{,}5\exp(-7{,}8 r_c)$ - коэффициент гидравлической проводимости водонасыщенного снега;

I_c - уклон склона (при углах наклона поверхности склона $j_c = 1\text{-}15°$ $\sin j_c \approx I_c$);

r_c - плотность снега, г/см^3;

R - избыток (дефицит) влаги в снеге относительно водоудерживающей способности склона;

$K_p = 1 - 0{,}8 lg(1 + 0{,}1 f_б + 0{,}05 f_L)$ - коэффициент, учитывающий перехват талых вод растительностью, заболоченными участками водосбора;

$f_б$, f_L - средневзвешенная заболоченность и залесенность рассматриваемого склона (правого и левого).

$K_з = 0{,}9(F - F_з)/F$ - коэффициент потерь на заполнение углублений;

F, $F_з$ - соответственно площадь водосбора и площадь углублений, ограниченная замкнутыми горизонталями внутри бассейна;

$K_э$ - коэффициент экспозиции относительно стран света:

$K_э = 1{,}0$ при экспозиции З, В;

$K_э = 0{,}8 - 1{,}0$ при экспозиции С;

$K_э = 1{,}0 - 1{,}2$ при экспозиции Ю.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Если глубина талой воды превысит мощность снежного покрова или стекание по склонам происходит на полностью очистившихся склонах, то уравнение кинематической волны представляют в следующем виде:

$$\frac{dh}{dt} + \alpha m \frac{d(h^m)}{dx} = R_T K_y K_з K_з,$$ где

(31.8)

m = 5/3;

$$\alpha = \left(I_c^{1/2}\right) / n;$$

R_T - приток влаги от таяния последнего слоя снега.

Для решения уравнений (31.7) и (31.8) применяют следующие 2 способа схематизации водосборных бассейнов:

1. Водосбор в виде **конической поверхности**, сходящейся к замкнутому створу (рис. 31.8, а) - для схематизации пологих и широких водосборов, имеющих плавную, близкую к сектору окружности, конфигурацию.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

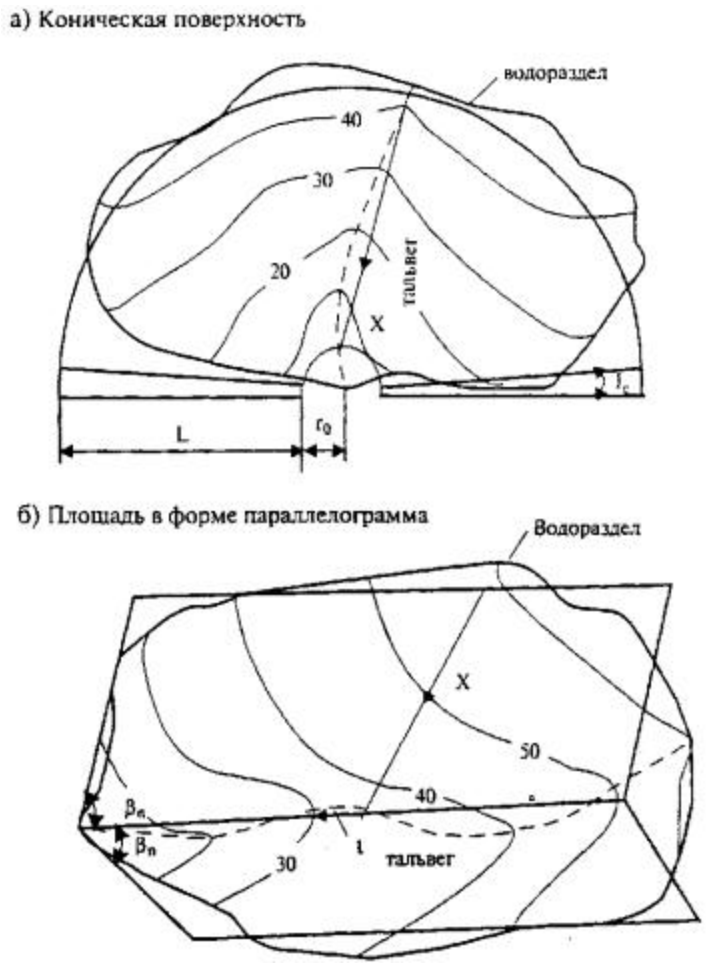


Рис. 31.8. Способы схематизации водосборных бассейнов

В этом случае формулы (31.7) и (31.8) представляют в следующем виде:

$$m_c \frac{dh}{dt} + k_0 I_c \frac{dh}{dx} - \frac{h k_0 I_c}{(L + r_0 - x)} = R K_p K_з K_з;$$

(31.9)

$$\frac{dh}{dt} + am\frac{d(h^m)}{dx} - \frac{\alpha(h^m)}{(L + r_0 - x)} = R_T K_p K_3 K_з,$$

(31.10)

где слагаемые $\frac{hk_0 l_c}{(L + r_0 - x)}$ и $\frac{\alpha(h^m)}{(L + r_0 - x)}$

представляют собой увеличение глубин талой воды за счет схождения водораздела к замыкающему створу;

L - радиус схематизации водосбора;

r_0 - ширина замыкающего створа;

x - текущая координата по расстоянию.

При этой схематизации нет нужды производить расчет руслового стока талых вод в главном тальвеге, т.к. параметры потока талых вод в замыкающем створе определяются уже после решения одного из уравнений (31.9) и (31.10).

2. Водосбор в виде 2-х **площадок**, имеющих форму параллелограммов и примыкающих к главному тальвегу под углами, которые составляют направления средних уклонов склонов бассейна (рис. 31.8, б), при этом для каждой площади задают свои уклоны, коэффициенты шероховатости, потери, экспозиции и размеры. Этот способ более универсален и может быть использован для схематизации водосборов любой формы.

При обоих способах схематизированные бассейны по площади должны соответствовать реальным.

Решение уравнений (31.9-31.10) производят следующим образом: на склоне выбирают полосу единичной ширины, на которой разбивается конечно-разностная схема с шагом по расстоянию 20-200 м (в зависимости от длины склона), а шаг по времени выбирают, исходя из продолжительности весеннего снеготаяния (как правило, шаг по времени принимают равным шагу, принятому в расчетах гидротермического режима снега).

Аппроксимируя дифференциальные уравнения (31.9-31.10) по разностной схеме, получают:

1. Для схематизации в виде конической поверхности

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

База нормативной документации: www.complexdoc.ru

$$\left.\begin{aligned} m_c\frac{h_i^{j+1}-h_i^j}{\Delta t}+\frac{k_0 I_c\left(h_i^{j+1}-h_{i-1}^{j+1}\right)}{\Delta x}-\frac{k_0 I_c\left(h_i^{j+1}-h_{i-1}^{j+1}\right)}{\left(L+r_0-x\right)}&=R^{j+1}K_p K_3 K_3;\\ \frac{h_i^{j+1}-h_i^j}{\Delta t}+\frac{m I_c^{1/2}\left(\left(h_i^{j+1}\right)^m-\left(h_{i-1}^{j+1}\right)^m\right)}{n\Delta x}-\frac{I_c^{1/2}\left(\left(h_i^{j+1}\right)^m+\left(h_{i-1}^{j+1}\right)^m\right)}{2n\left(L+r_0-x\right)}&=R_T^{j+1}K_p K_3 K_3\end{aligned}\right\}$$

(31.11)

2. Для схематизации в виде площадок

$$\left.\begin{aligned} m_c\frac{h_i^{j+1}-h_i^j}{\Delta t}+\frac{k_0 I_c\left(h_i^{j+1}-h_{i-1}^{j+1}\right)}{\Delta x}&=R^{j+1}K_p K_3 K_3;\\ \frac{h_i^{j+1}-h_i^j}{\Delta t}+\frac{m I_c^{1/2}\left(\left(h_i^{j+1}\right)^m-\left(h_{i-1}^{j+1}\right)^m\right)}{n\Delta x}&=R_T^{j+1}K_p K_3 K_3\end{aligned}\right\}$$

(31.12)

i - индекс по интервалу расстояния;

j - индекс по интервалу времени.

За граничные условия для решения уравнений (31.11) и (31.12) принимают глубины на первой расчетной вертикали при всех интервалах времени и на всех расчетных вертикалях в первый момент времени.

Решая уравнения в замыкающем створе водосбора, схематизированного в виде конической поверхности, определяют глубины талых вод, после чего по формулам для водослива с широким порогом рассчитывают скорость *n* и расход потока *Q* в этом створе:

$$\left.\begin{aligned} \nu&=0{,}32\sqrt{2gh};\\ Q&=0{,}32\sqrt{2g}h^{3/2},\end{aligned}\right\}$$ где

h - глубина потока, м;

g - ускорение силы тяжести, м/с^2.

Полный объем стока талых вод и объем за любые дискретные интервалы времени можно определить по рекуррентной формуле:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$W = W + Q\mathrm{D}t.$

Для водосбора в виде площадок на последних расчетных вертикалях определяют величины бокового притока и скорости по формулам:

$q_б = n_б\ (h_п + h_л);$

$V_б = 0{,}45\mathrm{g}^{1/2}((h_п)^{1/2}\cos b_п + (h_л)^{1/2}\cos b_л)$, где

(31.13)

$q_б$ - величина бокового притока талой воды в тальвег в единицу времени на единицу его длины, м^3/(с.м);

$V_б$ - проекция скорости бокового притока на оси тальвега, м/с;

$h_п$, $h_л$ - соответственно глубина талой воды на последних расчетных створах правой и левой площадок к тальвегу, м;

$b_п$, $b_л$ - углы примыкания правой и левой площадок к тальвегу.

Для описания движения талых вод в руслах непризматической формы с переменной боковой приточностью применяют следующую систему уравнений неустановившегося движения жидкости:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{dQ}{dl} + \frac{d\omega}{dt} = q_б; \\ &\frac{dh}{dl} - I_п + I_т + \frac{\alpha q_б (v - v_б)}{g\omega} + \frac{\alpha dv}{gdt} + \frac{\beta d(v^2)}{2gdl} = 0, \end{aligned}\right\}$$ где

(31.14)

Q - расход воды в русле, м/с;

w - площадь живого сечения потока, м^2;

l - длина рассматриваемого участка по тальвегу, м;

t - время;

$q_б$ - боковой приток в тальвег в единицу времени на единицу длины, м^3/(с.м);

h - глубина потока в русле, м;

$I_л$ - уклон дна лога, ‰;

I_T - уклон трения;

a - коэффициент Кориолиса (как правило, a = 1,1);

V - скорость потока в русле, м/с;

$n_б$ - проекция скорости бокового притока на ось русла, м/с;

g - ускорение свободного падения;

b - коэффициент Буссинеска.

Уклон трения при установившемся состоянии потока допускают определять на основе формулы Маннинга:

$I_T = (Q^2 n^2 P^{4/3})/w^{10/3}$, где

n - коэффициент шероховатости русла (табл. 31.3);

P - смоченный периметр сечения.

Таблица 31.3.

Коэффициенты шероховатости для открытых русел

Тип русла и его описание	Коэффициент шероховатости
Искусственные земляные или гладкие из скальных обломков	0,016-0,025
Естественные небольшие, максимальной шириной до 30 м, чистые и прямые	0,025-0,033
Земляные русла периодических водотоков	0,033 - 0,040

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Поймы травянистые	0,040 - 0,050
Поймы кустарниковые	0,050 - 0,070

Решение системы уравнений (31.14) производят методом конечных разностей:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{Q_i^{j+1} - Q_{i-1}^{j+1}}{\Delta l} + \frac{\omega_i^{j+1} - \omega_i^{j}}{\Delta t} = q_б^{j+1}; \\ &\frac{h_i^{j+1} - h_{i-1}^{j+1}}{\Delta l} - I_n + I_T + \frac{\alpha q_б^{j+1}\left(v_i^{j+1} - v_б^{j+1}\right)}{g\omega_i^{j+1}} + \frac{\alpha\left(v_i^{j+1} - v_б^{j}\right)}{g\Delta t} + \frac{\beta\left(\left(v_i^{j+1}\right)^2 - \left(v_{i-1}^{j+1}\right)^2\right)}{2g\Delta l} = 0, \end{aligned}\right\} \quad (31.15)$$

Для определения площади живого сечения w и смоченного периметра P поперечный профиль русла схематизируют семью точками (рис. 31.9), при этом считают, что поперечный профиль одинаков по всей длине русла. Тогда площадь поперечного сечения равна

$w = 1/2[(X_1 - X_2)(Y_1 - Y_2) + (X_2 - X_3)(Y_2 + Y_3) + ... + (X_n - X_n)(Y_n + Y_n)]$, где

n - общее количество координат (в данном случае n = 7);

$X_{1...n}$, $Y_{1...n}$ - прямоугольные координаты точек, зависящие от глубины потока в русле схематизированного поперечного сечения русла.

В результате решения уравнений (31.15) получают глубину, скорость и расход потока талых вод во входном створе проектируемого искусственного сооружения по заданным интервалам времени. Это дает возможность получить гидрограф стока, определить его полный объем и объемы за различные интервалы времени (например, за сутки) и тем самым решить следующее уравнение сбросных расходов для предварительно назначенных вариантов искусственного сооружения:

$dW_{пр} = Qdt - Q_c dt$, где

$W_{пр}$ - объем пруда, тыс.м^3;

Q - расход притока у входа сооружения, м^3/с;

Q_c - сбросный расход в сооружении, м^3/с.

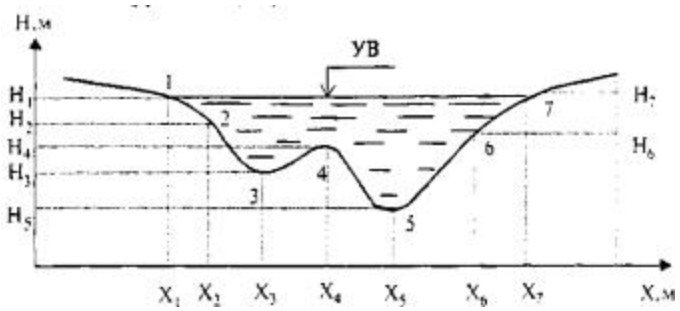


Рис. 31.9. Схема поперечного профиля русла

Необходимо отметить, что снижение сбросных расходов в сооружениях допускается не более чем в 3 раза по сравнению с максимальным расходом притока.

При упрощенной схематизации гидрографа в виде равновеликого по площади треугольника расхождение сбросного расхода не составляет более 10 %.

На основе приведенных теоретических предпосылок д-ром техн. наук К.Н. Макаровым разработана единая физико-математическая модель для расчета снегового стока с малых водосборов, состоящая из следующих трех частей:

моделирования гидротермодинамического режима таящего снежного покрова и водоотдачи из снега;

моделирования снегового стока талых вод в водонасыщенных слоях снега и при отсутствии снега;

моделирования руслового стока талых вод по тальвегу водосбора.

Изложенная выше математическая модель стока талых вод с малых водосборов реализована по следующему алгоритму:

задают начальное значение мощности снежного покрова и число слоев разбиения с учетом ВП (табл. 31.4-31.5);

Таблица 31.4.

Вероятные высоты снежного покрова к началу таяния, осредненные по УГКС, см.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

УТКС	Вероятность превышения, %							
	1		10		30		50	
	поле	лес	поле	лес	поле	лес	поле	лес
Мурманское	94	113	65	88	58	80	51	73
Северное	115	196	69	97	61	89	52	81
Северо-Западное	97	120	56	73	48	64	40	56
Уральское	110	166	62	95	53	82	44	69
Эстонское	-	-	33	38	30	35	26	32
Латвийское	-	-	40	46	34	38	28	30
Литовское	-	-	26	40	23	33	20	26
Белорусское	64	73	30	46	27	40	23	34
Верхне - Волжское	111	131	62	84	55	76	48	68
Приволжское	90	137	47	84	41	76	35	68
Центр.-Черноземное	55	86	29	45	26	42	24	38
Украинское	-	-	28	38	23	43	18	27

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Северо- Кавказское	-	-	22	66	19	53	16	40
Омское	63	100	52	85	45	76	37	65
Западно-Сибирское	-	-	60	85	50	77	40	69
Казахское	-	-	42	-	33	-	24	-
Красноярское	144	259	68	107	44	91	39	74
Якутское	-	-	54	64	47	57	39	49
Иркутское	82	182	60	67	50	56	40	46
Забайкальское	-	-	23	62	19	47	14	32
Колымское	143	147	85	87	68	76	50	66
Дальне-Восточное	88	151	39	68	33	58	27	46
Приморское	-	-	38	52	32	45	25	37
Камчатское	106	183	76	120	70	115	64	105
Сахалинское	135	186	74	119	62	102	49	83

Таблица 31.5.

Вероятности превышения основных стокообразующих факторов в зависимости от категории дорог

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Категории дороги	ВП паводка, %	ВП высоты снега. %	ВП радиационного баланса. %
-	0?1	1	5
I	1	10	5
II-III	2	30	5
IV-V	3	50	5

с определенным шагом по времени задают или рассчитывают по соответствующим формулам радиационный баланс границы «снег-атмосфера»;

для каждого расчетного интервала времени и каждого слоя снега рассчитывают значения температуры и влажности, а также величину слоя спаивания снега с поверхности;

для каждого интервала времени вычисляют величину избытка или дефицита влаги в нижнем слое снега относительно его водоудерживающей способности;

для каждого интервала времени решают уравнение склонового стока талых вод в водонасыщенном слое снега или при отсутствии снега и определяют величину и скорость бокового притока со склонов в русло;

решают систему уравнений руслового стока и определяют для каждого интервала времени значения глубины, скорости и расхода потока талых вод в замыкающем створе водосбора.

Изложенный алгоритм расчета стока талых вод с малых водосборов реализован К.Н. Макаровым в виде расчетной программы «СНЕГ». Программа позволяет с заданным шагом по времени от 1 до 6 часовой продолжительности рассчитывать бытовые значения глубины, скорости и расхода потока талых вод в замыкающем створе водосбора. В программе предусмотрено 3 варианта задания исходных данных о радиационном балансе границы «снег-атмосфера», 2 способа схематизации водосборных бассейнов и 2 варианта выдачи результатов.

Экономическая эффективность учета аккумуляции талых вод за счет уменьшения размеров отверстий водопропускных сооружений на автомобильных

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

дорогах в отдельных случаях может достигать до 48 % от суммарной стоимости тела трубы и укреплений.

По результатам массовых расчетов с использованием программы «СНЕГ» К.Н. Макаровым составлены таблицы модуля объема снегового стока с 1 км^2 за сутки с ВП = 1 % для Европейской и Азиатской территорий России в зависимости от географической широты места и площали водосбора (табл. 31.6). Для расчетов использовались водосборы от 1 до 120 км^2 со средними уклонами лога 0,015 и склонов 0,020. В качестве исходных использованы данные о высоте снежного покрова (см. табл. 31.4) и радиационном балансе границы «снег-атмосфера» (табл. 31.7) по климатическим справочникам Гидрометеоиздата.

Таблица 31.6.

Модуль объема снегового стока, 1000 м^3/сут.

Широта места (°)	Площадь водосбора, км^2							
	0,0-2,0	2,0-5,0	5,0-10,0	10,01-20,00	20,01-30,00	30,01-50,00	50,01-100,00	более 100
Для Европейской части России								
65-70	38,54	32,96	25,43	24,63	23,28	21,43	21,14	20,98
60-64	45,16	38,83	30,06	29,42	27,71	25,69	25,40	25,20
56-59	51,81	44,03	37,20	34,67	34,59	32,16	31,93	30,41
52-55	56,06	51,26	39,22	38,16	35,83	33,48	31,30	30,78
48-51	49,09	41,96	32,28	31,36	29,57	27,24	25,39	25,22
44-47	28,72	24,43	18,56	17,92	16,82	15,26	12,71	7,69

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

40-43	15,55	13,41	10,49	10,22	9,89	9,09	8,82	8,51
Для Азиатской части России								
72-76	38,52	38,47	35,56	34,14	33,34	32,92	30,83	18,19
68-71	46,41	39,61	30,46	29,63	27,88	25,65	25,30	21,65
64-67	27,61	23,50	18,26	17,67	17,61	15,47	15,38	14,32
60-63	30,69	26,12	20,30	19,68	18,61	17,09	16,01	15,30
56-59	46,50	39,62	30,77	29,97	28,47	26,28	25,58	23,34
52-55	46,64	39,82	30,79	30,09	28,73	26,24	25,90	21,40
48-51	27,61	23,45	18,44	17,92	17,33	17,01	15,70	11,98
44-47	27.76	25.29	23,84	23.90	23,80	23.05	23,02	17.31

Таблица 31.7.

Максимумы и минимумы радиационного баланса границы "снег-атмосфера"

Широта места	Минимумы кал/см\мин		Максимумы кал/см^2.мин	
	ЕТС	АТС	ЕТС	АТС
80	-	0,01	-	0,31

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

76	-	0,00	-	0,53
72	-	-0,02	-	0,64
68	-0,08	-0,07	0,67	0,67
64	-0,08	-0,08	0,66	0,56
60	-0,08	-0,08	0,72	0,70
56	-0,08	-0,08	0,76	0,76
52	-0,08	-0,08	0,70	0,68
48	-0,08	-0,08	0,75	0,72
44	-0,08	-0,08	0,80	0,74
40	-0,08	-0,09	0,85	0,76

Расчет снегового стока с малых водосборов по упрошенной методике производят в следующей последовательности:

1. Определяют максимальный суточный объем стока за половодье по формуле:

$W_{CT} = lW_1FK_pK_э \times 10^3$, где

W_{CT} - максимальный суточный объем, м^3 снегового стока заданной ВП;

l - коэффициент перехода от модуля объема стока с ВП = 1 % к модулю объема стока заданной ВП, определяемый по табл. 31.8;

Таблица 31.8.

Значения переходного коэффициента l

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

ВП %	0,1	1	2	3
l	1,70	1,00	0,85	0,78

W_1 - модуль объема снегового стока с 1 км^2 с ВП = 1 %, тыс. м^3, определяемый по табл. 31.6 в зависимости от площади и местонахождения водосбора;

F - площадь водосбора, км^2;

$K_э$ - коэффициент экспозиции водосбора относительно стран света;

K_p - коэффициент перехвата талых вод растительностью и болотами, рассчитываемый по формуле:

$K_p = 1 - 0{,}81g(1 + 0{,}1f_б + 0{,}05f_л)$, где

$f_б$, $f_л$ - средневзвешенная заболоченность и залесенность рассматриваемого склона (правого и левого).

Если принять $b = 1 + 0{,}1f_б + 0{,}05f_л$, то b и K_p имеют соотношение:

b	2	3	4	5	6	7	8
K_p	0,76	0,62	0,54	0,44	0,38	0,32	0,28

2. В зависимости от площади водосбора рассчитывают максимальный расход талых вод заданной ВП следующими двумя способами:

а) при F £ 20 км^2 - гидрограф стока схематизируют в виде треугольника, а продолжительность интенсивного стока принимают равной 10 час, тогда

$$Q_T^{max} = \frac{2W_{CT}}{T_{cn}} = \frac{2W_{CT}}{36000} = 0{,}000056W_{CT},$$ где

T_{cn} - продолжительность снегового паводка за сутки (T_{cn} = 10 час);

б) при F >20 км^2 - гидрограф стока схематизируют в виде параболы, а время интенсивного стока принимают в среднем 14 час, тогда

$$Q_T^{max} = \frac{3W_{CT}}{2T_{cn}} = 0{,}000030W_{CT}.$$

3. Для назначения отверстия сооружения с учетом аккумуляции талых вод на графике водопропускной способности труб (рис. 31.10), построенном в координатах H^3 и Q_{mp} (где H - подпор перед трубой, Q_{mp} - расход в трубе), строят отрезок прямой сбросных расходов с координатами: $H^3 = 0{,}85W_{CT}/a$ и

$Q_{mp} = Q_T^{max}$. Здесь

$$a = \left(\frac{1}{I_1} + \frac{1}{I_2}\right)\frac{1}{6I_л},$$ где

(31.16)

I_1, I_2 - уклоны склонов водосбора, ‰;

$I_л$ - уклон лога, ‰.

4. На графике из точки

$0{,}5Q_T^{max}$ восстанавливают перпендикуляр к оси абсцисс, который разделит плоскость чертежа на 2 зоны (см. рис. 31.10). Точки пересечения отрезка прямой сбросных расходов с кривыми пропускной способности труб, лежащие справа от пересечения этой прямой с перпендикуляром к оси абсцисс, дают искомые значения расхода и подпора для соответствующих типоразмеров труб.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

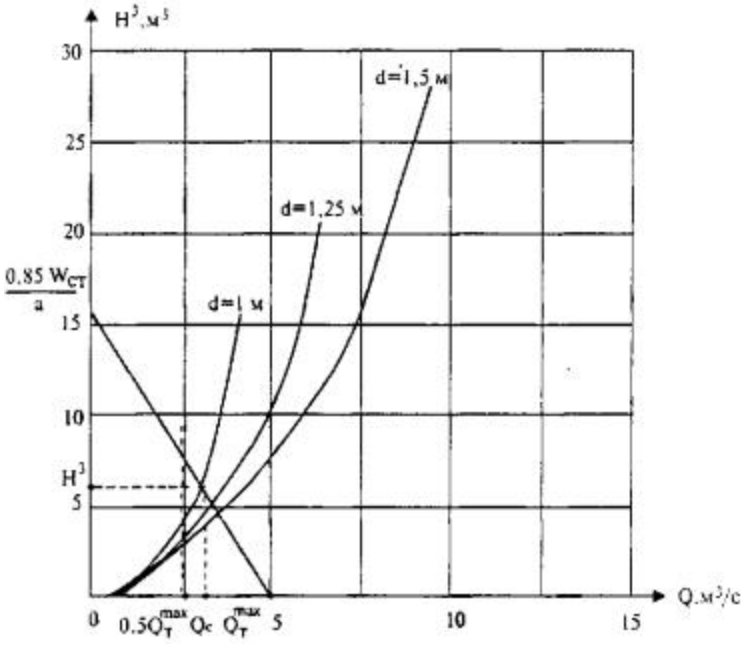


Рис. 31.10. Графическое построение для определения отверстия сооружения с учетом аккумуляции талых вод

Пример. Дано: l = 0,85 (табл. 31.8); W_1 = 44,03 тыс. м^3 (табл. 31.6); F= 2,33 км^2; K_p =1 (т. к. лес может быть вырублен за срок эксплуатации); $K_э$ = 1 (восточная экспозиция); I_1= 0,011, I_2 = 0,012, $I_л$ = 0,006. Определить

Q_T^{max} и выбрать типоразмер трубы с учетом аккумуляции.

$W_{CT} = lW_1FK_pK_э \times 10^3 = 0{,}85 \times 44{,}03 \times 2{,}33 \times 1{,}1 \times 1000 = 87201{,}42$ м^3.

Поскольку площадь водосбора менее 20 км^2, то

$$Q_T^{max} = 0{,}000056W_{CT} = 0{,}000056 \cdot 87201{,}42 = 4{,}88 \text{ м}^3/\text{с}$$

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$0,5Q_T^{max} = 0,5 \cdot 4,88 = 2,44$ м^3/с

Для пропуска расхода

$Q_T^{max} = 4,88$ м^3/с без учета аккумуляции может быть запроектирована труба круглого сечения диаметром 1,5 м, пропускающая данный расход при подпоре 1,78 м и скорости на выходе 3,70 м/с. Однако, если рельеф водосбора допускает создание значительного по объему пруда аккумуляции, то производят расчет отверстия трубы с учетом аккумуляции талых вод. Для этого определяют величину а по формуле (31.16), принимая I_1= 0,011, I_2 = 0,012, $I_л$ = 0,006, т.е. a = 4839,8, и координаты отрезка прямой сбросных расходов:

$H^3 = 0,85W_{CT}/a = 15,3$ м^3; $Q_T^{max} = 4,88$ м^3/с; $0,5Q_T^{max} = 2,44$ м^3/с

Произведя необходимые графические построения (см. рис. 31.10), можно принимать круглую трубу d =1,0 м, для которой сбросный расход Q_c = 3,05 м^3/с и H^3 = 5,9 м^3. Следовательно, подпор составляет $(5,9)^{1/3}$ =1,81 м, а скорость на выходе трубы v = 4,10 м/с.

По изложенному упрощенному методу расчета расхождение по сравнению с результатами компьютерных расчетов составляет:

Для.....

Q_T^{max}

W_{CT}^{max}

Q_c^{max} Н скорости на выходе

До, %..... 15 % 5 % 10 % 5 % 3 %

31.3. Расчет отверстий и моделирование работы малых мостов и труб

При расчетах отверстий труб и малых мостов с учетом аккумуляции необходимо определить напор перед сооружением и его пропускную способность в соответствии с конкретным режимом протекания потока.

Пропускная способность дорожных труб и малых мостов зависит, главным образом, от размера отверстия, конструкции входного оголовка, уклона по дну сооружений и напора перед ними. Расчет пропускной способности труб и малых мостов выполняют по формулам прикладной гидравлики, соответствующим режиму протекания потока через сооружения.

Гидравлический расчет труб сводится к назначению по заданному гидрографу стока такого отверстия, при котором:

расход воды в сооружении в результате аккумуляции ливневых вод не будет отличаться более чем в 3 раза от максимального расчетного, а при расчете аккумуляции талых вод - не более чем в 2 раза;

напор перед трубой не будет выше тех значений, при которых возможны перелив через насыпь, подтопление населенных пунктов, народнохозяйственных объектов и т.д.;

скорости течения на выходе из трубы и, особенно, на сходе с укрепления не будут превышать допустимые для конструкции укрепления нижнего бьефа.

На основе моделирования процессов стока ливневых и талых вод с малых водосборов получают расчетный гидрограф паводков своеобразной формы для каждого водосбора. Данные о расчетном гидрографе стока являются исходной информацией для последующего гидравлического расчета отверстия малого водопропускного сооружения. Применение исходного гидрографа стока, имеющего форму, отличную от треугольной, позволяет отказаться от традиционных, в значительной степени упрощенных приемов расчета отверстий малых водопропускных сооружений с учетом аккумуляции и перейти на реализацию математических моделей, описывающих естественный процесс прохождения паводков через малые мосты и дорожные трубы.

Сущность детального расчета отверстий малых водопропускных сооружений с учетом аккумуляции на базе современной компьютерной техники и математических методов моделирования состоит в следующем.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Расчет ведут по гидрографу, полученному в результате математического моделирования ливневого стока или стока талых вод с малых водосборов, фактическое очертание которых заменяют ступенчатым с шагом по времени D*t*. Шаг D*t* принимают достаточно малым (рис. 31.11, а).

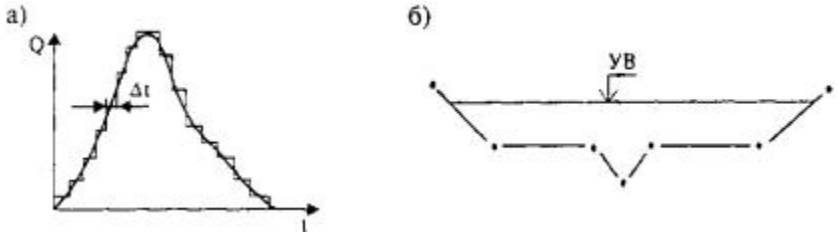


Рис. 31.11. Схематизация гидрографа расчетного паводка и живого сечения лога:
а - гидрографа паводка; б- живого сечения лога;
Q - расход воды; *t* - время хода паводка; D*t* - расчетный интервал времени; *УВ* - уровень воды

Живое сечение лога аппроксимируют семиточечным профилем (рис. 31.11,б), что позволяет с достаточной для практических расчетов точностью представить очертание поперечного сечения любого лога.

Для описания неустановившегося течения паводковых вод в логу перед малым искусственным сооружением применяют систему уравнений (31.3), где уравнение неразрывности без учета боковой при-точности принимают в следующем виде:

$$\frac{dQ}{dl} + \frac{d\omega}{dt} = 0.$$

Весь рассматриваемый участок лога делят на достаточно большое число расчетных интервалов D*l* (рис. 31.12).



Рис. 31.12. Схема деления рассматриваемого участка лога на расчетные интервалы блины D*l*

Решая в конечных разностях применительно к рассматриваемой задаче, систему уравнений (31.3) для *m*-го расчетного участка лога в *i*-м промежутке времени представляют в следующем виде:

$$\Delta z_{mj} = \Delta z_{(m+1)j} + \frac{1{,}1\left(v^2_{(m+1)j} - v^2_{mj}\right)}{2g} + \frac{1{,}03\left(v_{mjcp} - v_{m(j-1)cp}\right)}{g\Delta t}\Delta l_m + \left(\frac{Q^2_{mjcp}}{K^2_{mjcp}} - I_{nc}\right)\Delta l_m;$$

$$Q_{mj} = Q_{(m+1)j} = \frac{\Delta h_{mj} B_m + \Delta h_{(m+1)j} B_{m+1} + \Delta h_{mjcp} B_{mcp}}{6\Delta t_i}\Delta l_m,$$

где
(31.17)

$I_{лс}$ - уклон лога у сооружения, ‰;

z - отметка свободной поверхности, м.

Последовательность детального расчета отверстия малых искусственных сооружений с учетом аккумуляции следующая:

задают отверстие искусственного сооружения (иногда на основе упрощенного расчета);

водомерный график и гидрограф паводка заменяют ступенчатым очертанием с шагом по времени Dt_j (см. рис. 31.11);

рассматриваемый участок лога (в пределах возможного распространения пруда) делят на достаточно большое количество расчетных интервалов длины Dl_m (см. рис. 31.12);

задают шаг поиска напора перед сооружением (обычно Dh = 0,01 м);

на первой ступеньке паводка определяют бытовой расход $Q_б$, и бытовую глубину $h_б$;

задают в первом приближении напор перед сооружением $H = h_б$ + Dh и в зависимости от режима течения воды по известным формулам пропускной способности вычисляют расход в сооружении Q_c;

применяя систему уравнений (31.17), последовательно к каждому интервалу длины снизу вверх по течению находят расход в 0-м створе Q_0;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

сравнивают значение расходов Q_0 и $Q_б$. Если $Q_0 < Q_б$, то принимают напор перед сооружением равным $H = h_б + 2Dh$ и, вновь вычислив расход воды в сооружении, последовательно определяют расход в 0-м и последующих створах до тех пор, пока в конечном створе не будет выполнено равенство $Q_0 = Q_б$. Таким образом, на первой ступеньке паводка определяют напор перед сооружением H и расход в нем Q_c;

после этого переходят на расчет второй ступеньки паводка и т.д.

На основе изложенного алгоритма канд. техн. наук М.А. Леевой разработана программа детального расчета отверстий малых искусственных сооружений с учетом аккумуляции.

Изложенный алгоритм расчета исключает основные допущения, свойственные традиционному расчету малых водопропускных сооружений с учетом аккумуляции, однако является довольно многодельным. Поэтому представляет интерес и другой, более простой алгоритм решения этой же задачи, основанный на использовании уравнения баланса стока.

Известное уравнение баланса стока представляется в следующем виде:

$W_j = W_{cj} + W_{npj}$, где

W_j, W_{cj}, W_{npj} - соответственно общий объем притока воды к сооружению, объем стока, прошедший через сооружение и объем пруда перед ним, тыс.м^3;

j - индекс расчетного интервала времени.

Объем притока воды к сооружению за любой j-й момент времени:

$$W_j = \sum_{j=1}^{k} Q_j \Delta t_j ,$$ где

(31.18)

Q_j - бытовой расход ливневых вод в j-й момент времени, м^3/с;

Dt_j - расчетный интервал времени.

Объем воды, уже прошедший через сооружение

$$W_{cj} = \sum_{j=1}^{k} Q_{cj} \Delta t_j,$$

где

$Q_c = f(H,b,h_T,h_{вх})$ - расход воды в сооружении в j-й момент времени.

Объем пруда определяют по формуле Симпсона на основе семиточечного профиля живого сечения лога (см. рис. 31.11) в предположении о горизонтальной поверхности пруда:

$$W_{прj} = \sum_{m=1}^{n} \frac{\omega_{mj} + \omega_{(m+1)j} + 4\omega_{mjcp}}{6} \Delta l_m,$$

где

w_{mj}, $w_{(m+1)j}$ - площади живого сечения пруда в начальном и конечном сечениях расчетного участка длиной Dl_m при j-ом уровне времени, м^2;

w_{mjcp} - площадь живого сечения в середине m-го участка, м^2

Таким образом, основное расчетное уравнение в окончательном виде выглядит

$$\sum_{j=1}^{k} Q_j \Delta t_j = \sum_{j=1}^{k} Q_{cj} \Delta t_j + \sum_{m=1}^{n} \frac{\omega_{mj} + \omega_{(m+1)j} + 4\omega_{mjcp}}{6} \Delta l_m.$$

(31.19)

Последовательность детального расчета отверстий малых искусственных сооружений, основанного на решении уравнения баланса, следующая:

задают отверстие малого искусственного сооружения;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

гидрограф паводка заменяют ступенчатым с шагом Dt_j (см. рис. 31.11);

рассматриваемый участок лога перед сооружением в пределах возможного распространения пруда делят на большое число интервалов длины (см. рис. 31.12);

задают шаг поиска напора перед сооружением (обычно принимают Dh = 0,01 м);

на первой ступеньке паводка определяют расход Q и бытовую глубину $h_б$ и по формуле (31.18) вычисляют объем притока воды W_j;

задавшись в первом приближении размером напора $H = h_б$ + Dh, вычисляют значение правой части уравнения (31.19), т.е. некоторый объем

W'_j;

если при сравнении

$W_j > W'_j$, то , полагая $H = h_б + 2h$, вновь вычисляют правую часть уравнения (31.19) и т.д. до тех пор, пока не будет выполнено практическое равенство

$W_j = W'_j$ (при точности определения напора ± 0,01 м);

затем переходят на вторую ступень паводка и т.д.

Основное допущение представленного способа детального расчета отверстий малых искусственных сооружений с учетом аккумуляции заключается в том, что свободная поверхность пруда принимается горизонтальной. Это допущение едва ли существенно отразится на точности определения объема пруда, однако сам расчет при этом сильно упрощается, что делает возможным выполнение массовых расчетов искусственных сооружений.

На основе изложенного алгоритма, основанного на использовании уравнения баланса стока М.А. Леевой, разработана программа детального расчета отверстий малых искусственных сооружений с учетом аккумуляции.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

31.4. Проектирование оптимальных водопропускных труб

Известно, что водопропускные трубы являются основным видом малых водопропускных сооружений на автомобильных дорогах и составляют около 95 % их общего количества. На каждом километре дороги в равнинной местности приходится устраивать 1-2 водопропускные трубы, в горных и орошаемых районах - в несколько раз больше. В связи с большими объемами проектных работ, связанных с этими сооружениями, применение технологии автоматизированного проектирования оптимальных водопропускных труб имеет существенное значение.

Методология **проектирования оптимальных водопропускных труб** разработана канд. техн. наук Б.М. Наумовым. Она обеспечивает решение целого комплекса задач, рассматривая и одновременно оценивая водопропускное сооружение как единое целое, представленное совокупностью его элементов.

Для каждого варианта отверстия трубы с различными типами фундаментов и оголовков выполняются следующие виды работ:

1. Определение расхода, пропускаемого сооружением, подпора перед ним, режима протекания и скорости на выходе из сооружения;

2. Проектирование укреплений у труб;

3. Проектирование земляного полотна на подходах к сооружению;

4. Определение объемов работ и стоимости труб с учетом типа фундамента и оголовков;

5. Выбор наиболее рационального поставщика строительных конструкций с имеющейся у него номенклатурой изделий;

6. Определение площадей и стоимости занимаемых земель под насыпью на подходах к сооружению;

7. Оценка влияния сооружения на окружающую среду;

8. Учет затрат на ремонт и содержание сооружения.

Методология требует введения **оперативной исходной информации**, включающей в себя данные полевых изысканий, инженерно-геологические, гидрологические, экономические, а также данные, полученные в результате проектирования плана и профиля трассы автомобильной дороги.

Оперативную исходную информацию готовят для каждого из разделов.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Предусмотрено три режима работы:

автоматический, когда вся система программного и информационного обеспечения работает от начала до конца без остановки и вмешательства извне, выдавая все размеры и характеристики запроектированного объекта, соответствующие оптимальному решению;

автоматизированный, когда система может работать в режиме диалога с проектировщиком с автоматической передачей информации от предшествующих разделов к последующим;

автономный, когда каждый из разделов работает самостоятельно.

В результате работы системы программного и информационного обеспечения выдается на печать необходимая информация о запроектированном объекте (т.е. размеры и характеристики каждого сооружения, соответствующие оптимальному решению).

Решение задачи проектирования оптимальных водопропускных труб сводится к следующему.

На участке трассы определенной протяженности необходимо запроектировать некоторое количество водопропускных сооружений, каждое из которых представляет собой комплекс, состоящий из тела трубы с определенным типом фундамента, входного и выходного оголовков, подводящих и отводящих русел, укреплений и подходов земляного полотна. Водопропускное сооружение должно не только пропускать максимальный паводок расчетной вероятности превышения, но и удовлетворять основным техническим, конструктивным и эксплуатационным требованиям. При этом должны быть определены все размеры и характеристики запроектированного объекта, необходимые для выпуска проектной документации.

Для обеспечения долговечности сооружения и предотвращения размыва в логу за трубой необходимо предусматривать соответствующее укрепление выходного русла. Оно должно быть запроектировано таким образом, чтобы скорость на выходе из трубы была не больше допустимой для грунта или принятых типов укреплений. Кроме того, должен быть исключен подмыв концевой части выходного русла.

При проектировании оптимальных водопропускных сооружений учитываются следующие факторы: типы и размеры труб с учетом различных видов оголовков и фундаментов; типоразмеры укреплений; подходы земляного полотна к сооружению с учетом площадей занимаемых земель и возможного подтопления близлежащих угодий; возможности поставщиков строительных конструкций; возможности строительной организации; технология строительных работ; затраты на эксплуатацию сооружений и другие специфические особенности.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В качестве **критерия оптимальности** поставленной задачи приняты строительные и эксплуатационные расходы:

$P_o = K_{ст} + Э/E_н$, где

(31.20)

$K_{ст}$ - единовременные строительные затраты;

$Э$ - эксплуатационные годовые расходы;

$E_н$ - нормативный коэффициент сравнительной эффективности.

Строительные затраты, входящие в формулу (31.20), могут быть определены достаточно точно:

$K_{ст} = K_т + K_у + K_{зр} + K_{зз} + K_{тр}$, где

$K_т$ - стоимость строительства трубы с учетом стоимости фундамента и оголовков;

$K_у$ - стоимость строительства укреплений у трубы;

$K_{зр}$ - стоимость земляных работ на подходах к сооружению;

$K_{зз}$ - стоимость занимаемых земель под насыпью земляного полотна на подходах к сооружению;

$K_{тр}$ - стоимость транспортирования строительных материалов и конструкций.

Перечисленные виды строительных затрат зависят от типоразмеров проектируемого сооружения (трубы и укреплений у нее) и расположения поставщиков строительных конструкций с имеющимся у них в наличии ассортиментом труб и укреплений.

Эксплутационные годовые расходы включают затраты на текущий ремонт и содержание водопропускного сооружения (трубы и укрепления у нее) и затраты, связанные с экономическими потерями от недопустимого по времени подтопления ценных сельскохозяйственных угодий в результате возникновения подпора воды перед сооружением:

$Э = S_р + S_п$, где

$S_р$ - ежегодные затраты на текущий ремонт и содержание;

$S_п$ - годовые потери от подтопления сельскохозяйственных угодий.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Математическая модель оптимизационной задачи формулируется следующим образом.

По заданным параметрам расчетных паводков нужно запроектировать оптимальные сооружения с учетом топографических, гидрологических, гидравлических, геологических и других характеристик, т.е. из заданного множества дискретных величин должны быть найдены такие типоразмеры труб, типы входного звена для них и схемы сооружения (X_S), типоразмеры укреплений у них (Z_S) и поставщики строительных конструкций (Y_S), обеспечивающие эти поставки, для которых:

выполнены технические условия, т.е. удовлетворяется заданная

система ограничений;

удовлетворен критерий оптимальности

$$P_0 = \sum_{s=1}^{k} \left\{ K_{CTS}(X,Y,Z) + \frac{1}{E_n} Э_s(X) \right\} \to \min$$

переменные представлены множеством дискретных и целочисленных величин:

$$X_s \in M_x, M_x = M'_x \cup M''_x; X_s \in M'_x = \{d^s, KO^s, N^s\}, X_s \in M''_x = \{d^s, KO^s\},$$ где

M_X - множество типоразмеров труб;

M'_x, M''_x - соответственно подмножества типоразмеров круглых и прямоугольных труб;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

d^s, KO^s, N^s - соответственно дискретные значения диаметров (размеров) труб, количество очков, типов входного звена;

$$Z_s \in M_z, M_z = M'_z \cup M''_z;$$
$$Z_s \in M'_z \Rightarrow Z_s = \left\{r'^s, T'^s\right\};$$
$$Z_s \in M''_z \Rightarrow Z_s = \left\{r''^s, T''^s\right\};$$

M_z - множество типоразмеров укреплений;

M'_z, M''_z - соответственно множество типоразмеров укреплений у круглых и прямоугольных труб;

r'^s, T'^s, r''^s, T''^s - соответственно дискретные значения размеров и типов укреплений круглых и прямоугольных труб;

$$Y = ||Y_{sp}|| \quad s = 1, 2, ..., к \quad Y_{sp} = 1 \text{ или } 0, \text{ где}$$

$$p = 1, 2, ..., к$$

Y = 1, если р-й поставщик обеспечивает поставки на сооружение s; Y =0 - если не обеспечивает;

Y - матрица поставок;

индекс sp:

s - проектируемое сооружение;

p - номер поставщика, обеспечивающего поставки X на сооружение s.

Особенностью расчета отверстий водопропускных труб является невозможность непосредственного учета аккумуляции воды перед назначением отверстия. Необходим совместный расчет отверстия сооружения и учет аккумуляции воды. С учетом этого разработан аналитический метод решения данной задачи.

Расход в сооружении с учетом аккумуляции Q_c и пропускная способность трубы $Q_{тр}$ являются функциями подпора перед трубой H.

Уравнение расхода воды в сооружении с учетом аккумуляции

$$Q_c = f_1(H);$$

(31.21)

уравнение пропускной способности трубы

$$Q_{тр} = f_2(H).$$

(31.22)

Искомые величины Q_c и H находят, решая систему уравнений:

$$\left.\begin{aligned} Q_c &= f_1(H) \\ Q_{тр} &= f_2(H) \end{aligned}\right\},$$ где

(31.23)

Q_c - расход воды в сооружении с учетом аккумуляции, м^3/с;

$Q_{тр}$ - пропускная способность трубы при заданном подпоре, м^3/с;

H - подпор перед трубой, м.

Для определения расчетного расхода в сооружении с учетом создания возможного в заданных условиях пруда аккумуляции уравнение (31.21) представится в следующем виде:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$Q_c = Q_{max}\left(1 - \frac{W_{пр}}{kW}\right),$$ где

Q_{max} - максимальный расход ливневых вод расчетной вероятности превышения;

$W_{пр}$ - объем пруда аккумуляции перед сооружением;

W- объем ливневого стока той же вероятности превышения, что и Q_{max};

k - коэффициент, учитывающий форму расчетного гидрографа паводка (принимается для немуссонных районов по данным проф. О.В. Андреева, равным 0,7, а для муссонных районов - по данным Союздорпроекта, равным 1,2).

Объем пруда определяется по формуле

$$W_{пр} = \frac{m_1 + m_2}{6i_л} H^3 \sin \alpha,$$ где

m_1, m_2 - расчетные уклоны склонов лога;

$i_л$ - расчетный уклон лога на участке образования пруда аккумуляции (у сооружения);

а - острый угол пересечения трассы дороги с водотоком.

Объем пруда перед сооружением определяют по упрощенной методике. Уклоны склонов у сооружения и уклон лога на участке образования пруда аккумуляции аппроксимируют по линейному закону и приводят к расчетным уклонам склонов в виде двух отрезков прямых и расчетному уклону лога.

Для определения объема пруда более точно необходимо иметь поперечные профили лога и расстояния между ними, начиная от поперечника в створе сооружения и далее в характерных местах вверх по логу. Эти данные могут быть получены в результате полевых изысканий, сняты с карт, аэроснимков или ЦММ. В этом случае объем пруда

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$W_{пр} = \sum_{i=1}^{n} \int_{l_i}^{l_{i+1}} F_i(l)dl,$$

где

$F_i(l)$ - функция площади поперечного сечения лога, ограниченная уровнем подпертой воды на отрезке $[l_i, l_{i+1}]$;

i = 1, 2, ..., n - поперечные профили лога, в пределах которых образуется пруд.

По действующим нормам проектирования малых водопропускных сооружений уменьшение расчетных расходов в них за счет аккумуляции ливневых вод допускают не больше чем в 3 раза и за счет аккумуляции талых вод - не более чем в 2 раза.

Функциональные зависимости гидравлических характеристик труб (31.22) представляются в табличной форме в виде матрицы пропускной способности труб A в соответствии с действующими типовыми проектами:

$A = ||a_{kj}||$,

где k - порядковые номера строк матрицы A, элементы которых являются характеристиками труб, т.е. характеризуют тип трубы и размер ее отверстия, тип входного звена, режим протекания, расход, напор перед трубой и т.д.;

j - порядковые номера столбцов матрицы A, элементы которых определяют зависимости расходов в трубе от подпертых глубин при различных типоразмерах труб, типов входного звена и режимов протекания воды.

Таким образом, можно определить подпор, соответствующий ему расход, отверстие сооружения, режим протекания, тип входного звена, скорость на выходе и критический уклон трубы. Другими словами зависимость (31.22) может быть представлена в табличной форме в виде матрицы гидравлических характеристик и пропускной способности труб A.

Матрица A составлена в порядке возрастания отверстия труб и режим протекания воды в них изменяется для каждого типоразмера трубы от безнапорного к напорному, т.е. в порядке увеличения пропускной способности.

Для решения системы нелинейных уравнений (31.23) разработан итерационный метод, позволяющий решить систему, заданную в виде уравнения и в виде

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

таблицы, с учетом специфических особенностей, возникающих при проектировании водопропускных труб.

На первом этапе определяют наличие решения системы. Отсутствие решения означает, что пропускная способность трубы недостаточна или не выполняются условия по ограничивающим функциям. В этом случае осуществляют переход на следующий типоразмер трубы согласно матрице *A*.

При практическом отсутствии аккумуляции воды у сооружения проверяют выполнение условий:

$$Q_{mxj} \geq Q_c ; \left\{ Q_{mxj}, Q_{mxj-1}, H_{mxj}, H_{mxj-1} \right\} \in \left\| a_{ij} \right\|,$$

(31.24)

$H_{mp} = f(Q_c)$;

H_{mp} £ $H_{\max}$, где

(31.25)

$Q_{mxj}, Q_{mxj-1}, H_{mxj}, H_{mxj-1}$ - соответственно расходы, пропускаемые трубой, и напоры для *j*-го и (*j*-1)-го элементов матрицы А, м /с;

$H_{\max}$ - максимально допустимый подпор перед сооружением, м.

При невыполнении условия (31.24) или ограничения (31.25) осуществляется переход на следующий типоразмер трубы согласно матрице *A*, так же как и при наличии аккумуляции.

Если условия выполнены, то тип трубы, размер ее отверстия, тип входного звена, режим протекания воды и т.д. соответствуют элементам к матрицы *A* для известного значения *j*.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

После определения типа, размера и расчетных характеристик трубы, пропускающей заданный максимальный расход, проверяют ее соответствие требованиям технического, конструктивного и эксплуатационного характера, предъявляемым к сооружению.

При этом должны быть выполнены следующие ограничения:

$$L_{тр} \le L_{доп};\ L_{доп} = f(d, K);$$
$$d \ge d_{доп};\ d_{доп} = f(H_{нас});$$
$$v_{вых} \le v_{доп(n)};\ n = 1,2,\ldots,5(6);$$
$$H_{нас} \ge H_{\min};$$

(31.26)

$к_о$ = 1, 2, 3 - для круглых труб; $к_о$ = 1,2 - для прямоугольных труб, где

$L_{тр}$ - длина трубы, м;

$L_{доп}$ - допустимая длина трубы в зависимости от размера отверстия и категории дороги, м;

d - размер отверстия трубы, м;

K - категория автомобильной дороги;

$d_{доп}$ - допустимый размер отверстия трубы в зависимости от высоты насыпи, м;

$H_{нас}$ - высота насыпи над трубой, м;

$H_{\min}$ - минимально допустимая высота насыпи над трубой и по ее оси, м;

$v_{вых}$ - скорость на выходе трубы, м/с;

$v_{доп}$ - допустимые скорости для различных типов укреплений, предусмотренных действующими типовыми проектами, м/с;

n - типы укреплений,

$к_о$ - количество очков трубы.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Если хотя бы одно из ограничений не выполняется, осуществляют переход на следующий типоразмер трубы согласно матрице *A*.

Поскольку элементы строк матрицы *A* составлены в порядке возрастания отверстий труб и режим протекания для каждой из них изменяется в порядке возрастания от безнапорного к напорному, то первый выбранный «отправной» вариант трубы будет удовлетворять вышеприведенным Ограничениям и соответствовать минимальному отверстию, способному пропустить максимальный расход при определенном режиме протекания воды в нем.

Для полученного «отправного» допустимого решения, а затем и последующих допустимых решений определяют значение целевой функции, т.е. общую приведенную стоимость сооружения.

Для варианта трубы с вычисленными для него объемами работ и стоимостью самой трубы с учетом типов фундаментов и оголовков проектируют укрепления русел и откосов.

Укрепления выходного русла не устраивают, если

$v_{вых} £ v_{нер}$,
где
(31.27)

$v_{вых}$ - скорость потока на выходе из трубы (скорость на укреплении), м/с;

$v_{нер}$ - неразмывающая скорость для определенного типа грунта, м/с.

При невыполнении условия (31.27) устраивают укрепления выходного русла.

К укреплениям русел выходного оголовка труб предъявляют следующие требования: допускаемая скорость для них должна быть не менее скорости потока на выходе; стоимость укрепления должна быть минимальной.

При выборе типов укреплений рассматривают укрепления, соответствующие действующим типовым проектам, и только те, которые имеются в наличии у поставщиков. Из всех имеющихся в наличии типов укреплений, выполняющих ограничение (31.27), выбирают наиболее экономичный тип по строительной стоимости:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$K_y = \min \sum_{j=1}^{n} C_{jn} V_{jn};$$

$n = 1,2,\ldots,5(6),$ где

C_{jn} - стоимость строительства единицы объема работ j-го вида укреплений по n-му типу, тыс.руб;

V_{jn} - объем работы по j-му виду укреплений для n-го типа.

Объемы работ по укреплению русел определяют в соответствии с данными типовых проектов. Этот способ применим и для подводящих, и для отводящих русел у труб, только вместо типов укреплений рассматривают типы конструкций русел (быстротоки, перепады, гасители).

Для сравнения вариантов сооружения по принятому критерию при различных отметках бровки земляного полотна от уровней подпертой воды перед сооружением или от верха конструкций определяют объемы и стоимость земляных работ на подходах к сооружению.

Объемы и стоимость земляных работ вычисляют, если продольный профиль еще не запроектирован, т.е. если не задана отметка бровки земляного полотна над осью сооружения. При запроектированном продольном профиле объемы и стоимость земляных работ на подходах к сооружению являются величинами постоянными для различных вариантов сооружений и при сравнении их не учитывают (разница в объемах земляных работ за счет разного размера отверстий труб при засыпке в расчет не принимается).

Положение отметки бровки земляного полотна относительно уровня подпертой воды перед трубой или от верха конструкций имеет существенное значение, как правило, при распластанных логах. При каньонистых руслах положение проектной линии продольного профиля мало зависит от размера трубы или подпертого уровня воды перед ней. Она в этом случае проходит, как правило, значительно выше минимально допустимой отметки над уровнем подпертой воды или над верхом конструкций.

Продольный профиль на подходах к сооружению аппроксимируют по линейной зависимости и задают в виде двух уклонов склонов лога. Проектная линия продольного профиля на подходах к сооружению, проходящая над уровнем подпертой воды, принимается горизонтальной и соответствует минимально допустимой высоте насыпи.

Протяжение горизонтальных участков подходов к сооружению принимают равным ширине разлива подпертой воды, соответствующей наибольшему подпору, влево и вправо от оси сооружения.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Площадь и стоимость земель, занимаемых под насыпью на подходах, зависят от высоты насыпи, которая при минимально допустимой отметке определяется размером отверстия или уровнем подпертой воды перед ним.

Стоимость транспортирования строительных конструкций от различных поставщиков учитывают дополнительно, если дальность транспортировки превышает 20 км. При назначении для рассматриваемого варианта сооружения поставщика строительных конструкций из числа, имеющих одинаковые типоразмеры труб, выбирают того, у кого стоимость наименьшая.

Ежегодные затраты на текущий ремонт и содержание определяют в зависимости от схемы сооружения и длины трубы.

При наличии аккумуляции перед сооружением учитывают затопление ценных угодий и годовые экономические потери. Учет этих потерь ведут, если время подтопления превышает допустимое. Продолжительность допустимого времени подтопления устанавливают при согласовании с землепользователем в период изысканий.

Таким образом, формируются необходимые данные и значение целевой функции для «отправного» варианта.

Зная «отправное» допустимое решение и возможные направления ветвления допустимых решений, выбирают наиболее подходящее направление и ищут решение с наименьшим значением целевой функции.

Исходное множество допустимых решений M_0 разбивается на конечное число непересекающихся множеств M_1, M_2, ..., M_n с ветвлением в возможных направлениях:

$$\bigcup_{i=1}^{n} M_i = M_0; \bigcap_{i=1}^{n} M_i = \varnothing.$$

Строят M_i по переменным X, где $i = 1, 2, ..., n$:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$M_i = \{X_s | X_s \in M_0, KO_i(X_s) = KO^{(o)}\};$$
$$M_{i+1} = \{X_s | X_s \in M_0, KO_{i+1}(X_s) = KO_i + 1\};$$
...
$$M_n = \{X_s | X_s \in M_0, KO_n(X_s) = KO_{n-1} + 1\},$$ где

$KO^{(o)}$ - количество очков «отправного» допустимого решения.

Для каждого подмножества определяют оценки Z_i и выбирают наиболее перспективное множество $M^{(p)}$:

$Z^{(p)}(M^{(p)}) = \min \{Z_i(M_i), Z_{i+1}(M_{i+1}), ..., Z_n(M_n)\}$, где

$Z^{(p)}(M^{(p)})$ - оценка наиболее перспективного подмножества.

Затем поиск продолжают в уже выбранном направлении, считая, что в нем с большей вероятностью содержится оптимальное решение. Движение в выбранном направлении ведут с шагом, обусловленным дискретностью X, до минимального значения целевой функции, если оно достигается внутри допустимой области:

$F(X^*, Y^*, Z^*) = \min P_j (M^{(p)}) \mid P_j (M^{(p)}) \leq P_{j+1} (M^{(p)})$, где

X^*, Y^*, Z^* - оптимальное решение задачи;

P_j - значение целевой функции;

$$j = 1,2,...,n; M^{(p)} = \bigcup_{j=1}^{n_1} M_j; M^{(p)} \in M_0.$$

Комплексный автоматизированный метод проектирования оптимальных водопропускных сооружений позволяет свести различные противоречивые оценки к единому критерию и осуществить технико-экономический анализ сооружаемых объектов, решая одновременно несколько смежных задач проектирования в едином комплексе.

Технологическая последовательность автоматизированного проектирования оптимальных водопропускных труб на основе компьютерной программы реализуется в два этапа.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

На **первом этапе** рекомендуется проектировать водопропускное сооружение при отсутствии проектной линии продольного профиля. При этом должны быть собраны и подготовлены все необходимые исходные данные, включая сведения о поставщиках строительных конструкций и имеющихся у них типоразмерах труб, типах укреплений, а также единичные стоимости на необходимые виды работ, предусмотренные в исходной информации.

В результате разработанной программы получают необходимые оптимальные размеры и характеристики запроектированного объекта. При этом для каждого сооружения выдается обоснованная информация о рекомендуемом положении проектной линии продольного профиля над осью сооружения с учетом подходов земляного полотна и влияния сооружения на окружающую среду. Если проектная линия продольного профиля будет проходить ниже или выше рекомендуемой отметки, то это приведет или к удорожанию проектируемого сооружения или запроектировать сооружение при заданных условиях вообще невозможно.

Если условия проектирования продольного профиля не противоречат условиям получения оптимального сооружения, то необходимо стремиться к рекомендуемой отметке сверху, но не опускаться ниже ее.

После того, как будут, учтены рекомендации по проектированию продольного профиля над осью сооружения и продольный профиль запроектирован, необходимо провести вт**орой этап** окончательного проектирования водопропускного сооружения по уже известной отметке бровки земляного полотна. Второй этап необходим в связи с тем, что проектная линия продольного профиля над осью сооружения не всегда будет совпадать с минимальной рекомендуемой отметкой.

На втором этапе проектирования оптимального сооружения исходную информацию корректируют и задают с уже известной отметкой бровки земляного полотна. В результате работы программы получают окончательные решения оптимального водопропускного сооружения.

Если по условию проектирования линия продольного профиля проходит ниже рекомендуемой отметки, водопропускное сооружение будет запроектировано с учетом заданной отметки. В этом случае будет найдено оптимальное решение уже с учетом дополнительного ограничения на высоту насыпи над осью сооружения. Если высота насыпи недостаточна и невозможно запроектировать ни одного варианта сооружения, то об этом выдается информация, рекомендующая изменить отметку профиля или рассмотреть вариант малого моста.

При проектировании производственных объектов могут возникать различные дополнительные условия и требования, связанные с технологией производства работ, с оснащенностью строительного подразделения грузоподъемной техникой, со стремлением наиболее полно использовать мощность заводов и баз, с

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

применением труб одних типоразмеров по длине трассы и т.д. Эти требования также могут быть учтены при проектировании.

Например, при производстве работ необходимо обеспечить строительство укреплений в зимнее время. Для этого необходимо в исходной информации указать только те типы укреплений, которые обеспечивают его выполнение. Тогда проектирование укреплений будет осуществляться с учетом указанных типов, хотя существует возможность использовать и другие типы, имеющиеся в наличии у поставщика.

У поставщиков могут быть различные типоразмеры труб, большие и малые. Строительная организация располагает грузоподъемной техникой, которая не в состоянии выполнять работы по укладке труб большого типоразмера. В этом случае в исходной информации должны быть заданы только те типоразмеры труб из имеющихся в наличии у поставщиков, которые удовлетворяют требованиям оснащенности строительной организации грузоподъемной техникой.

При возникновении необходимости наиболее полного использования мощностей заводов и баз или применения на трассе труб одинаковых типоразмеров в исходной информации задают только то, что необходимо рассматривать.

Необходимо отметить, что дополнительные требования всегда приводят к увеличению стоимости сооружения. Поэтому проектировщику необходимо выдать одновременно (программа обрабатывает практически неограниченное количество сооружений) реальную исходную информацию, обусловленную ограничениями технологии строительства. В итоге работы программы будут получены результаты оптимального сооружения при различных заданных условиях. Пример выдаваемых результатов представлен в табл. 31.9.

Таблица 31.9.

Результаты проектирования оптимального сооружения

Типоразмеры и гидравлические характеристики трубы

Номер сооружения	Пикетажное положение	Тип оголовка	Отверстие трубы, м		Количество очков трубы	Расход в сооружении, $м^3/с$	Расход на одно очко $м^3/с$	Подпор перед трубой, м	Скорость на укреплении, м/с	Режим протекания	Признак аккумуляции
			круглой	прямоугольной							
4	55+10	0	0,0	2,5´2,0	2	35,75	7,87	2.69	5,68	0	1

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Объемы работ по укреплениям

Тип укрепления	Площадь укрепления, м^2				Объем, м^3	
	общая	входа	выхода	откосов	бетона водобойной стенки	каменной наброски
5,0	335,6	41,7	252,2	41,7	0,0	62,9

Объемы работ по строительству трубы

Длина тела трубы, м	Объем железобетона, м^3				Тип фундамента	Толщина стенки (ригеля) трубы, см	Отметка бровки земляного полотна, м	Высота, м	Площадь подтопляемых земель, га	Объем земляных работ, м^3	Пло заним земе
	Общий	тела трубы	входного оголовка	выходного оголовка							
29.46	131.40	101,50	20,20	9,70	2	20,00	212,38	3,35	0,0	12046,25	0

Стоимость, тыс. руб.

Всего	В том числе						Номер поставщика
	Трубы	укрепления	земляных работ	эксплуатационных затрат	занимаемых земель	транспортных расходов	
56,99	2,61	2,80	13,61	3,16	3,69	1,10	2

Результаты экспериментального проектирования показали, что применение технологии автоматизированного проектирования оптимальных водопропускных труб позволяет на первом этапе, когда проектная линия продольного профиля земляного полотна еще не запроектирована, задать более качественные и обоснованные данные для получения продольного профиля на подходах к сооружению. При запроектированном продольном профиле появляется возможность снизить приведенные затраты сооружаемых объектов, в основном их

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

строительную стоимость, за счет оптимизации проектирования в среднем до 10 %, а для отдельных сооружений - до 26 % и более. Помимо основного показателя - снижения затрат сооружаемых объектов (этот показатель дает наибольшую эффективность при экономии средств), достигается значительное сокращение времени проектирования. Разработанная программа позволяет снизить до 38 % время проектирования по сравнению с существующими способами и до 53 % - трудоемкость проектирования.

31.5. Проектирование оптимальной системы поверхностного водоотвода

Для моделирования и расчета гидрологических и гидравлических параметров ливневого стока применяются более точные физико-математические зависимости, описывающие нестационарный процесс формирования и отекания ливневых вод по склонам водосбора (см. уравнения 31.1).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

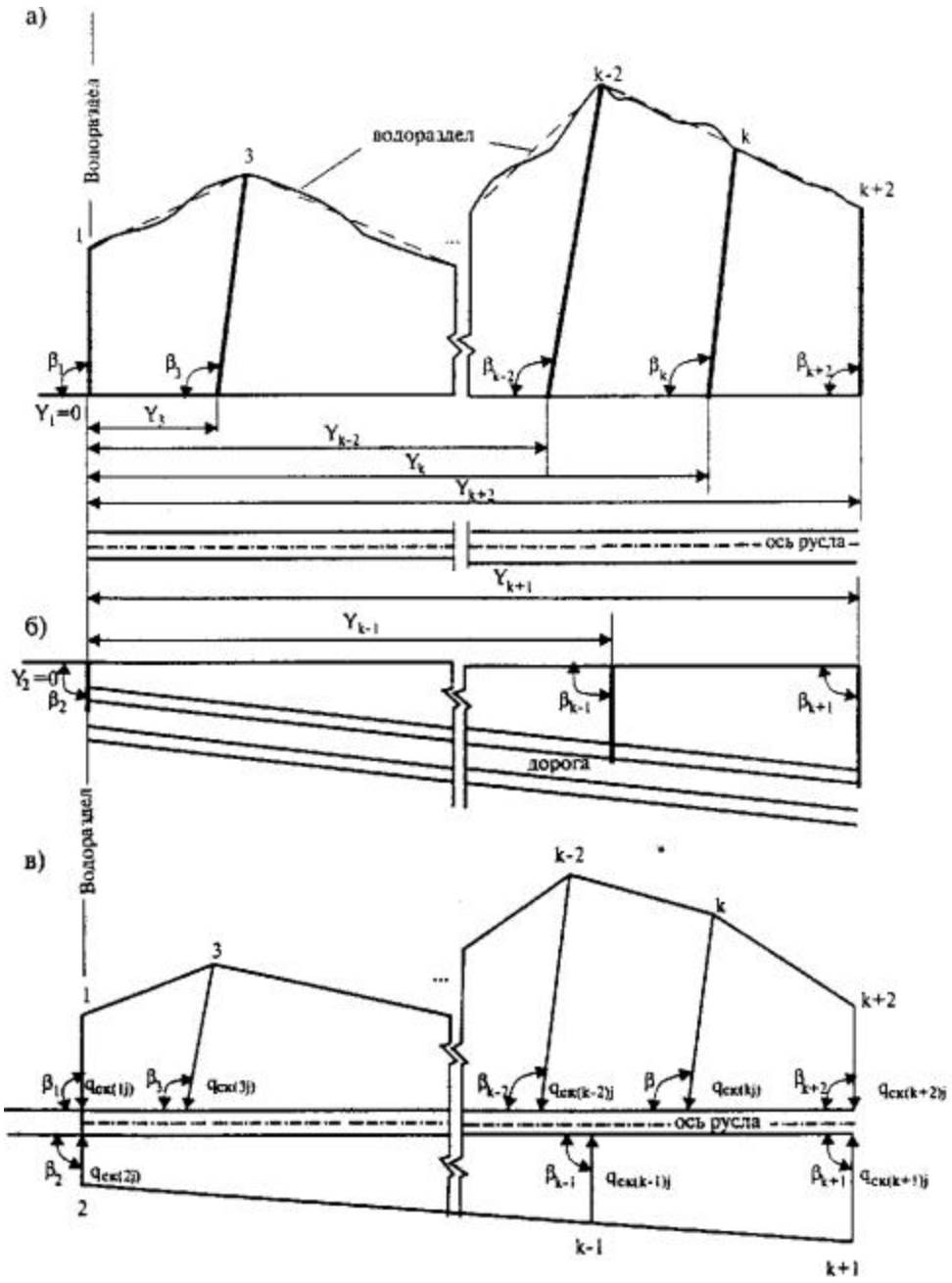


Рис. 31.13. Схематизация водосборного бассейна:
а - схема склона бассейна с нагорной стороны; б - то же со стороны дороги; в - эпюра боковых приточностей

Схематизацию водосбора выполняют заменой криволинейного очертания водораздела кусочно-ломаными отрезками, практически не нарушая общую конфигурацию бассейна (рис. 31.13). Искусственные русла водоотводных сооружений (кювет, канава, быстроток, перепад и т.д.) принимают в качестве главного лога. Водосборный бассейн может быть расположен как с одной стороны

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

отводящего русла (как у нагорной канавы), так и с обеих сторон (как у боковых кюветов).

Чтобы наиболее точно определить ливневый склоновой расход (что является особо важным для очень маленьких водосборов с гладкой поверхностью) по кинематическим уравнениям (31.1) элементарный расход на полосе склона шириной 1 м представляется в виде:

$q_{ck} = Ch_{ck}^{z}$, где

h_{ck} - глубина склонового потока, м (рис. 31.14, г);

$$C = \frac{1}{n_{ckcp}}\left(I_{ckcp}\right)^{1/2}; z = 1{,}5 + y_{ck};$$

y_{ck} - показатель степени, зависящий от шероховатости поверхности;

I_{ckcp}, n_{ckcp} - осредненные величины уклона и коэффициента шероховатости рассматриваемой полосы склона.

Поверхность склона вдоль каждой выделенной расчетной полосы может иметь множество участков длиной $L_{ck(ki)}$ с различными уклонами $I_{ck(ki)}$ и шероховатостями (см. рис. 31.14, б).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

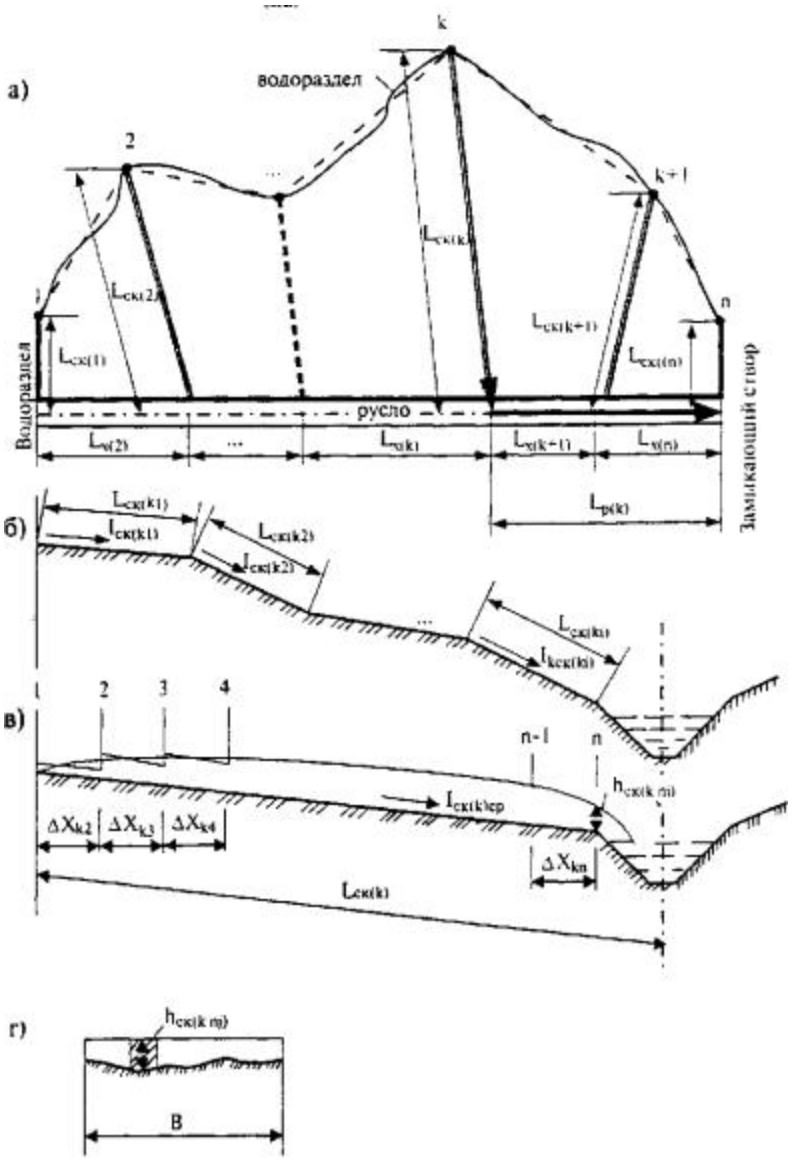


Рис. 31.14. Схема к расчету склонового стока:
а - водосборный бассейн; б - профиль естественного склона вдоль оси расчетной полосы; в - схематизация склона и кривая свободной поверхности стока; г - поперечный разрез склона шириной B

Во избежание сложности и трудоемкости расчета для отдельных *i*-х участков рассматриваемой *k*-й полосы склона ее схематизируют в виде односкатной поверхности со своими осредненными величинами уклона $I_{ck(ki)cp}$ и коэффициента шероховатости n_{ckcp} (см. рис. 31.14, в).

С учетом сказанного система уравнений (31.1) в конечных разностях для k-й полосы склона представляется в виде:

$$q_{ck(knj)} = \frac{\left[\left(C_{1k} q_{ck(kn(j-1))}\right)^{z_{1k}} + \frac{\Delta t_j q_{ck(k(n-1)j)}}{\Delta x_{kn}} + \left(\Delta H_j - \Delta P_{kj}\right)\right]}{\left(\frac{\Delta t_j}{\Delta x_{kn}} + \frac{C_1^{z_{1k}}}{q_{ck(knj)}^{z_{2k}}}\right)},$$ где

(31.28)

$q_{ck(knj)}$ - погонный расход в n-м расчетном участке k-й полосы склона при j-м интервале времени, м2/с;

$q_{ck(kn(j-1))}$ - то же при (j-1)-м интервале времени;

$q_{ck(k(n-1)j)}$ - то же в (n-1)-м участке полосы при j-м интервале времени;

Dt_j - расчетный j-й интервал времени, с;

Dx_{kn} - расчетный n-й интервал длины k-й полосы, м;

$$C_{1k} = \frac{n_{ck(k)cp}}{I_{ck(k)cp}^{1/2}}; \quad z_{1k} = \frac{1}{1{,}5 + y_{ck(k)}}; \quad z_{2k} = \frac{0{,}5 + y_{ck(k)}}{1{,}5 + y_{ck(k)}};$$

$n_{ck(k)cp}$, $I_{ck(k)cp}$ - осредненные значения коэффициента шероховатости и уклона k-й полосы склона;

$y_{ck(k)}$ - показатель степени (с некоторым упрощением $y_{ck(k)} = 1{,}5\sqrt{n_{ck(k)cp}}$);

DH_j, DP_{kj} - приращения слоев осадков и потерь за j-й интервал времени, определяемые по следующим формулам:

$$\left.\begin{aligned} \Delta H_j &= a_j \Delta t_j; \\ \Delta P_{kj} &= b_{ck(kj)cp} \Delta t_j, \end{aligned}\right\}$$ где

a_j - расчетная интенсивность ливня при j-м интервале времени, мм/мин;

$b_{ck(kj)cp}$ - осредненная скорость потерь для k-й полосы склона при j-м интервале времени, м/с.

Решая уравнение (31.28), получают эпюры боковой приточности по длине русла для всех j-х интервалов времени с учетом углов примыкания векторов притоков $b_к$ к направлению оси русла (см. рис 31.13).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Как установлено, при решении кинематических уравнений (31.28) точность расчета существенно зависит от интервалов времени Dt и длины Dx. Поэтому для каждой расчетной полосы водосбора определяют оптимальные расчетные интервалы времени Dt_{on} и длины D$x_{(kn)on}$ по формулам:

$$\Delta t_{on} = 10 + \frac{A}{6} \quad \text{или} \quad \Delta t_{on} = 10 + \frac{A_{ck(k)}}{2B_{ck(k)}}, \text{ с}$$

(Dt_{on} принимают меньшее из двух)

D$x_{(kn)on}$ = 5 + $C_{ck(k)}$($A_{ck(k)}$ - $B_{ck(k)}$Dt_{on}), м, где

A - параметр, определяемый по табл. 31.10 в зависимости от уклона I_p и коэффициента шероховатости поверхности n_p русла;

Таблица 31.10.

Параметры A и B

Уклон русла I_p	Параметр A при n_p						Параметр B при n_p					
	0,012	0,015	0,018	0,021	0,024	0,030	0,012	0,015	0,018	0,021	0,024	0,030
0,005	84,53	119,9	148,2	119,5	63,99	61,20	0,153	0,267	0,346	0,228	0,044	0,022
0,020	35,40	37,40	37,70	40,39	45,87	71,31	0,014	0,020	0,026	0,038	0,063	0,166
0,040	33,54	34,39	36,60	34,44	34,72	37,40	0,006	0,009	0,013	0,013	0,020	0,034
0,080	34,28	33,71	31,90	33,94	32,48	33,60	0,005	0,005	0.007	0,007	0,009	0,013

$A_{ck(k)}$, $B_{ck(k)}$, $C_{ck(k)}$ - параметры расчетной k-й полосы, зависящие от уклона склона и коэффициента его шероховатости, определяемые по формулам:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$A_{ck(k)} = \frac{270}{1+\frac{I_{ck(k)cp}}{1305,36^3_{ck(k)cp}}}; B_{ck(k)} = \frac{I^{0,16}_{ck(k)cp}}{4,46\sqrt{n_{ck(k)cp}}};$$

$$C_{ck(k)} = 0,16 + \left(\frac{K_t}{5,38}\right)^6; K_t = \left(\frac{60}{T_p}\right)^{2/3}; T_p = \left(A_p T_p^{0,1} + B_p\right)^{6/5};$$

$$A_p = \left(\frac{0,34 L_{ck(k)} n_{ck(k)cp}}{I_{ck(k)cp} a_{ч,u}^{2/3}}\right)^{3/5}; B_p = \frac{0,28 L_{p(k)} n_{pcp}^{3/4} \left(2\sqrt{1+m_{cp}^2} - m_{cp}\right)^{1/4}}{I_{pcp}^{3/8} a_{ч,u}^{1/4} \left[\sum_{k=2}^{k=n} \left(L_{ck(k-1)} + L_{ck(k)}\right) L_{x(k)}\right]^{1/4}},$$ где

T_p - расчетная продолжительность наиболее опасного ливня (т.е. время добегания по комбинированной траектории, как правило, от наиболее удаленной точки водораздела склона до замыкающего створа русла);

$L_{ck(k)}$ - длина рассматриваемой k-й полосы склона, м;

$n_{ck(k)cp}$, $I_{ck(k)cp}$ - осредненные величины коэффициента шероховатости и уклона k-й полосы склона;

$a_{ч,u}$- избыточная интенсивность ливня часовой продолжительности, мм/мин;

n_{pcp}, m_{cp}, I_{pcp} - осредненные величины коэффициентов шероховатости, заложения откосов и уклона русла;

$L_{x(k)}$ - расстояние между устьями (k-1)-й и k-й полос склона, м;

$L_{p(k)}$ - расстояние от конца k-й полосы склона до замыкающего створа русла, как часть траектории для определения времени добегания(см. рис. 31.14, а), м.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Для расчета ливневого склонового стока канд. техн. наук С.П. Паудяль разработаны алгоритм и программа, которая применима как в практических, так и в исследовательских целях.

Среди сооружений поверхностного водоотвода наиболее распространены искусственные призматические русла треугольной, прямоугольной и трапецеидальной форм поперечного сечения (рис. 31.15).

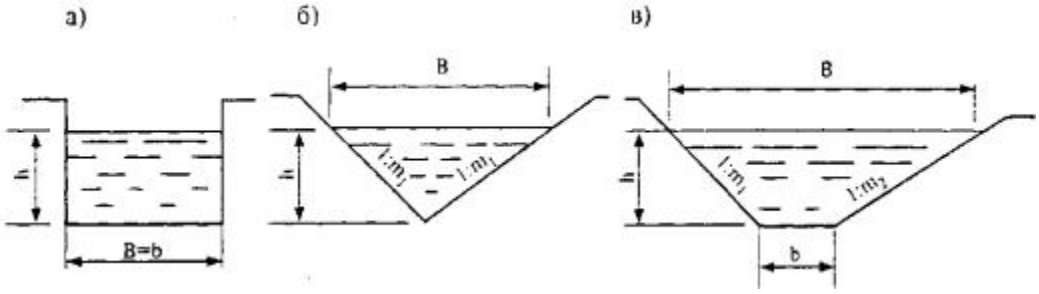


Рис. 31.15. Схемы призматических русел:
а - прямоугольное русло; б - треугольное русло; в - трапецеидальное русло

Применительно к открытым призматическим руслам с непрерывной боковой приточностью система уравнений (31.3), описывающая неустановившееся движение ливневых вод, представляется в следующем виде:

$$\omega_{mj} = \frac{q_{(mj)cp}\Delta l_m \Delta t_j + Q_{(m-1)j}\Delta t_j + \Delta l_m \omega_{m(j-1)}}{\Delta l_m + v_{mj}\Delta t_j};$$

(31.29)

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$v_{mj} = \frac{I_{p(m)}\Delta l_m + H_{m(j-1)} + \frac{\alpha_0 q_{(mj)cp}\theta_{(mj)cp}\Delta l_m}{g\omega_{mj}} + \frac{\alpha v^2_{(m-1)j}}{2g} + \frac{\alpha_0 v_{m(j-1)}\Delta l_m}{g\Delta t_j}}{\frac{H_{mj}}{v_{mj}} + \frac{\alpha v_{mj}}{2g} + \frac{\alpha_0\Delta l_m}{g\Delta t_j}\left(1 + \frac{q_{(mj)cp}\Delta t_j}{\omega_{mj}}\right) + \frac{n^2_m \Delta l_m v_{mj}}{R^{(1+2y_m)}_{mj}}},$$ где

(31.30)

$I_{p(m)}$ - уклон m-го участка русла, ‰;

Dl_m - m-й расчетный интервал длины русла, м;

$q_{(mj)cp}$ - средняя погонная боковая приточность в m-м участке русла при j-м интервале времени, м^2/с;

$q_{(mj)cp}$ - средняя проекция скорости боковой приточности на направлении скорости потока в m-м участке русла при j-м интервале времени, м/с;

Dt_j - расчетный j-й интервал времени;

H_{mj}, w_{mj}, v_{mj}, R_{mj} - соответственно глубина (м), площадь живого сечения (м^2), средняя скорость (м/с) и гидравлический радиус (м) в m-м створе русла при j-м интервале времени;

n_m - коэффициент шероховатости m-го участка русла;

y_m - показатель степени для этого же участка в формуле Н. Н. Павловского.

Среднюю боковую приточность для m-го участка русла при j-м интервале времени $q_{(mj)cp}$ определяют по формулам:

$$q_{(mj)cp} = q^{л}_{(mj)cp} + q^{п}_{(mj)cp};$$

$$q^{л}_{(mj)ср} = q^{л}_{y(kj)} + \frac{\left(q^{л}_{y(k+1)j} - q^{л}_{y(kj)}\right)\left(\sum_{2}^{m}\Delta l_m - \frac{\Delta l_m}{2} - Y^{л}_{k}\right)}{\left(Y^{л}_{(k+1)} - Y^{л}_{k}\right)};$$

$$q^{п}_{(mj)ср} = q^{п}_{y(kj)} + \frac{\left(q^{п}_{y(k+1)j} - q^{п}_{y(kj)}\right)\left(\sum_{2}^{m}\Delta l_m - \frac{\Delta l_m}{2} - Y^{п}_{k}\right)}{\left(Y^{п}_{(k+1)} - Y^{п}_{k}\right)};$$ где

$q^{л}_{y(kj)}, q^{п}_{y(kj)}, q^{л}_{y(k+1)j}, q^{п}_{y(k+1)j}$ - погонные боковые приточности в устьях k-х и (k+1)-х полос левого и правого склонов в *j*-м интервале времени, м/с;

$Y^{л}_{k}, Y^{п}_{k}, Y^{л}_{(k+1)}, Y^{п}_{(k+1)}$ - соответственно расстояния от водораздела русла до устьев *k-х* и (*k*+1)-*х* полос, расположенных слева и справа от оси русла (см. рис. 31.13).

По аналогичным формулам определяют и средние проекции скоростей боковых приточностей

$\theta^{л}_{(mj)ср}$ И $\theta^{п}_{(mj)ср}$ для *m*-го участка русла (с учетом проекции скоростей боковых приточностей

$\theta^{л}_{(kj)}$ и $\theta^{п}_{(kj)}$ в устье каждой *k*-й полосы склона) при *j*-м интервале времени:

$$\theta^{л}_{(kj)} = \left(\frac{\sqrt{I^{л}_{ck(k)cp}}}{n^{л}_{ck(k)cp}} \right)^{\frac{1}{(1,5+y^{л}_{ck(k)})}} \cdot \left(q^{л}_{y(kj)} \right)^{\left((0,5+y^{л}_{ck(k)})/(1,5+y^{л}_{ck(k)})\right)} \cdot \cos \beta^{л}_{k};$$

$$\theta^{п}_{(kj)} = \left(\frac{\sqrt{I^{п}_{ck(k)cp}}}{n^{п}_{ck(k)cp}} \right)^{\frac{1}{(1,5+y^{п}_{ck(k)})}} \cdot \left(q^{п}_{y(kj)} \right)^{\left((0,5+y^{п}_{ck(k)})/(1,5+y^{п}_{ck(k)})\right)} \cdot \cos \beta^{п}_{k};$$

где

$I^{л}_{ck(k)cp}, I^{п}_{ck(k)cp}, n^{л}_{ck(k)cp}, n^{п}_{ck(k)cp}$ - соответственно осредненные уклоны и коэффициенты шероховатости *k*-х полос левого и правого склонов;

$y^{л}_{ck(k)}, y^{п}_{ck(k)}$ - показатели степени для тех же полос;

$\theta_k^л, \theta_k^п$ - углы подхода направлений боковых приточностей *k*-х полос левого и правого склонов к оси русла (в случае затруднений в определении их можно принять равными 90°).

Алгоритм расчета нагорных, водоотводных и боковых канав с прямым постоянным уклоном следующий:

1. Делят каждый рассматриваемый односкатный участок водоотводного русла по длине на оптимальное количество расчетных интервалов D$l_{(m)on}$

$$\Delta l_{(m)on} = \left[\left(\frac{A}{\Delta t_{on}} - 1\right) / B\right]^{5/6},$$

где

A и *B* - параметры, определяемые по табл. 31.10;

Dt_{on} - оптимальный расчетный интервал времени, с.

2. Определяют и вводят другие необходимые исходные данные: коэффициенты Кориолиса и Буссенеска, пределы точности расчета скорости D*v* и глубины потока D*H* в русле, коэффициенты заложения откосов и шероховатости, уклон дна и ширину по дну русла и др.

3. Задают величины скорости и расхода в начальном створе русла (как правило, они равны нулю) для всех расчетных интервалов времени Dt_j, а также глубины, скорости и расходы для первого интервала времени Dt_1, по всем расчетным интервалам длины Dl_m (как правило, они также равны нулю).

4. Определяют величины

$\theta_{1j}^л, \theta_{1j}^п, \theta_{(mj)1}^л, \theta_{(mj)1}^п, q_{(mj)1}^л$ и $q_{(mj)1}^п$ по соответствующим формулам.

5. Далее по уравнениям (31.29) и (31.30) определяют величины v_{mj}, H_{mj}, Q_{mj} и другие необходимые характеристики.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

6. Завершают расчет, последовательно решая указанные уравнения по каждой паре створов сверху вниз для всех расчетных интервалов времени.

Уравнения (31.29) и (31.30) описывают плавноизменяющееся течение как в бурном, так и в спокойном состоянии. В местах перехода от бурного к спокойному состоянию (гидравлический прыжок) или наоборот (водопад) поток подвергается разрыву (рис. 31.16). В таких местах эти уравнения неприемлемы. Поэтому для расчета входных и выходных участков сопрягающих сооружений (быстротоков, перепадов и т.д.) применяются известные зависимости прикладной гидравлики.

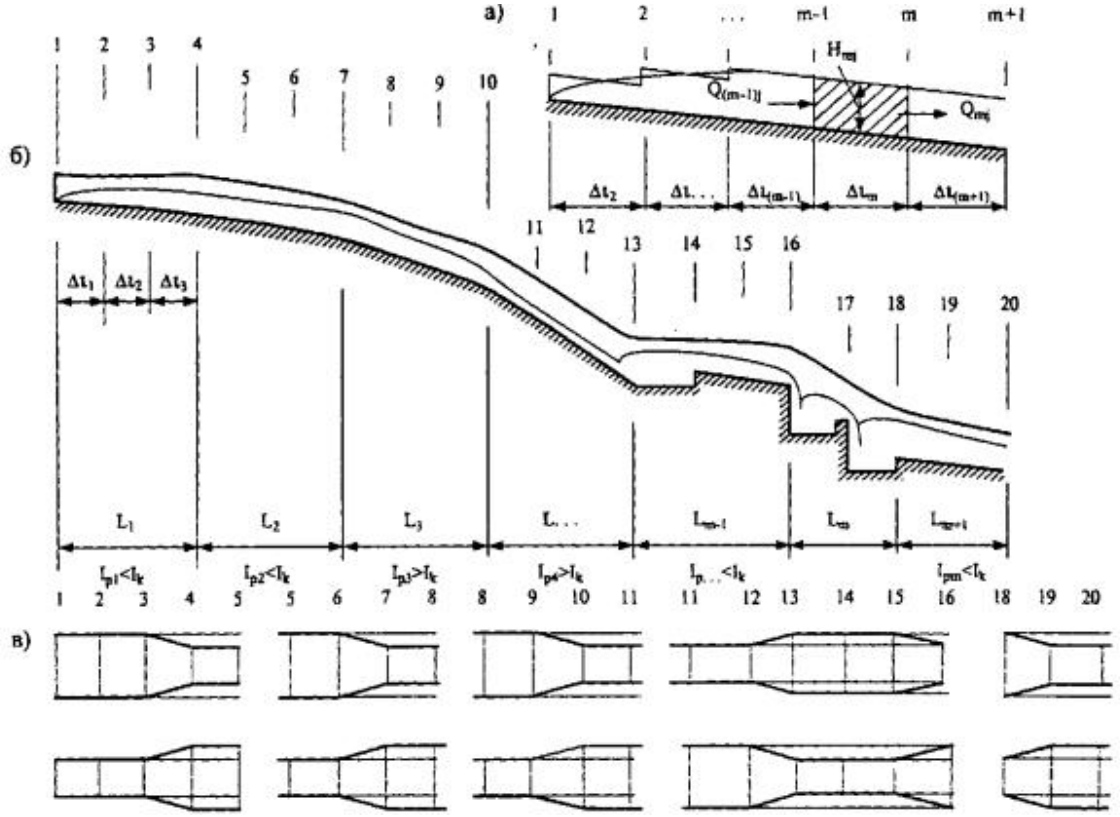


Рис. 31.16. Схемы к гидравлическому расчету и стыковки конструктивных участков русел:
а - кривая свободной поверхности в призматическом русле; б - кривая свободной поверхности в системе водоотводных сооружений; в - схемы стыковки конструктивных участков различными формами поперечных сечений; Dl_m - расчетные интервалы длины; I_p - уклоны дна русла; I_k - критический уклон

При гидравлических расчетах быстротока учитывается влияние аэрации потока. Например, для *m*-го участка русла при *j*-м интервале времени по числу Фруда определяют состояние потока в конце подводящего русла, а затем соответствующие гидравлические характеристики по известным зависимостям.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Число Фруда $F_{R(mj)}$ коэффициент аэрации $A_{e(mj)}$ и критическую скорость потока $v_{kp(mj)}$ определяют по формулам:

$$F_{R(mj)} = \frac{\alpha v_{mj}^2 \left(B_m + 2A_{(m)cp} H_{mj}\right)}{g H_{mj} \left(B_m + A_{(m)cp} H_{mj}\right)},$$

$$A_{e(m)} = \left(0{,}0112 + \frac{0{,}625\Delta_m}{R_{mj}}\right)\sqrt{\frac{v_{mj}^2 - v_{kp(mj)}^2}{R_{mj}}},$$

$$v_{kp(mj)} = \frac{20{,}78\sqrt{R_{mj}\left(1 + \frac{0{,}0011}{R_{mj}^2}\right)}}{\left(1 + I_{p(m)}^2\right)^{1/4}\left(1 + \frac{8{,}7 n_m}{R_{mj}^{y_m}}\right)}$$ где

H_{mj}, v_{mj}, R_{mj} - соответственно глубина и скорость нормального потока и гидравлический радиус в m-м створе при j-м интервале времени, м, м/с;

B_m, $A_{(m)cp}$, n_m, $I_{p(m)}$, D_m - соответственно ширина по низу, средний коэффициент заложения откосов, коэффициент шероховатости, уклон и абсолютная шероховатость m-го участка русла;

Расчет водоската быстротока аналогичен расчету канав (кюветов). Сравнивая уклон отводящего русла с критическим, осуществляют его сопряжение по общей методике расчета нижнего бьефа.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

На участках, где рассматриваются перепады, определяют необходимые максимальные характеристики потока в конечном створе подводящего русла (над первой стенкой падения) по приведенной методике гидравлического расчета, а для расчета их тела и выходных участков применяются известные зависимости гидравлики. Рассматриваются перепады как колодезного, так и бесколодезного типа (хотя последний рассматривают исключительно редко из-за его неоправданно длинных ступеней).

Итогом расчета гидравлических характеристик является получение максимальных значений V_{max}, w_{max} и H_{max} во всех расчетных створах, а также характеристик потока в замыкающем створе русла во всех интервалах времени.

С.П. Паудяль разработаны методика, алгоритм и программа «HYDRAN» для расчета гидравлических характеристик неустановившегося течения ливневых вод по сооружениям системы поверхностного дорожного водоотвода (см. рис. 31.16, б) в неразрывной связи с водосборным бассейном.

Проектирование оптимальных конструкций системы поверхностного водоотвода является задачей оптимизации с несколькими зависимыми и независимыми переменными при наличии комплекса технических ограничений. В первую группу переменных входят параметры поперечного сечения сооружений при фиксированных значениях второй, а во вторую группу входят стоимостные и прочие характеристики рассматриваемых типов укреплений относительно каждого конструктивного участка.

Для рассматриваемых сооружений в качестве функций цели обычно принимают строительную стоимость одного погонного метра длины тела проектируемого сооружения

$C_{CT} = W_{гр}C_{гр} + W_{ук}C_{ук} + B_{з}C_{з}$ ® min, где

$W_{гр}$, $W_{ук}$ - объемы земляных работ и укреплений на 1 п.м. длины сооружения;

$C_{гр}$, $C_{ук}$ - суммарные стоимости единицы объема разработки грунта и укрепления;

$B_{з}$, $C_{з}$ - средняя ширина полосы отвода земли на рассматриваемом участке и стоимость 1 м^2 ее площади.

Последовательность оптимизации формы поперечного сечения водоотводных сооружений методом покоординатного спуска при фиксированном типе укрепления и график изменения направления функции цели представлены на рис. 31.17.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

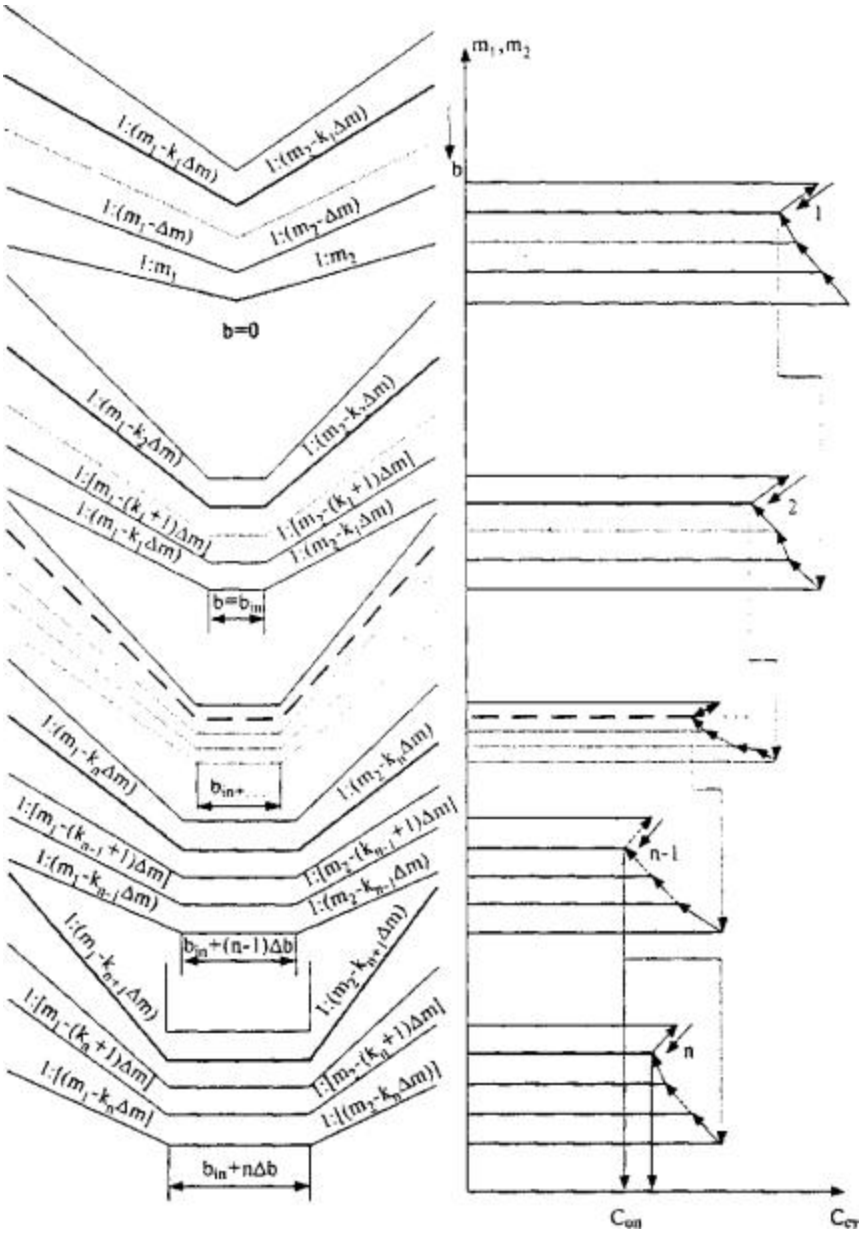


Рис. 31.17. Последовательность оптимизации формы поперечного сечения искусственного призматического русла и изменение направления функции цели C_{cm}

Основными ограничениями при проектировании канав и кюветов треугольной формы (по конкретному типу укрепления) являются коэффициенты заложения откосов

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$\left.\begin{aligned} &m_{1\max} \geq m_{1on} \geq m_{1\min};\\ &m_{2\max} \geq m_{2on} \geq m_{2\min};\\ &\frac{1}{2}(m_{1on} + m_{2on}) \geq 0{,}75 \end{aligned}\right\}$$ где

$m_{1\max}$, $m_{2\max}$, $m_{1\min}$, $m_{2\min}$, m_{1on}, m_{2on} - соответственно максимальные, минимальные и оптимальные коэффициенты заложения откосов.

Для прямоугольной и трапецеидальной форм поперечного сечения канав, кюветов и быстротоков область поиска оптимального решения с учетом технических ограничений по откосам находится в пределах

$$\left.\begin{aligned} &\beta_{\max} \geq \beta_{on} \geq \beta_{\min};\\ &m_{1\max} \geq m_{1on} \geq m_{1\min};\\ &m_{2\max} \geq m_{2on} \geq m_{2\min};\\ &b \geq b_{\min}, \end{aligned}\right\}$$ где

b - текущая ширина дна русла, изменяемая с заданным шагом Db, м;

$b_{\min}$ - минимально допустимая ширина дна русла, м;

$b_{\max}$, $b_{\min}$ - максимальная и минимальная относительные ширины, определяемые по

$$\left.\begin{aligned} &\beta_{\max} = 3\left(\sqrt{1 + m_{cp}^2} - m_{cp}\right),\\ &\beta_{\min} = \sqrt{1 + m_{cp}^2} - m_{cp};\\ &m_{cp} = \frac{1}{2}(m_1 + m_2), \end{aligned}\right\}$$ где

m_1, m_2 - текущие коэффициенты заложения откосов, меняемых с заданным шагом Dm.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

При сопряжении бьефов перепадами рассматривают трапецеидальную и прямоугольную формы поперечного сечения как для одноступенчатого, так и для многоступенчатого перепадов колодезного и бесколодезного типа. При этом, если последний расчетный участок подводящего русла (перед перепадом) имеет в качестве оптимального трапецеидальное сечение, то форму сечения входной части над первой стенкой рассматриваемого перепада принимают с теми же параметрами, что и у конца подводящего русла, а если последний расчетный участок подводящего русла прямоугольный, то трапецеидальную форму вообще не рассматривают. Кроме этого, конструкции перепадов оптимизируют и по высоте стенки падения P. Оптимальная высота P_{on} находится в пределах

$P_{\max}$³ $P_{on} > P_{\min}$.

Для окончательного выбора типа водоотводного сооружения на конкретном конструктивном участке после подбора оптимального поперечного сечения по одному типу укрепления рассматривают следующий тип укрепления по заданному типу сооружения, а затем сравнивают конечные строительные стоимости одного погонного метра тела сооружения. Аналогичным образом рассматривается весь массив заданных типов укреплений и сооружений.

С учетом сказанного и других конструктивно-технических ограничений на основе представленных выше алгоритмов гидравлических расчетов С.П. Паудяль разработаны алгоритм и программа «SUD-ROP» для автоматизированного проектирования комплекса оптимальных сооружений системы поверхностного дорожного водоотвода в неразрывной связи с водосборным бассейном. Основной объединенный алгоритм расчета по данной программе можно изложить в следующем виде:

1. Определяют ось водоотводного тракта в плане от начала водораздела до замыкающего створа русла с учетом рельефа (уклона) и других особенностей местности.

2. Определяют общую конфигурацию водосборного бассейна относительно выбранной оси тракта и осуществляют необходимые операции для выполнения расчета ливневого склонового стока.

3. В зависимости от уклонов, длины участков и других особенностей местности всю протяженность водоотводного тракта по выбранному направлению делят на ряд конструктивных участков. С учетом целесообразности принятия того или иного типа водоотводных сооружений (канавы, кювета, быстротока, перепада), а также необходимых технических ограничений для каждого конструктивного участка задают соответствующий тип сооружений:

CSTYP(m)=l - канава/кювет;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

CSTYP(m)=2 - быстроток;

CSTYP(m)=3 - перепад.

4. Задают массив типов укреплений, рассматриваемых при поиске оптимальных решений по каждому из заданных типов сооружений со своими характеристиками, такими как допускаемые скорости, коэффициенты заложения откосов, коэффициенты шероховатости, абсолютные шероховатости, минимально допускаемые уклоны, толщины укреплений, конструктивные запасы, стоимости единичных объемов материалов и т.д.

5. Определяют расчетную продолжительность ливня, предварительно учитывая характеристики наиболее вероятных типов укреплений (осредненный уклон русла, коэффициенты его шероховатости и др.) на каждом конструктивном участке.

6. Определяют оптимальные расчетные интервалы времени для каждой расчетной полосы склона (поскольку эти полосы могут сильно разниться между собой по шероховатости и уклону). Для каждого конструктивного участка русла определяют также два расчетных интервала времени: один - при наименьшем, а другой - при наибольшем значениях коэффициентов шероховатостей заданных типов укреплений и принимают меньший из двух. Окончательно за общий расчетный интервал времени принимают наименьший из всех, - определяемых как для склонового стока, так и для руслового. Затем определяют общее количество расчетных интервалов времени.

7. По полученному оптимальному расчетному интервалу времени определяют соответствующие расчетные интервалы длины для каждой полосы склона и каждого конструктивного участка русла.

8. Разделив длину каждого конструктивного участка русла на соответствующую величину расчетного интервала длины и, округляя до целого числа в сторону увеличения, определяют количество этих интервалов для каждого конструктивного участка.

9. Вводя необходимые исходные данные, производят расчеты согласно приведенному алгоритму и составляют файл данных склонового стока.

10. После этого вводят исходные данные по каждому конструктивному участку и осуществляют непосредственно автоматизированное проектирование оптимальных конструкций сооружений системы поверхностного дорожного водоотвода.

Итогом решения данной задачи является получение типов сооружений (канавы, быстротоки или перепады), размеров поперечных сечений, типов укреплений и объемов работ на каждом конструктивном участке.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Схемы стыковки конструктивных участков (см. рис. 31.1 б,в) определяют с учетом оптимальных поперечных сечений и уклонов смежных конструктивных участков. Каждая отдельная схема на рис. 31.16,в показывает форму перехода от предыдущего конструктивного участка в последующий в зависимости от уклона последнего через соответствующий расчетный интервал длины, а пунктирные линии показывают возможность сохранения предыдущей формы.

На основе экспериментального проектирования комплекса водоотводных сооружений установлено, что применение указанного метода проектирования в ряде случаев дает возможность снизить расчетный расход в среднем до 30 % и строительную стоимость до 50 % по сравнению с традиционной технологией проектирования.

ГЛАВА 32. КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

32.1. Принципы автоматизированного проектирования мостовых переходов

В ряде случаев размеры сооружений мостовых переходов рассчитывают на основе предположения об установившемся характере течения. Такие расчеты сопряжены с необходимостью прогнозировать взаимосвязанные явления в отрыве друг от друга и ориентируют на некоторые условия, появление которых физически невозможно в реальной обстановке развивающихся во времени и пространстве процессов.

Расчеты по формулам установившегося течения дают возможность прогнозировать те или иные явления, связанные со стеснением бытового потока подходами, обычно лишь для створа по оси мостового перехода. Однако размывы и отложения наносов, деформации свободной поверхности речного потока, изменения русловых скоростей течения и другие явления наблюдаются на значительном удалении вверх и особенно вниз от оси мостового перехода.

При расчетах с использованием зависимостей установившегося течения не представляется возможным правильно отразить работу мостовых переходов в особых условиях эксплуатации, в частности при взаимодействии с другими гидротехническими сооружениями.

Методология комплексного расчета с применением компьютерной техники, являющаяся математической моделью мостовых переходов, лишена этих недостатков. Прибегать к комплексному автоматизированному расчету мостовых

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

переходов с использованием соответствующих компьютерных программ приходится в следующих случаях.

При прогнозах расчетных гидрологических величин (уровней, расходов, толщин льда и т.д.) с целью исключения субъективной графической аппроксимации при построении кривых вероятностей используют аналитический метод аппроксимации, основанный на применении объективного принципа аппроксимации - метода «наименьших квадратов», реализованного в виде практической компьютерной программы «Gist».

На мостовых переходах с большим стеснением потока подходами и частым затоплением пойм может произойти самоуширение русла, возможно также устройство срезки, которая приведет к существенному уменьшению общего размыва и не будет заиления в течение десятилетий. Минимальное отверстие моста при этом принимают, как правило, не меньше наибольшего возможного уширения подмостового русла. Расчет уширения русел на мостовых переходах выполняют с использованием программы «Рур».

Расчет общего размыва по формулам предельного размыва на мостовых переходах с большой шириной разлива или крупными наносами может предопределить необоснованно глубокое заложение фундаментов опор мостов. Эти излишние запасы могут быть сняты в результате детального компьютерного расчета русловых деформаций во времени и по длине с использованием программы «Рома» по натурной серии паводков с пропуском расчетного в конце одного из наиболее опасных многоводных периодов.

На мостовых переходах с большой степенью стеснения потока подходами, широким разливом или большими уклонами свободной поверхности потока расчет характерных подпоров целесообразно выполнять на компьютере с использованием программы «Рома» по единственному расчетному паводку, пропускаемому первым по предварительно неразмытому дну, поскольку этот случай является расчетным для вычисления наибольших возможных подпоров.

На мостовых переходах с высоким залеганием трудно размываемых коренных пород обычно просто и надежно решается вопрос с фундированием опор. Однако на таких мостовых переходах могут произойти опасные самоуширения русел. Поэтому определение размеров отверстий таких мостов нужно производить по результатам расчета по программе «Рур». При высоком залегании коренных пород под мостами нередко существенно ухудшаются условия плавания судов в связи с появлением необычно больших скоростей течения в паводки. Ограничение глубинного размыва может быть также определено образованием отмостки дна русла крупными фракциями при резко разнозернистом составе донных отложений. Мостовые переходы с меняющимся по глубине геологическим строением русла, а также при разнозернистом составе донных отложений рассчитывают по программе «Рома».

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Проектные решения мостовых переходов на расстоянии, равном нескольким значениям ширины разлива от других мостовых переходов, должны учитывать их огромное взаимное влияние. При размещении проектируемого мостового перехода выше существующего можно ожидать увеличения подпора и большего размыва по сравнению с расчетом одиночного мостового перехода. При проектировании перехода ниже существующего необходимо учитывать уменьшение подпоров и размыва для проектируемого моста и обязательно проверять сохранность существующего верхового перехода в условиях значительного ухудшения его работы после введения в эксплуатацию низового перехода. Расчет взаимодействия мостовых переходов выполняют с использованием программы «Рома» по длительной натурной серии паводков.

В тех случаях, когда приходится проектировать переходы в нижних бьефах плотин, необходимо учитывать взаимодействие перехода и плотины. Развивающиеся в нижних бьефах плотин размывы распространяются на многие километры вниз по течению и могут привести к нарушению устойчивости русловых опор мостов. Происходящее при этом снижение уровней и уменьшение уклонов свободной поверхности должно быть учтено. Расчет мостовых переходов в нижних бьефах плотин выполняют на компьютере по программе «Рома» обязательно по длительной натурной серии паводков.

Мостовые переходы в верхних бьефах плотин или в подпоре от материнской реки работают более напряженно, чем в бытовых условиях, и на таких мостовых переходах при одинаковых расходах развиваются значительно большие размывы. Расчеты мостовых переходов в подпоре выполняют на компьютере с помощью программы «Рома» по натурной серии паводков. Однако при таких расчетах требуется знать не только ход уровней во времени (водомерные графики паводков), но и изменение расходов во времени (гидрографы паводков).

На мостовых переходах с дополнительными отверстиями на поймах или пойменных протоках нередко развиваются размывы, не предусмотренные проектом. Причиной тому является отсутствие до недавнего времени надежного метода прогноза процессов, развивающихся на переходах с групповыми отверстиями. Расчеты мостовых переходов с несколькими отверстиями на общем разливе выполняют на компьютере по программе «Рома» обязательно по длительной натурной серии паводков, особенно в связи с тем, что развитие размыва под пойменными мостами часто происходит при отсутствии поступления наносов сверху.

Размывы в руслах рек распространяются на значительные расстояния вверх и особенно вниз от оси мостов. Пересекающие водоток в пределах зоны влияния мостового перехода коммуникации в результате размыва могут быть повреждены или полностью выведены из строя. Расчет размывов переходов коммуникаций наиболее точно выполняют на компьютере с использованием программы «Рома»

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

по натурной серии паводков с пропуском расчетного в первый же год эксплуатации мостового перехода.

При строительстве мостовых переходов происходит сильное нарушение бытового режима водотока, выражающееся в увеличении русловых скоростей течения в паводки, которые могут препятствовать нормальному судоходству даже при уровнях ниже расчетного судоходного (РСУ), а вымываемые громадные объемы грунта, откладываясь на перекатах ниже мостов, могут оказаться препятствием для судоходства в период межени. При проектировании мостовых переходов через судоходные реки прогноз ожидаемого ухудшения условий судоходства выполняют на компьютере с использованием программы «Рома» по натурной серии паводков.

Устройство русловых карьеров нерудных материалов (в частности, для возведения насыпей подходов к мостам) нередко приводит к сильному понижению отметок дна ниже и выше карьеров и попятному размыву выше по течению, опасному для устойчивости мостовых переходов и других гидротехнических сооружений. Возможные катастрофические последствия устройства в руслах рек карьеров нерудных материалов прогнозируют на компьютере с использованием программы «Рома» обязательно по длительной натурной серии паводков.

32.2. Аналитическая аппроксимация и универсальный метод определения расчетных гидрометеорологических характеристик

При выполнении гидрологических расчетов в ходе проектирования мостовых переходов возникает необходимость в интерполяции и экстраполяции зависимостей гидрометеорологических величин, устанавливаемых по натурным данным.

Речь идет об аппроксимации гидрометеорологических зависимостей следующих типов:

1. Кривых связи расходов, уровней, осадков и т.д.

2. Кривых зависимости $H = f(Q)$, $I = f(H)$, $V = f(H)$ и других гидрометрических зависимостей.

3. Кривых вероятностей расходов, уровней, осадков, толщин снега и льда и т.д.

В настоящее время в практике проектирования наибольшее распространение получили графическая и некоторые другие разновидности графоаналитической аппроксимации. Всем им, однако, присущ один общий недостаток - субъективизм ручной аппроксимации, приводящий при одних и тех же исходных данных к неоднозначности решений, нередко выходящих за пределы разумного (например, на мостовом переходе через р. Хопер у ст. Усть-Бузулукская).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Универсальный метод аппроксимации гидрометеорологических величин, основанный на использовании метода «наименьших квадратов», состоит в следующем.

Для зависимостей 1-го и 2-го типов предполагается обязательное установление наличия либо отсутствия связи двух величин (X и Y) путем вычисления коэффициента корреляции. При положительном результате определяются аппроксимирующие функции и вычисляются значения $Y = f(X)$ и $X = f(Y)$ по заданию пользователя.

Особенностью вычисления кривых вероятности (зависимости 3-го типа) является то, что в качестве характеристик натурных точек задают только их ординаты (максимальные расходы, уровни, осадки, толщины снега или льда и т.д.), обычно в наблюденной последовательности. В процессе счета значения величин ранжируются в убывающем порядке. Для каждого члена ряда вычисляется его эмпирическая вероятность превышения по формуле (16.1) и строится аппроксимирующая зависимость $Y = f(P_{э\%})$ в масштабе клетчатки нормального распределения. Методика аналитической аппроксимации была разработана Г.А. Федотовым и Г.Г. Наумовым в 1984 году и реализована в виде программы «Гима-2» для компьютеров типа ЕС (Федотов Г.А., Наумов Г.Г. Применение программы Гима-2 при аналитической аппроксимации гидрометеорологических зависимостей. - М.: МАДИ, 1985. - 39 с), а затем в виде программы «Gist» для современных персональных компьютеров.

Неравномерная шкала по оси абсцисс строится по кривой гамма-распределения при $C_v = 0$ и $C_s = 0$ и эмпирическая вероятность превышения каждого члена ряда вводится в масштабе клетчатки нормального распределения (табл. 32.1).

Таблица 32.1.

Координаты клетчатки нормального распределения

Вероятность превышения, %	Расстояния от оси X, мм	Вероятность превышения, %	Расстояния от оси X, мм
0,01	0	40	75,0
0,02	3,3	50	80,5
0,05	9,5	60	86,0

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

0.1	14,0	70	91,8
0.2	18,7	80	98,6
0,33	21,8	85	103,0
0,5	25,1	90	108,1
1	30,5	92	110,7
2	36,3	94	113,9
3	39,9	95	116,0
4	42,8	98	124,7
5	45,1	99	130,5
10	52,9	99,5	135,9
20	62,4	99,9	147,0
30	69,2		

Указанная методика, реализованная в виде компьютерной программы «Gist» (Программа «Gist» разработана С.Э. Шпаком), позволяет решать следующие практические задачи:

1. Вычисление коэффициента корреляции для установления наличия (или отсутствия) корреляционной связи $Y = f(X)$:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$r_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left[(X_i - X_0)(Y_i - Y_0)\right]}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(X_i - X_0)^2 (Y_i - Y_0)^2}},$$ где

X_i, Y_i - значения координат натурных точек;

X_0, Y_0 - средние арифметические значения рядов чисел X и Y.

Вычисленное значение коэффициента корреляции r_{XY} сравнивается с минимально допустимым значением $r_{min} = 0,6$ и при выполнении условия $r_{XY} \geq r_{min}$ выполняются дальнейшие расчеты.

2. Ранжирование членов статистического ряда в убывающем порядке и вычисление эмпирической вероятности превышения элементов ряда:

$$P_{э\%} = \frac{m - a}{n - 2a + 1} 100\%,$$ где

m - порядковый номер члена ранжированного ряда;

n - общее число членов ряда;

$a = 0,25 + \frac{0,4}{\lg n}$ - эмпирический параметр С.М. Бликштейна.

3. Определение коэффициентов аппроксимирующей функции методом «наименьших квадратов»:

$Y = f(X) = B_0 + B_1X + B_2X^2 + B_3X^3 + ... + B_kX^k$, где
(32.1)

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

B_0, B_1, ..., B_k - постоянные коэффициенты, подлежащие определению;

k - порядок аппроксимирующей функции (k = 1-5).

Основное положение метода «наименьших квадратов» состоит том, что сумма квадратов отклонений исходных величин от аппроксимирующей функции должна быть минимальной:

$$\sum_{i=1}^{n} \left(Y_i^* - Y_i\right)^2 = \sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i^2 \Rightarrow \min,$$

где

Y_i^* и Y_i - значение искомой величины, полученное по аппроксимирующей зависимости и фактическое значение исходной величины.

Подставляя в выражение (32.1) все экспериментальные значения исходных точек (X_i, Y_i), получим систему из n начальных уравнений:

$$B_0 + B_1X_1 + B_2X_1^2 + \ldots + B_kX_1^k - Y_1 = \varepsilon_1;$$
$$B_0 + B_1X_2 + B_2X_2^2 + \ldots + B_kX_2^k - Y_2 = \varepsilon_1;$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$B_0 + B_1X_n + B_2X_n^2 + \ldots + B_kX_n^k - Y_n = \varepsilon_1;$$

(32.2)

Если уравнение (32.2) записать в развернутом виде, то получим:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$(B_0 + B_1X_1 + B_2X_1^2 + \ldots + B_kX_1^k - Y_1)^2 + (B_0 + B_1X_2 + B_2X_2^2 + \ldots + B_kX_2^k - Y_2)^2 + \ldots$$
$$\ldots + (B_0 + B_1X_n + B_2X_n^2 + \ldots + B_kX_n^k - Y_n)^2 \Rightarrow \min .$$

(32.3)

Переменными величинами в этом выражении являются коэффициенты B_0, B_1, ..., B_k и для них отыскиваются такие значения, при которых выражение (32.3) имеет наименьшую величину. Если для этой цели воспользоваться общим приемом дифференциального исчисления и найти частные производные выражения (32.3) по всем искомым коэффициентам B, приравняв их нулю, окончательно получим:

$$nB_0 + (X_1 + X_2 + \ldots + X_n)B_1 + (X_1^2 + X_2^2 + \ldots + X_n^2)B_2 + \ldots = (Y_1 + Y_2 + \ldots + Y_n);$$
$$(X_1 + X_2 + \ldots + X_n)B_0 + (X_1^2 + X_2^2 + \ldots + X_n^2)B_1 + (X_1^3 + X_2^3 + \ldots + X_n^3)B_2 + \ldots = (Y_1X_1 + Y_2X_2 + \ldots + Y_nX_n);$$
$$(X_1^2 + X_2^2 + \ldots + X_n^2)B_0 + (X_1^3 + X_2^3 + \ldots + X_n^3)B_1 + (X_1^4 + X_2^4 + \ldots + X_n^4)B_2 + \ldots = (Y_1X_1^2 + Y_2X_2^2 + \ldots + Y_nX_n^2);$$
$$\ldots\ldots\ldots

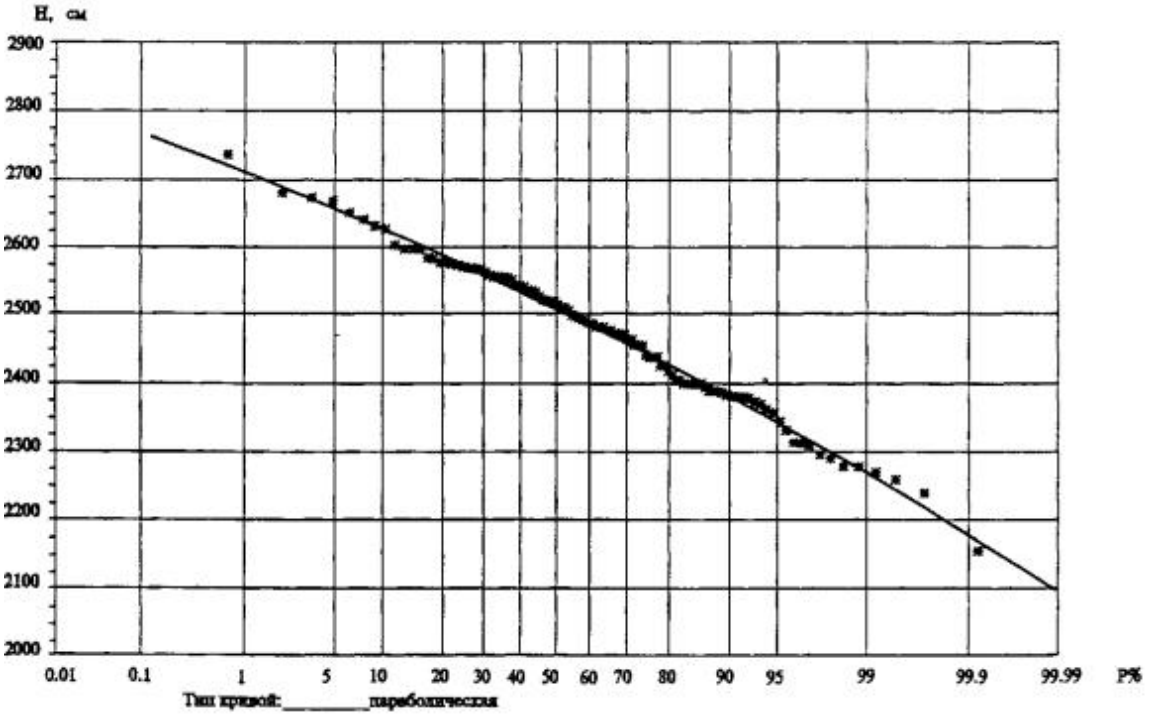


Рис. 32.1. Кривая вероятностей максимальных уровней на р. Иртыш (в/п г. Ханты-Мансийск)

4. Определение среднеквадратического отклонения вычисленных ординат от ординат натурных точек и коэффициента детерминации.

5. Вычисление значений Y при X_{min} £ X £ X_{max} с заданным шагом DX.

6. Вывод на экран монитора или на принтер графика функции $Y = f(X)$ при X_{min} £ X £ X_{max}.

7. Вычисление значений X при заданных значениях Y.

8. Вычисление значений Y при заданных значениях X.

9. Вычисление значений гидрометеорологических величин следующих вероятностей превышения P(%): 0,1; 0,33; 1; 2; 3; 5; 10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 85; 90; 95; 98; 99; 99,5; 99,9.

10. То же для усеченных кривых при (выше средней отметки поймы) P(%): 0,1; 0,33; 1; 2; 3; 5; 10; 20; 30; 40; 50.

Результаты расчета выводятся на экран монитора, а также в виде таблиц и графиков на принтере (см. рис. 32.1).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

32.3 Комплексная программа расчета отверстий мостов «Рома»

Универсальная методика комплексного расчета деформаций русел и свободной поверхности потока, реализованная в виде компьютерной программы «Рома», предназначена для подробных гидравлических и русловых расчетов мостовых переходов и других гидротехнических сооружений на реках с различным типом руслового процесса. При проектировании мостовых переходов с использованием программы «Рома» решают следующие задачи:

расчет общих размывов под мостами как при однородном, так и слоистом строении размываемых русел;

расчет общих размывов под мостами в руслах рек, представленных резко разнозернистым составом донных отложений, с учетом возможной отмостки дна русла крупными фракциями;

построение кривых свободной поверхности потока (расчет подпоров во времени) с учетом взаимодействия с русловыми деформациями;

анализ работы искусственных уширений подмостовых русел (срезок);

расчет русловых деформаций на значительном протяжении вверх и вниз от оси моста с целью: прогноза возможных размывов существующих и проектируемых переходов коммуникаций (нефтепродуктопроводов, газопроводов, водоводов, дюкеров, кабельных переходов и т.д.), расположенных в пределах зоны влияния мостовых переходов; прогноза условий судоходства на мостовых переходах; определение расчетных судоходных уровней воды (РСУ) с учетом допустимых для судоходства скоростей течения;

оценка влияния выработок грунта в руслах рек (русловых карьеров) на работу мостовых переходов и других гидротехнических сооружений;

учет взаимодействия нескольких мостовых переходов при расчетах русловых деформаций и кривых свободной поверхности потока;

расчет мостовых переходов в нижних бьефах плотин;

расчет мостовых переходов, работающих в условиях подпора: естественного (сгонно-нагонные явления, заторы, зажоры, подпоры от материнской реки и т.д.) или искусственного (подпоры от капитальных плотин ГЭС или иных гидротехнических сооружений);

построение кривых свободной поверхности от плотин и прогноз заиления водохранилищ;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

расчет деформаций русел и свободной поверхности в нижних бьефах капитальных плотин;

расчет групповых отверстий (при проектировании дополнительных пойменных мостов на общем разливе с основным);

расчет мостовых переходов с переливаемыми подходами;

расчет мостовых переходов в условиях регрессивной (попятной) эрозии;

исследование основных процессов, развивающихся на мостовых переходах.

В отличие от существующих наиболее совершенных методов и программ расчета русловых деформаций на мостовых переходах программа «Рома» характеризуется более полным учетом факторов, определяющих процесс деформаций и конечную их величину, меньшим числом допущений, принимаемых при решении основных дифференциальных уравнений, и возможностью решения большого круга инженерных и научных задач.

Основные особенности методики комплексного расчета мостовых переходов и программы «Рома» состоят в следующем:

учитывается неустановившийся характер течения речных потоков;

учитывается нелинейность изменения руслового расхода по длине зоны влияния мостовых переходов;

учитывается петлеобразность кривых расходов, скоростей и уклонов для каждого конкретного рассчитываемого паводка;

расходы наносов руслоформирующих фракций вычисляются как по данным натурных измерений, так и по известным теоретико-эмпирическим формулам;

расходы руслоформирующих наносов вычисляются как по среднему диаметру донных отложений, так и пофракционно с одновременным расчетом возможной отмостки дна размываемого русла крупными фракциями;

при расчетах учитывается конкретное геологическое строение размываемых русел;

при расчетах учитывается перераспределение общего расхода между элементами живого сечения долины реки (руслом и поймами) при боковых и глубинных деформациях русла, а также при подпоре;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

одновременно с расчетом хода русловых деформаций осуществляется построение кривых свободной поверхности потока по длине зоны влияния мостовых переходов и, таким образом, учитывается взаимное влияние в ходе паводков деформируемого русла и свободной поверхности потока.

Основа методики - одновременное решение в конечных разностях трех дифференциальных уравнений:

уравнения баланса наносов Экснера (математическая запись закона сохранения твердой фазы руслового потока)

$$\frac{dG}{dl_p} = B_p \frac{dh_p}{dt} + h_p \frac{dB_p}{dt};$$

(32.5)

уравнений Сен-Венана - уравнения неразрывности неустановившегося потока (математическая запись закона сохранения жидкой фазы руслового потока)

$$\frac{dQ}{dl} = \frac{d\omega}{dt};$$

(32.6)

уравнения плавно изменяющегося неустановившегося течения потока в открытых непризматических руслах (математическая запись законов сохранения энергии и количества движения)

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$I_б - \frac{dz}{dl} = \frac{\alpha}{2g}\frac{dV^2}{dl} + \frac{\alpha_0}{g}\frac{dV}{dt} + \frac{Q^2}{K^2},$$ где

(32.7)

G - расход наносов руслоформирующих фракций, м^3/с;

$B_р$ - ширина русла (фронта переноса наносов), м;

$l_р$ - длина по руслу, м;

t - время, с;

$h_р$ - глубина русла от дна до бровок, м;

l - длина по долине реки, м;

Q - общий расход воды, м^3/с;

w - площадь живого сечения, м^2;

$I_б$ - бытовой уклон свободной поверхности потока;

z - геодезическая высота (отметка) свободной поверхности потока, м;

V - средняя скорость течения, м/с;

g - ускорение силы тяжести, м/с^2;

а - корректив кинетической энергии (коэффициент Кориолиса);

$а_0$ - корректив количества движения (коэффициент Буссинеска);

K - расходная характеристика, м^3/с.

При решении системы дифференциальных уравнений (32.5) - (32.7) сделано допущение о том, что течение паводкового потока по длине зоны влияния мостовых переходов является плавно изменяющимся. Уравнения (32.6) и (32.7), таким образом, применяют в целом для всего потока по долине реки с осреднением скоростей течения на вертикалях и по ширине.

На основе анализа результатов систематических расчетов существующих и проектируемых мостовых переходов сформулированы обязательные требования, без выполнения которых теоретические расчеты нельзя считать адекватными фактическим процессам, протекающим на мостовых переходах:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

уравнение баланса наносов (32.5) при решении его в конечных разностях необходимо применять последовательно к большому числу интервалов длины $D l_p$, на которые делят весь исследуемый участок русла. Ориентировочно принимают $D l_p = (0{,}1\text{-}0{,}125) l_{сж}$ (где $l_{сж}$ - длина зоны сжатия потока перед мостом);

во избежание искажения результатов расчета, особенно в зоне растекания потока, водомерные графики рассчитываемых паводков необходимо делить на большое число ступенек (расчетных интервалов времени). Обычно принимают Dt = 0,1 - 0,33 сут;

при вычислении расхода руслоформирующих наносов (донных и взвешенных) во многих случаях нельзя пренебрегать ни одной из форм перемещения руслоформирующих наносов и, особенно, взвешенными;

длины зон сжатия $l_{сж}$ и растекания потока l_p оказывают исключительно большое влияние на темп и размеры деформаций русел и свободной поверхности потока. Зависимости, используемые для определения длин зон сжатия и растекания потока, должны обязательно учитывать основные факторы, их определяющие и, прежде всего, степень стеснения паводкового потока подходами b - первопричину деформаций русел и свободной поверхности потока;

в общем случае следует ориентироваться на расчеты по длительной серии уже прошедших паводков в натурной последовательности, что совершенно необходимо в случаях:

расчетов общих размывов на мостовых переходах с большой степенью стеснения потока подходами, с большой шириной разлива в паводки или с крупными наносами;

необходимости прогноза условий судоходства на участках русел рек у мостовых переходов и прогноза размывов переходов коммуникаций, особенно в нижних бьефах мостовых переходов;

расчетов мостовых переходов, работающих в условиях взаимодействия с другими гидротехническими сооружениями, т.е. в пределах зоны влияния других мостовых переходов, в нижних бьефах плотин, в подпоре и т.д.;

расчет по уравнению баланса наносов (32.5) дает возможность определения лишь средних глубин после общего размыва. Для перехода к максимальным глубинам, расчетным для опор мостов, необходимо учитывать возможные природные деформации русел, а также вероятное отношение наибольшей глубины в русле к средней;

расчет размывов на пойменных участках отверстий мостов следует выполнять отдельно, если только этот участок не объединяется с руслом посредством

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

удаления связных грунтов пойменного наилка (т.е. путем устройства срезки). Этот расчет выполняют по неразмывающим скоростям течения для грунтов, слагающих поверхность поймы;

расчет по уравнению баланса наносов требует введения гарантийных запасов к глубинам размыва, определенным теоретическим путем. Наличие погрешности расчета объясняется все еще неполным учетом факторов, определяющих размыв, недостаточной надежностью морфометрической основы расчета бытового распределения общего расхода между руслом и поймами, особенно при самых высоких уровнях, когда слив воды с пойм наибольший, а также неточностью перехода от средних расчетных глубин размыва к максимальным, расчетным для опор мостов.

Развитие размыва на участке русла элементарной длины $D l_{pm}$ за элементарное время $D t_j$ описывается дифференциальным уравнением баланса наносов (32.5), которое в конечных разностях (при фиксированных плановых размерах русла) имеет вид:

$$\Delta h_{pmj} = \frac{G_{mj} - G_{(m+1)j}}{B_{pm} \Delta l_{pm}} \Delta t_j,$$

где

(32.8)

$D h_{pmj}$ - среднее понижение (повышение) дна на m-м участке русла при j-м уровне воды за интервал времени $D t_j$, м;

G_{mj}, $G_{(m+1)j}$ - расходы наносов руслоформирующих фракций, определяемые для начального и конечного створов расчетного участка длиною $D l_{pm}$;

B_{pm} - средняя ширина русла (фронта переноса наносов) на m-м расчетном участке.

Решение уравнения баланса наносов в конечных разностях (32.8) требует знания связи расхода руслоформирующих наносов с гидравлическими характеристиками потока - скоростью течения и глубиной. Расход твердой фазы потока - это полный расход наносов руслоформирующих фракций - донных и взвешенных. Расходы наносов вычисляют в зависимости от имеющихся данных одним из трех способов:

по материалам натурных наблюдений;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

по среднему диаметру донных отложений с использованием формулы И.И. Леви

$$G_{mj} = \left[\frac{A_д}{h_{pmj}^{1/4}} + A_в\right] B_{pm} V_{pmj}^3 \left(V_{pmj} - V_{нер}\right),$$ где

(32.9)

G_{mj} - расход наносов руслоформирующих фракций в рыхлом теле, м^3/с;

$A_д = f(d)$ и $A_в = f(d)$ - характеристики донных и взвешенных наносов руслоформирующих фракций;

h_{pmj} - средняя глубина потока в m-м створе русла при j-м уровне, м;

V_{pmj} - средняя скорость течения в m-м створе русла при j-м уровне, м/с;

$V_{нер}$ - неразмывающая средняя скорость для грунтов дна русла, м/с;

B_{pm} - ширина русла (фронта переноса руслоформирующих наносов) m-м створе, м;

по фактическому составу донных отложений

$$G_{mj} = \frac{\sum G_{mjk} p_k}{100},$$ где

(32.10)

G_{mjk} - расход наносов, вычисленный по формуле (32.9) для k-й фракции, м^3/с;

p_k - содержание k-й фракции, %.

Расход наносов смешанного состава G_{mj} при слоистом геологическом строении русла в створах ниже *n*-го, где размыв коснулся II геологического слоя (рис. 32.2) определяют:

$$G_{mj} = \left(1 - \frac{G_{nj}}{G_{mjI}}\right) G_{mjII} + G_{nj},$$

где

(32.11)

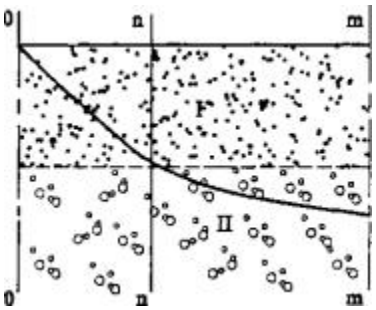


Рис. 32.2. Схема к расчету расхода наносов смешанного состава при расчетах размыва слоистых русел

G_{mjI}, G_{mjII} - транспортирующие способности потока в *m*-м створе при *j*-м уровне соответственно по грунтам крупности d_I и d_{II};

G_{nj} - расход наносов крупностью d_I, в *n*-м створе.

Расчет отмостки дна русла крупными фракциями ведут по формуле:

$$\Delta = 1{,}79 d_{отм} \left(\frac{100 - p}{p}\right),$$

где

D - толщина слоя смыва грунта, необходимая для образования отмостки, м;

$d_{отм}$ - диаметр частиц, отмащивающих дно русла, м;

p - содержание этих частиц, %.

Нелинейное изменение руслового расхода по длине потока определяют теоретической зависимостью, учитывающей перераспределение общего расхода между элементами живого сечения потока, т.е. между руслом и поймами, при боковых и глубинных деформациях русла, а также при деформациях свободной поверхности потока:

$$Q_{pmj} = \frac{\beta_{mj} Q_j Q_{p\delta j} \eta_p^{5/3} \frac{B_{pm}}{B_{p\delta}}}{\beta_{mj} Q_{p\delta j} \left(\eta_p^{5/3} \frac{B_{pm}}{B_{p\delta}} - \eta_n^{5/3} \frac{B_m - B_{pm}}{B_m - B_{p\delta}} \right) + Q_j \eta_n^{5/3} \frac{B_m - B_{pm}}{B_m - B_{p\delta}}},$$

$$\eta_p = \frac{h_{pmj} + \Delta z_{mj}}{h_{p\delta j}}; \quad \eta_n = \frac{h_{n\delta j} + \Delta z_{mj}}{h_{n\delta j}}$$

при

$$\beta_{mj} = \frac{Q_j}{Q_{p\delta j} + q_{n\delta j}(B_m - B_{pm})}$$

(32.12)

где

h_p и h_n - относительные подпоры в русле и на пойме;

$Q_{p\delta j}$ - русловой бытовой расход при j-м уровне, м^3/с;

Q_j - общий расход при j-м уровне, м/с;

b_{mj} - степень стеснения потока в m-м створе при j-м уровне;

$q_{n\delta j}$ - погонный бытовой расход воды на поймах при j-м уровне, м^3/см;

$B_{p\delta}$- бытовая ширина русла, м;

B_m - ширина потока в m-м створе.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Ширины потока в зоне сжатия (участки I, II на рис. 32.3,а) определяют по зависимостям, разработанным на основе обобщения материалов натурных наблюдений М.В. Михайлова за характером схода струй перед мостами.

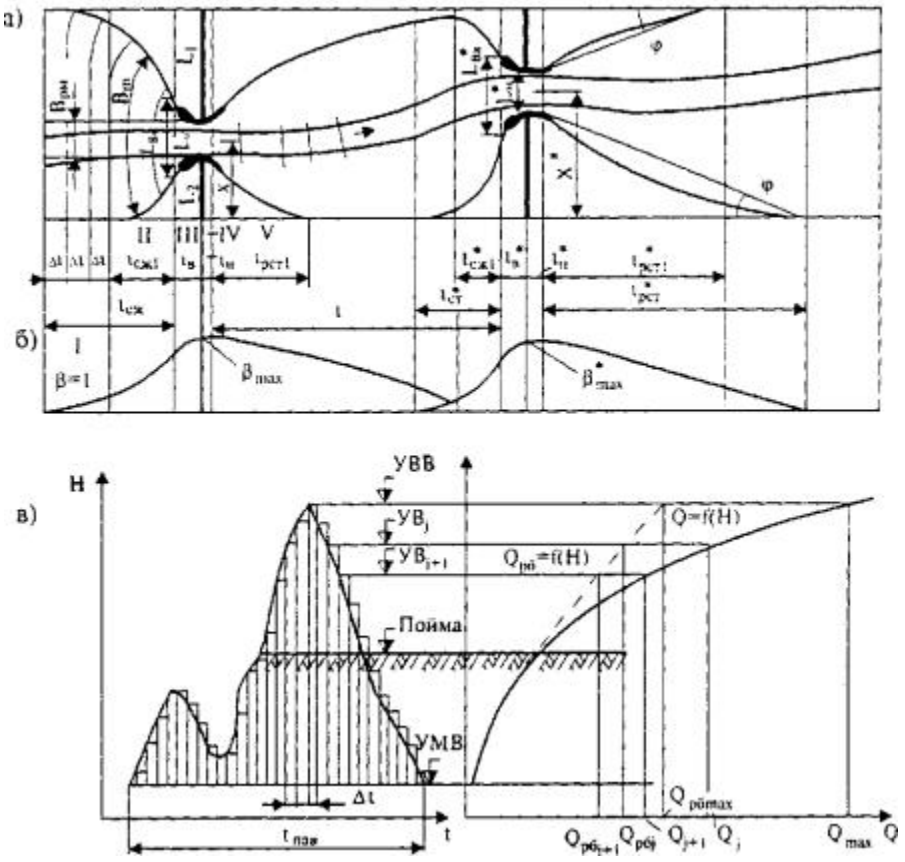


Рис. 32.3. Схема к расчету русловых деформации и кривых свободной поверхности на мостовых переходах:
а - план сжатого потока; б - кривые изменения руслового расхода по длине зоны влияния мостовых переходов; в - замена водомерного графика паводка ступенчатым очертанием

Согласно этим исследованиям, границы водоворотных зон на участке сжатия очерчиваются по кривой, близкой к четверти дуги окружности. Живые сечения сжатого потока при этом представляют собой криволинейные поперечники.

Ширина живых сечений потока:

на участке I

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$B_m = X + \frac{L_M}{2} + \frac{l_{сж}^2 - \sum \Delta l_m^2}{2\sum \Delta l_m} \arcsin \frac{2l_{сж}\sum \Delta l_m}{l_{сж}^2 + \sum \Delta l_m^2}$$

на участке II

$$B_m = L_M + \frac{l_{сж}^2 - \sum \Delta l_m^2}{2\sum \Delta l_m} \arcsin \frac{2l_{сж}\sum \Delta l_m}{l_{сж}^2 + \sum \Delta l_m^2} + \frac{l_{сж1}^2 + \left[\sum \Delta l_m - \left(l_{сж} - l_{сж1}\right)\right]^2}{2\left[\sum \Delta l_m - \left(l_{сж} - l_{сж1}\right)\right]} \times$$
$$\times \arcsin \frac{2l_{сж1}\left[\sum \Delta l_m - \left(l_{сж} - l_{сж1}\right)\right]}{l_{сж1}^2 + \left[\sum \Delta l_m - \left(l_{сж} - l_{сж1}\right)\right]^2};$$

$$\text{при } l_{сж} = \frac{B_0 - L_M}{1 + \frac{l_{мп}}{l_{бп}}}; l_{сж1} = \frac{B_0 - L_M}{1 + \frac{l_{бп}}{l_{мп}}}.$$

В зоне, охватываемой струенаправляющими дамбами (участок III на рис. 32.3,а), изменение ширины живого сечения принято в соответствии с законом обтекания дамб эллиптического очертания:

$$B_m = L_M + 1{,}571\left(L_{вх} - L_M\right)\left[\frac{l_{сж} + \frac{2}{3}l_д - \sum \Delta l_m}{\frac{L_{вх} - L_M}{B_0 - L_M}l_{сж} + \frac{2}{3}l_д}\right]^{n}$$

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

при $n_1 = 0{,}45\dfrac{l_д(B_0 - L_м)}{l_{сж}(L_{вх} - L_м)} + 1{,}08,$ где

X - расстояние от границы разлива до середины моста со стороны малой поймы, м;

L_M - отверстие моста в свету, м;

$l_{сж}$ - длина зоны сжатия потока перед мостом, м;

l_{mn}, $l_{бп}$ - длина малой и большой пойм, соответственно, м;

$\sum \Delta_m$ - расстояние от начала сжатия до m-го створа, м;

$l_{сж1}$ - длина зоны влияния малой поймы, м;

$l_{вх}$ - ширина входного сечения в зону, охватываемую струенаправляющими дамбами, м;

$l_д$ - длина зоны, охватываемой струенаправляющими дамбами, м.

В зоне низовых струенаправляющих дамб (участок IV на рис. 32.3,а) ширина потока практически постоянна и может быть принята равной величине отверстия моста:

$B_m = L_M$.

В зоне растекания потока координаты граничной струи определяют по универсальной зависимости, полученной на основе преобразования формулы И.В. Лебедева. При этом на участке V закон изменения ширины живого сечения описывается зависимостью:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$B_m = B_0 - l_{сж1}\sqrt[n]{1-\left[\frac{\sum \Delta l_m - (l_{сж} + l_д)}{l_{уст1}}\right]^n} - l_{сж}\sqrt[n]{1-\left[\frac{\sum \Delta l_m - (l_{сж} + l_д)}{l_{уст}}\right]^n},$$

при n = 0,58-2,0 - показатель степени, определяющий закон растекания потока за мостом.

На следующем VI участке

$$B_m = B_0 - l_{сж}\sqrt[n]{1-\left[\frac{\sum \Delta l_m - (l_{сж} + l_д)}{l_{уст}}\right]^n}.$$

И, наконец, на участке ниже зон влияния мостовых переходов ширина потока постоянна и равна ширине разлива

$B_m = B_0$.

Изменение ширины живого сечения реки B_m может быть определено и по другим зависимостям, а также по данным лабораторных, либо натурных измерений.

Петлеобразность кривых уклонов $I = f(H)$, скоростей $V = f(H)$ и расходов $Q = f(H)$ на разных фазах рассчитываемого паводка учитывается умножением соответствующих значений уклона на коэффициент l^2 и скоростей и расходов на коэффициент l, для определения которого получено выражение в результате решения дифференциального уравнения неразрывности неустановившегося потока:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$\lambda_j = \sqrt{1 + \frac{1}{\lambda_j I_б V_б}\frac{\Delta h_j}{\Delta t_j} - \frac{\left(\lambda_j^2 - 1\right)}{V_{бj}}\frac{\Delta V_{бj}}{\Delta h_j} h_j},$$ где

(32.13)

$I_б$ - бытовой уклон свободной поверхности потока, равный уклону долины реки;

$V_{бj}$ - средняя бытовая скорость потока при j-м уровне;

Dh_j - приращение глубины потока за счет изменения уровня паводка за время Dt;

h_j - средняя глубина потока при j-м уровне;

D$V_{бj}$ - приращение средней скорости потока за время Dt_j

Средняя скорость течения в заданном сечении русла:

$$V_{pmj} = \frac{Q_{pmj}}{B_{pm} h_{pmj}};$$

средняя глубина потока при j-м уровне

$h_{pmj} = УВ_j + \mathrm{D}z_{mj} - H_{pmj}$, где

$УВ_j$ - уровень воды в j-й момент времени, м;

Dz_{mj} - изменение свободной поверхности в m-м створе при j-м уровне над бытовым его значением за счет подпора, м;

H_{pmj} - средняя высота (отметка) деформированного дна русла, м.

Уравнение неразрывности неустановившегося потока:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$Q_{mj} = Q_{(m+1)j} + \frac{B_m \Delta h_{mj} + B_{(m+1)} \Delta h_{(m+1)j} + 4B_{mcp} \Delta h_{mjcp}}{6\Delta t_j} \Delta l_m,$$

где

(32.14)

Q_{mj}, $Q_{(m+1)j}$ - соответственно общие расходы в начальном и конечном створах m-го участка;

$Dh_{mj} = Dh_j + Dz_{mj} - Dz_{m(j-1)}$;

$Dh_{(m+1)j} = Dh_j + Dz_{(m+1)j} - Dz_{(m+1)(j-1)}$;

Dh_j - бытовое приращение уровня воды за время Dt_j, снимаемое с водомерного графика паводка;

B_m, $B_{(m+1)}$ - соответственно ширина потока в начальном и конечном створах m-го участка, м;

Dl_m - длина m-го участка, м.

Уравнение неустановившегося течения для непризматических русел:

$$\Delta z_{mj} = \Delta z_{(m+1)j} + \frac{\alpha_{(m+1)j} V^2_{(m+1)j} - \alpha_{mj} V^2_{mj}}{2g} + \frac{\alpha_{0mj} V_{mjcp} - \alpha_{0m(j-1)} V_{m(j-1)cp}}{g\Delta t_j} \Delta l_m + \left(\frac{Q^2_{mjcp}}{K^2_{mjcp}} - I_6 \right) \Delta l_m,$$

где (32.15)

Dz_{mj}, $Dz_{(m+1)j}$ - соответственно изменения свободной поверхности потока в начальном и конечном створах m-го участка при j-м уровне воды за счет подпора, м;

a_{mj}, $a_{(m+1)j}$ - коэффициенты Кориолиса (коррективы кинетической энергии) в начальном и конечном створах m-го участка;

V_{mj}, $V_{(m+1)j}$ - соответственно средние скорости течения, м/с;

g - ускорение свободного падения;

a_{0mj}, $a_{0(m+1)j}$ - средние на m-м участке коэффициенты Буссинеска (коррективы количества движения) при j-м и (j-1)-м уровнях, соответственно;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

V_{mjcp}, $V_{m(j-1)cp}$ - средние на m-м участке скорости течения при j-м и (j-1)-м уровнях воды;

Dt_j - j-й интервал времени;

Q_{mjcp}, K_{mjcp} - средние на m-м участке при j-м уровне расход и расходная характеристика соответственно, м^3/с;

$I_б$ - бытовой уклон свободной поверхности, равный уклону долины реки.

Коэффициенты Кориолиса (коррективы кинетической энергии) и коэффициенты Буссинеска (коррективы количества движения) в m-м створе при j-м уровне определяют в соответствии с фактическими площадями живых сечений и скоростями в русле и на пойменных участках:

$$\alpha_{mj} = \frac{V_{pm}^3 h_{pmj} B_{pm} + V_{nmj}^3 h_{nmj} \left(B_m - B_{pm}\right)}{V_{mj}^3 h_{mj} B_m} + 0{,}2;$$

$$\alpha_{0mj} = \frac{V_{pm}^2 h_{pmj} B_{pm} + V_{nmj}^2 h_{nmj} \left(B_m - B_{pm}\right)}{V_{mj}^2 h_{mj} B_m} + 0{,}07,$$

где

V_{pmj}, V_{nmj} - средние скорости течения в русле и на поймах в m-м створе при j-м уровне, м/с;

h_{pmj}, h_{nmj} - средние глубины в русле и на поймах с учетом подпора и размыва, м;

B_{pm} - ширина русла в m-м створе, м;

B_m - ширина сжатого потока в m-м створе;

V_{mj}, h_{mj} - средняя скорость и глубина всего потока соответственно.

При решении основных дифференциальных уравнений водомерные графики паводков $H_i = f(t)$ заменяются ступенчатыми с шагом Dt (рис. 32.3,в). Весь

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

исследуемый участок русла делится на ряд расчетных интервалов Dl_{pm} и средней шириной B_{pm} (см. рис. 32.3,а).

Зная ход паводка во времени и учитывая, что связь транспортирующей способности потока G со средней скоростью течения в русле V_p и гранулометрическим составом наносов d известна, можно вычислить расходы наносов руслоформирующих фракций, используя формулы (32.9) - (32.11) при уровне воды $УВ_j$ для каждого расчетного створа русла. Бытовые расходы Q_j для каждого уровня $УВ_j$ вводят в расчет с учетом коэффициента неустановившегося течения паводкового потока (32.13). Общий расход для каждого створа определяют последовательным решением для каждой пары створов снизу вверх по течению системы уравнений Сен-Венана (32.14) - (32.15). Изменение руслового расхода Q_{pmj} по длине русла реки (рис. 32.3, б)с учетом общего стеснения потока, глубинных и боковых деформаций русла и свободной поверхности потока определяется по уравнению (32.12).

Последовательно решая уравнение баланса наносов (32.8) для каждой пары створов русла сверху вниз по течению, определяют изменения средних геодезических высот дна русла на каждом m-м расчетном участке русла за интервал времени Dt_j. Затем для интервала времени Dt_{j+1} и соответствующего уровня воды $УВ_{j+1}$ определяют характерные расходы с учетом коэффициента неустановившегося течения (32.13). Последовательным решением для каждой пары створов снизу вверх по течению системы уравнений Сен-Венана (32.14) и (32.15) строят кривую свободной поверхности потока и одновременно определяют изменение общего расхода и по уравнению (32.12) руслового расхода по длине зоны влияния мостового перехода.

В соответствии с полученными русловыми скоростями течения в каждом створе русла вычисляют транспортирующие способности потока с учетом размыва-наноса и деформации свободной поверхности потока за предшествующий период времени. Далее, последовательно применяя уравнение баланса наносов (32.8) для каждой пары створов сверху вниз по течению, определяют средние значения изменения геодезических высот дна за интервал времени Dt_{j+1} и т.д.

Программа «Рома» позволяет вести расчеты по длительной серии паводков с учетом периода межени двояким способом. Когда разные по высоте паводки имеют приблизительно одинаковую форму и продолжительность, то в таких случаях допустимо вести расчеты по серии типовых паводков. В компьютер вводят в табличной форме лишь один наиболее характерный для всей серии водомерный график паводка, где он аппроксимируется по методу кусочно-квадратичной аппроксимации с использованием интерполяционного полинома Лагранжа для неравно отстоящих узлов интерполяции (рис. 32.4):

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

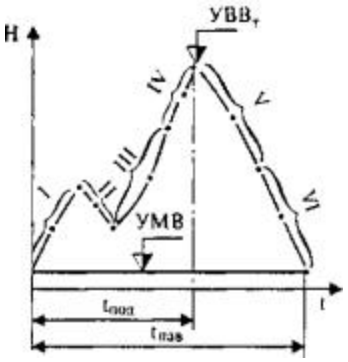


Рис. 32.4. Аналитическое представление типового водомерного графика паводка $H_m = f(t)$ методом кусочно-параболической интерполяции

$$L_n(x) = \sum_{i=0}^{n} y_i \frac{(x - x_0)\dots(x - x_{i-1})(x - x_{i+1})\dots(x - x_n)}{(x_i - x_0)\dots(x_i - x_{i-1})(x_i - x_{i+1})\dots(x_i - x_n)},$$ где

(32.16)

x_0, y_0, x_n, y_n - соответственно значения аргумента и функции в узлах интерполяции.

Каждый паводок натурной серии характеризуется лишь одним максимальным уровнем $УВВ_i$. Сравнивая уровень высокой воды рассчитываемого паводка $УВВ_i$ с уровнем типового паводка $УВВ_т$ строится водомерный график $H_i = f(t)$, подобный типовому $H_т = f(t)$ (рис. 32.5).

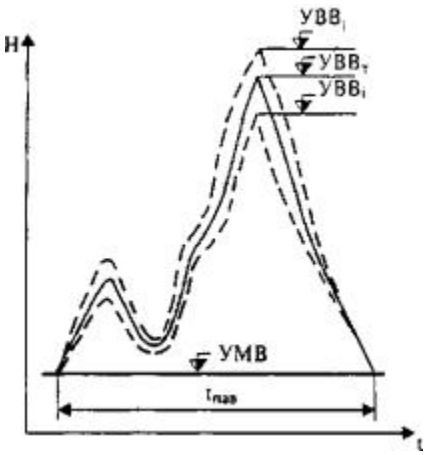


Рис. 32.5. Типовое очертание разных по высоте паводков

В остальных случаях расчеты выполняют по натурной серии фактических паводков. В этом случае в компьютер вводят водомерные графики каждого паводка без схематизации, т.е. ежедневные уровни в отсчетах рейки опорного водомерного поста. Водомерные графики автоматически переносятся по кривой связи на ось перехода. Кривые связи уровней водомерных постов (опорного гидрометеослужбы (ГМС) и по оси мостового перехода) также представляют в виде криволинейных отрезков, аналитические выражения которых определяются полиномом Лагранжа (32.16) с использованием принципа кусочно-параболической интерполяции (рис. 32.6).

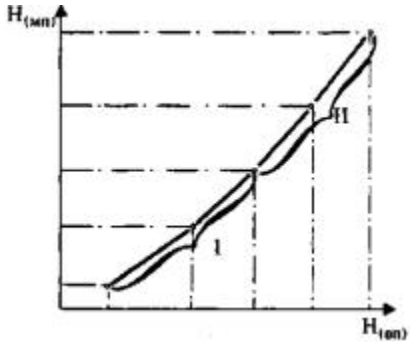


Рис. 32.6. Аналитическое представление кривой связи опорного водопоста с водопостом по оси мостового перехода

Расчет по натурной серии паводков требует ввода в компьютер больших объемов исходной информации, однако, в подавляющем большинстве случаев оказывается достаточным выполнение расчетов по серии типовых расчетов, требующих минимального объема исходной информации.

32.4. Исходная информация и результаты расчета по программе «Рома»

Для комплексного расчета по программе «Рома» требуется исходная информация - цифровая модель водотока и мостового перехода, требующая некоторой предварительной обработки и размещаемая в памяти компьютера в виде следующих файлов.

I. Файл названий и свойств объектов расчета

Данный файл содержит:

1. Название объекта.

2. Вид расчета, выбираемый из списка:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

верховой мост;

низовой мост;

мост + мост;

ГЭС + мост;

русловая плотина + мост.

3. Вид расчета по используемой исходной гидрологической информации:

по серии типовых паводков;

по серии натурных паводков;

в условиях подпора.

4. Вид руслового расчета:

по среднему диаметру донных отложений;

пофракционный (по фактическому составу донных отложений).

5. Вид расчета по геологическому строению русла: однослойное строение русла;

двухслойное строение русла.

II. Основной файл исходных данных

В этот файл пользователь вводит:

1. $H_д$ - средняя высота (отметка) дна русловой части подмостового сечения (рис. 32.7) до размыва, м, которая определяется по формуле:

$$H_д = РУВВ_{р\%} - \frac{\omega_р}{B_р}\left(\frac{B_р}{B_{р6}}\right)^{2/3},$$ где

(32.17)

$РУВВ_{р\%}$ - расчетный уровень высокой воды, м;

$В_р$ - ширина русла под мостом до размыва, м;

$В_{рб}$ - бытовая ширина русла (средняя на участке), м;

$w_р$ - бытовая площадь живого сечения в русле, м^2.

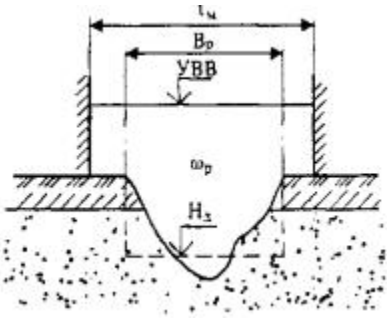


Рис. 32.7. Схема к определению средней геодезической высоты (отметки) дна до размыва

2. d - средний диаметр донных отложений первого размываемого слоя, мм.

3. $Н_г$ - средняя высота (отметка) геологического ограничения размыву или слоя грунта другой крупности, м.

4. d_1 - средняя крупность грунта второго геологического слоя, мм.

5. $Н_п$ - средняя высота (отметка) поймы, м, определяемая по формуле:

$$H_п = РУВВ_{р\%} - \frac{\sum \omega_п}{(B_0 - B_р)},$$ где

(32.18)

$\sum \omega_n$ - сумма площадей живых сечений на пойме при $РУВВ_{р}$%, м^2;

B_0 - ширина разлива реки в паводки, м;

$B_р$ - ширина русла, м.

6. УМВ - условный уровень меженних вод, м, принимаемый равным уровню межени типового водомерного графика паводка, но не ниже УМВ [3] [$h_р$($a_р$ - 1) + $H_д$], где

$h_р$ - средняя глубина в русле при уровне $УВВ_Q$;

$a_р$ - коэффициент формы русла (см. далее п. 33).

7. B_0 - ширина разлива реки в паводки, м.

8. $B_{рб}$ - бытовая ширина русла, определяемая как среднее арифметическое нескольких измерений ширины русла на исследуемом участке долины реки, м.

9. $I_б$ - бытовой уклон свободной поверхности, равный уклону долины в месте перехода.

10. $УВВ_Q$ - уровень высокой воды, при котором известно распределение общего расхода между элементами живого сечения долины - руслом и поймами, м.

11. Q - общий расход при $УВВ_Q$, м^3/с.

12. $Q_{рб}$ - русловой бытовой расход при $УВВ_Q$, м^3/с

13. $УВВ_Т$ - уровень высокой воды типового водомерного графика паводка при выполнении расчетов по серии типовых паводков, м.

14. $t_{пд}$ - время подъема типового паводка, сут.

15. $t_{пв}$ - продолжительность типового паводка, сут.

16. «0» графика - высота «0» графика по оси перехода, м.

17. $L_М$ - отверстие верхового моста в свету, м.

18. $L_{вх}$ - ширина входного сечения в зону, охватываемую струенаправляющими дамбами, м.

19. X - расстояние от границы разливало середины моста со стороны малой поймы, м (рис. 32.8).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

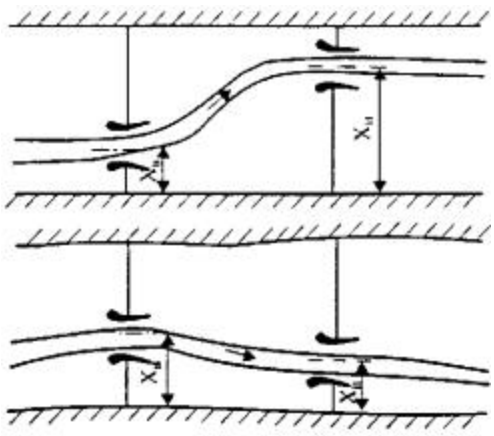


Рис. 32.8. Схема к определению зон влияния пойм разной ширины

20. $l_д$ - длина зоны, охватываемой струенаправляющей дамбой верхового моста, м.

21. $l_р$ - длина зоны растекания за верховым мостом, м. Определяется одним из следующих способов:

по приближенной формуле:

$$l_р = 2\frac{B_0 - L_м}{1 + \frac{l_{мп}}{l_{бп}}},$$ где

(32.19)

$l_{мп}$, $l_{бп}$ - ширина малой и большой пойм, соответственно, м;

по результатам теоретического построения планов течения на, мостовом переходе;

на основе результатов моделирования в гидравлических лотках, либо по данным натурных наблюдений на ближайших существующих мостовых переходах.

22. $L_{мн}$ - отверстие низового моста в свету, м.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

23. $L_{вхн}$ - ширина входного сечения в зону, охватываемую струенаправляющими дамбами низового моста, м.

24. $X_н$ - расстояние от середины моста до границы разлива со стороны той же, что и для верхового моста поймы, м (см. рис. 32.8).

25. $l_{дн}$ - длина зоны, охватываемой струенаправляющими дамбами низового моста, м.

26. $l_{рн}$ - длина зоны растекания потока за низовым мостом, м.

Определяется одним из способов, изложенных в п. 21.

27. $l_б$ - длина исследуемого участка реки ниже зоны растекания, м.

Назначается пользователем в зависимости от целей расчета, но не менее $l_б \geq l_р$.

28. l - расстояние от входного сечения в зону, охватываемую струенаправляющими дамбами низового моста, до низовых струенаправляющих дамб верхового моста, либо до створа плотины, м (см. рис. 32.3,а).

29. n - показатель степени, характеризующий закон растекания сжатого потока за мостом (рис. 32.9).

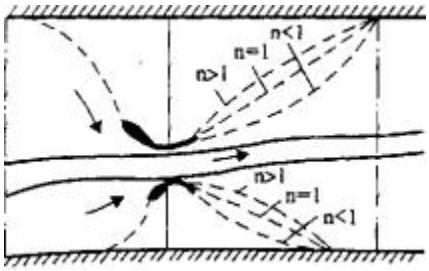


Рис. 32.9. Возможные схемы растекания потока за мостом

Значение n в пределах от 0,6 до 2,0 принимают тем большим, чем меньше ширина разлива, меньше шероховатость пойм и чем больше глубина их затопления. Значения n в каждом случае могут быть уточнены теоретическим построением планов течений в нижних бьефах мостовых переходов, данными моделирования в гидравлических лотках, а также по результатам натурных наблюдений. Обычно принимают для равнинных рек $n = 0,75$.

30. Dl - расчетный интервал длины, м.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Принимают равным не более Dl £ (0,1-0,125)$l_{сж}$, где $l_{сж}$ - длина зоны сжатия потока перед мостом, принимаемая равной $l_{сж}$ = 0,5l_p. Длина зоны растекания потока за мостом l_p определяется по формуле (32.19).

31. Dt - расчетный интервал времени, сут. Принимают равным не более Dt £ 0,33 сут.

Значения Dt принимают обязательно кратными 1 суткам (0,333..., 0,25, 0,1666... и т.д.). Предпочтительным является интервал времени в пределах Dt = 0,1 - 0,25 сут. Если в зоне растекания потока появляются всплески отметок дна (рис. 32.10), либо если происходит зацикливание счета, интервал времени Dt t следует уменьшать до тех пор, пока всплески не исчезнут.

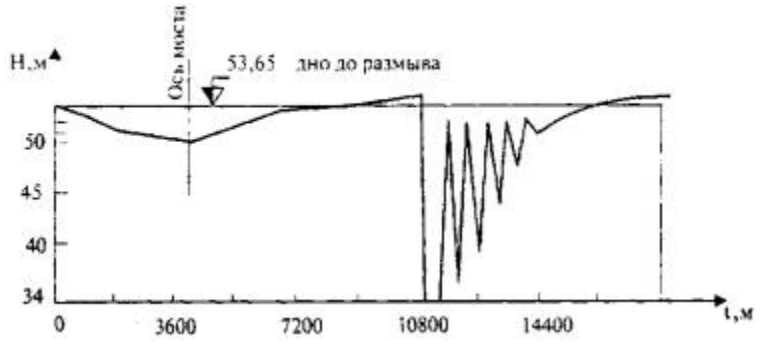
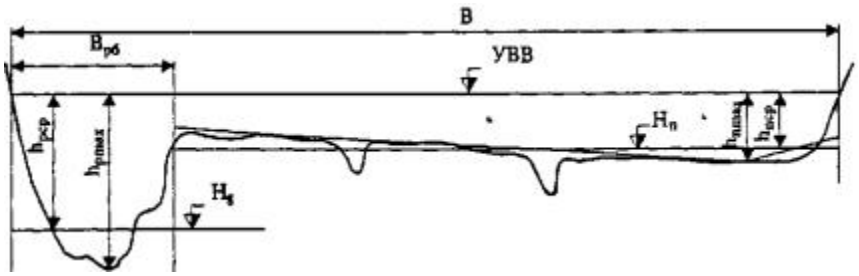


Рис. 32.10. Всплески отметок дна в зоне растекания при преувеличенных расчетных интервалах времени

Расчетный интервал времени следует принимать тем меньшим, чем меньше длительность паводка, чем больше стеснен поток и чем мельче переносимые рекой наносы.

32. a_n - коэффициент поймы (отношение средней из наибольших глубин на пойме в пониженных местах к средней глубине на всей пойме), считая от $УВВ_Q$ (рис. 32.11).

33. a_p - коэффициент формы русла (отношение максимальной глубины русла к средней), считая от $УВВ_Q$ (см. рис. 32.11).



Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Рис. 32.11. Продольный профиль по оси мостового перехода

34. K_n - количество рассчитываемых паводков.

В зависимости от видов производимых расчетов, некоторые из перечисленных выше значений определяются программой автоматически.

III. Файл измененных длин расчетных интервалов

Данный файл содержит пары следующих значений:

номер расчетного интервала;

значение измененной длины соответствующего интервала, м.

При формировании исходных данных (после подготовки и ввода основного файла), данный файл готовится автоматически вводом одинаковых интервалов, равных расчетному в основном файле (п. 30).

Целью дополнительного ввода данных (измененных длин интервалов) является точное размещение расчетных створов в необходимых сечениях (например, створ входного сечения в зону, охватываемую струенаправляющими дамбами, створ по оси моста, створ конца струенаправляющих дамб и т.д.).

IV. Файл измененных проекций длин расчетных интервалов

Данный файл, необходимый при учете извилистости русла реки, содержит пары следующих значений: номер проекции расчетного интервала на ось долины реки; значение измененной проекции длины расчетного интервала, м.

При формировании исходных данных (после подготовки и ввода основного файла), данный файл готовится автоматически вводом одинаковых интервалов, равных расчетному в основном файле (п. 30). Целью дополнительного ввода данных (измененных длин интервалов) является учет извилистости русла реки (рис. 32.12.) и точное размещение расчетных створов в необходимых сечениях (например, створ входного сечения в зону, охватываемую струенаправляющими дамбами, створ по оси моста, створ конца струенаправляющих дамб и т.д.).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

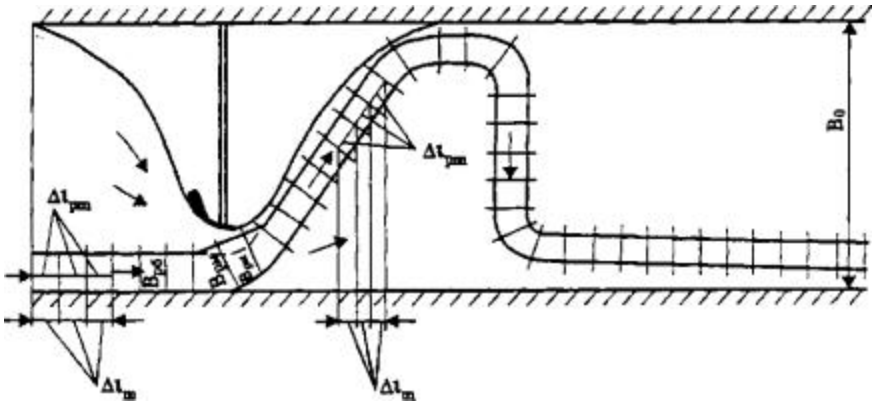


Рис. 32.12. Схема к определению проекций расчетных интервалов длины на ось долины реки при учете извилистости русла

V. Файл измененных высот (отметок) дна русла

Данный файл содержит пары следующих значений:

номер расчетного створа;

значение средней высоты (отметки) дна русла в данном створе с учетом поправки на уклон водотока, вводимой вверх по течению со знаком минус (-) и вниз - со знаком плюс (+), м.

Данный файл обычно используют при выполнении специальных расчетов (например, расчет деформаций русловых карьеров, расчет взаимодействия русловых карьеров с мостовыми переходами и другими гидротехническими сооружениями на реках и т.д.).

VI. Файл измененных высот (отметок) геологического ограничения размыву

Данный файл содержит пары следующих значений:

номер расчетного створа;

значение средней высоты (отметки) геологического ограничения размыва в заданном створе, м.

Данный файл используют при резком изменении высот кровли неразмываемых коренных пород по длине реки.

VII. Файл измененных ширин русла

Данный файл содержит пары следующих значений:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

номер расчетного створа;

значение измененной ширины русла в данном створе, м.

Данный файл обычно используют для учета переменной ширины русла на исследуемом участке речной длины и для учета влияния срезки (искусственного уширения русла) на величину расчетного общего размыва.

VIII. Файл координат типового водомерного графика

Данный файл содержит пары следующих значений:

текущее время от начала типового паводка, сут;

уровень воды, м.

Количество узлов интерполяции должно быть обязательно нечетным: не менее 5 и не более 99. Пример построения типового водомерного графика на р. Дон представлен на рис. 32.13.

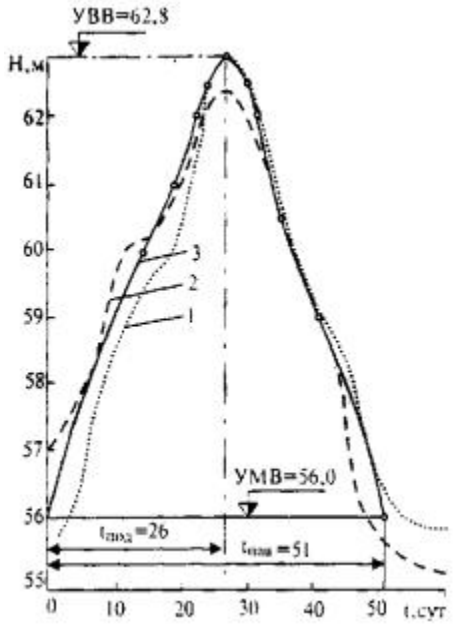


Рис. 32.13. Пример построения типового водомерного графика $H_m = f(t)$ на мостовом переходе через р. Дон:
1 - поводок 1942 г.; 2 - паводок 1963 г.; 3 - типовой водомерный график; о - узлы интерполяции

IX. Файл максимальных годовых уровней воды

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Файл содержит величины максимальных наблюденных уровней высокой воды, приведенные к высотам водопоста по оси мостового перехода. Максимальное число вводимых уровней до 81.

Файл используют лишь при расчетах по серии типовых паводков.

X. Файл координат кривой связи водопостов

Файл содержит пары величин (см. рис. 32.6):

уровень базового водопоста, м;

уровень водопоста по оси рассчитываемого мостового перехода, м.

Количество узлов интерполяции, принимаемое не менее 3-х и не более 25, должно быть обязательно нечетным.

Данный файл является обязательным при расчетах мостовых переходов, работающих в условиях подпора по серии натурных паводков.

XI. Файл ежедневных уровней натурных паводков

Ежедневные уровни в отсчетах рейки опорного водопоста представляют в см. Максимальная продолжительность каждого из представляемых натурных паводков 162 суток.

В случае, если длительность паводка превышает 162 суток, последний представляется в виде двух паводков с суммарной продолжительностью, равной фактической длительности рассчитываемого паводка.

XII. Файл ежедневных расходов натурных паводков

Ежедневные расходы представляют в $м^3/с$.

Данный файл используют при расчетах мостовых переходов, работающих в условиях искусственного (водохранилища) или естественного (сгонно-нагонные явления, заторы, зажоры и т.д.) подпора, а также в условиях регрессивной эрозии. Каждый ежедневный расход должен точно соответствовать уровню того же дня.

Максимальное число ежедневных расходов каждого паводка - 162.

В случае, если длительность паводка превышает 162 суток, последний представляется в виде двух паводков с суммарной продолжительностью, равной фактической длительности рассчитываемого паводка.

XIII. Файл фракционного состава донных отложений

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Файл необходим при пофракционных расчетах русловых деформаций в резко разнозернистых грунтах с учетом возможной отмостки дна русла крупными фракциями.

В расчет вводят процентное содержание (%) в составе донных отложений следующих фракций, мм: 0,10-0,25; 0,25-0,5; 0,5-1; 1-2; 2-5; 5-10; 10-20; 20-40; 40-60; 60-100; 100-200; 200-300; 300-400.

В результате комплексного расчета по программе «Рома» на печать в виде таблиц, а также в виде графиков, выводимых на экран монитора и на печать, выдается следующая информация.

I. Фактический водомерный график и гидрограф паводка

Данные представляются в виде таблицы, которая содержит:

текущее время, сут;

уровень воды, м;

расход, $м^3/с$.

II. Расчетный водомерный график и тахограф паводка

С интервалом в 1 сут для каждого рассчитанного паводка в виде таблицы выдаются данные:

русловой расход, $м^3/с$;

пойменный расход, м/с;

время от начала паводка, сут;

уровень, м;

максимальная наблюдаемая на рассчитываемом участке русловая средняя скорость течения, м/с.

III. Результаты расчета

Результаты расчета формируются для каждого рассчитанного паводка на его пике и после его прохода. Таблица для каждого расчетного створа представляется следующими данными:

номер рассчитанного паводка;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

интервал длины, м;

проекция интервала длины, м;

ширина потока, м;

ширина русла, м;

величина подпора, м;

средняя высота (отметка) дна русла, м;

средняя русловая скорость течения, м/с.

На рис. 32.14 представлены результаты (в графической форме) расчета свободной поверхности потока и русловых деформаций для проектируемого мостового перехода через р. Оку, расположенного в 4,3 км выше существующего.

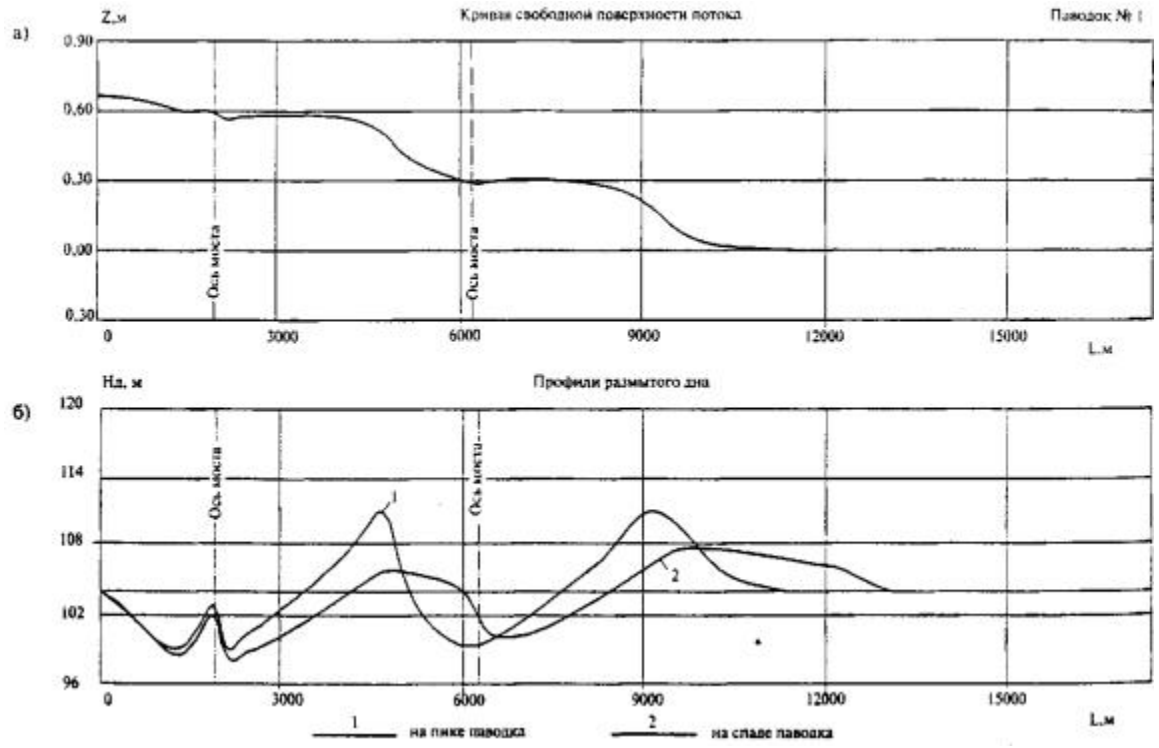


Рис. 32.14. Результаты расчета по программе «Рома» взаимодействующих мостовых переходов через р. Оку:
а - свободная поверхность потока; б - профили размытого дна вдоль реки

По результатам расчета определены:

1. $H_{рм}$= 101,69 м - средняя высота (отметка) дна в русле под мостом после размыва с учетом влияния искусственного уширения подмостового русла (срезки).

2. $h_{рм} = РУВВ_{1\%} - H_{рм}$ = 116,90 - 101,69 = 15,21 м - средняя глубина в русле под мостом после общего размыва.

3.

$$P = \frac{h_{рж}}{h_{рб}} = \frac{15,21}{12,66} = 1,21$$

- коэффициент общего размыва.

4. $H_{рм\max} = РУВВ_{1\%} - a_{рб}h_{рм}$ = 116,90 - 1,13´15,21 = 99,71 м - минимальная высота дна в русле под мостом после общего размыва.

5. Dz_0 = 0,67 м - начальный подпор.

6. Dz = 0,67 м - полный подпор.

7. $Dz_н = Dz + l_z I_б$ = 0,67 + 1800´0,00012 = 0,89 м - подпор у насыпи.

8. $Dz_м$ = 0,60 м - подмостовой подпор.

32.5. Программа расчета уширений русел на мостовых переходах «Рур»

Теоретический метод расчета уширений русел на мостовых переходах по уравнению баланса наносов (32.5), разработанный в Гипротрансмосте в 1973 году Г.А. Федотовым и реализованный в виде программы «Рур» (Программа «Рома» для персональных компьютеров IBM PC разработана С.Э. Шпаком), сводится к следующему.

Изучая ежегодные графики колебания уровней воды в реках, можно заметить, что чем выше уровень воды, тем короче время, в течение которого он бывает превышен более высокими. Самые высокие уровни достигаются далеко не каждый год, а лишь в редкие и исключительные по высоте паводки. Наинизший уровень межени, наоборот, в течение любого годового цикла бывает превышен более высокими уровнями. Рассматривая многолетний ход уровней во времени для каждого створа водотока на основе данных многолетних наблюдений за уровнями, может быть построен график

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$H = f\left(\frac{\sum_{j=1}^{k} t_j}{n}\right),$$

характеризующий среднемноголетнюю продолжительность превышения любого *j*-го уровня амплитуды более высокими (рис. 32.15). Эта среднемноголетняя характеристика гидрологического режима водотока - основа расчета возможных уширений русел на мостовых переходах.

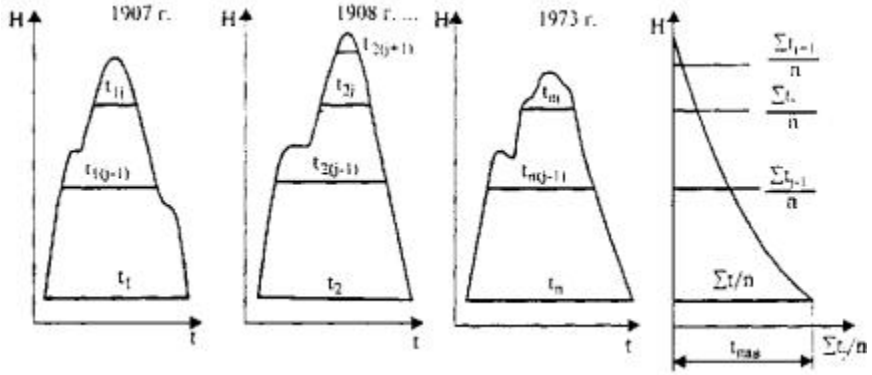


Рис. 32.15. Схема к построению графика

$$H = f\left(\frac{\sum \Delta t_j}{n}\right)$$

Каждому уровню графика

$$H = f\left(\frac{\sum_{j=1}^{k} t_j}{n}\right)$$

отвечает вполне определенный общий и русловой бытовой расходы. Наименьший расход будет при наинизшем уровне меженних вод, однако время его воздействия на русло наибольшее и, наоборот, наибольший русловой расход будет при уровне «максимум-максиморум», время же его воздействия практически равно нулю.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Уровень, при котором воздействие расхода на русло наибольшее, называют **руслоформирующим уровнем воды** (РУВ).

Задача определения размеров возможного уширения русла на мостовом переходе сводится, главным образом, к определению руслоформирующего уровня (РУВ). При частом затоплении пойм РУВ обычно лежит выше средней отметки поймы, при редком затоплении - ниже. Если руслоформирующий уровень лежит ниже средней отметки поймы, то влияние мостового перехода на формирование русла оказывается ничтожным, поскольку наибольшие объемы стока, определяющие размеры русла, будут проходить при уровнях, когда отсутствует слив в русло пойменных вод и перегрузка его дополнительным расходом, т.е. руслоформирующий расход не изменится. Река в этом случае не потерпит принудительного изменения ширины подмостового русла и через некоторое время восстановит его бытовые размеры.

При частом затоплении пойм РУВ расположен выше средней отметки поймы, а соответствующий ему руслоформирующий расход окажется увеличенным за счет слива в русло под мост дополнительного расхода с части пойм, занятой непереливаемыми подходами. Очевидно, этому новому руслоформирующему расходу должно отвечать подмостовое русло большей ширины $B_{рм} \geq B_{рб}$ и большей глубины $h_{рм} \geq h_{рб}$.

Изменение отношения ширины к глубине русла при увеличении руслоформирующего расхода в $b_{ру}$ раз за счет слива пойменных вод можно найти из известного, установленного многими исследователями русловых потоков, соотношения пропорциональности $hB^{1|4} \sim Q^{1|2}$.

Откуда степень возможного уширения русла под мостом:

$$\gamma = \frac{B_{рм}}{B_{рб}} = \beta_{ру}^{0,93}.$$

Согласно закону сохранения материи новое уширенное русло будет устойчивым во времени только в том случае, если среднемноголетний объем притока наносов к подмостовому сечению будет равен среднемноголетнему объему выноса наносов из-под моста. Если среднемноголетний объем притока наносов к мосту превалирует над их выносом, то назначенное уширение русла излишне, и река частично или полностью заилит искусственное уширение. Если выносимый объем наносов из-под моста превалирует над объемом их поступления, то можно еще

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

уширить русло до размеров, при которых размывы и заносы подмостового русла за расчетный период будут взаимно компенсироваться.

Таким образом, расчет боковых деформаций русел, также как и глубинных, базируется на основе решения уравнения баланса наносов (32.5), т.е. на законе сохранения твердой фазы руслового потока.

Порядок детального расчета уширений подмостовых русел состоит в следующем.

Методика расчета уширений подмостовых русел, реализованная в виде программы «Рур», позволяет при проектировании мостовых переходов решать следующие задачи:

определять координаты зоны возможного самоуширения русла (т.е. определять ту наиболее вероятную плановую конфигурацию русла, которую обязательно выполнит сама река после строительства мостового перехода);

определять координаты зоны искусственного уширения (т.е. определять плановые очертания того наибольшего искусственного уширения русла, которое река в месте перехода еще способна принять без заиления в течение длительного периода времени);

рассчитывать вероятное естественное уширение (самоуширение), а также искусственное уширение русел (срезку) при геологическом ограничении глубинному размыву;

определять оптимальные отверстия мостов с учетом уширения подмостовых русел;

исследовать влияние различных факторов на степень возможного уширения подмостовых русел.

В основу методики расчета уширений русел на мостовых переходах положено уравнение баланса наносов (32.5). Таким образом, физическая основа расчета боковых и глубинных деформаций русел одна и та же - закон сохранения материи. Результаты расчета боковых деформаций русел служат для обоснованного назначения генеральных размеров мостовых переходов и, в частности, отверстий мостов и срезок под мостами. Эти основные характеристики используют для изложенного выше комплексного расчета мостовых переходов.

Порядок детального расчета размеров срезок пойменных берегов следующий.

1. Используя график функции

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$H = f\left(\frac{\sum \Delta t_j}{n}\right)$ (см. рис. 32.15) с шагом Dt_j определяют по формуле (32.9) расходы наносов руслоформирующих фракций для каждого *j*-го уровня и вычисляют среднемноголетний объем $W_б$ притока наносов к мосту:

$$W_б = \sum_{j=1}^{k} G_{бj} \Delta t_j,$$ где

$G_{бj}$ - бытовой расход наносов руслоформирующих фракций, м^3/с;

Dt_j - расчетный интервал времени, с.

2. Задавшись руслоформирующим уровнем РУВ выше средней отметки поймы, определяют в первом приближении ширину русла в *m*-м створе по формуле:

$$B_{рт} = \beta_{ру}^{0,93} B_{рб},$$ где

$b_{ру}$ - степень стеснения потока, определяемая по формуле:

$$\beta_{ру} = \frac{Q}{Q_{рб} + q_{пб}\left(B_т - B_{рт}\right)},$$ где

Q, $Q_{рб}$ - общий и русловой бытовой расходы при руслоформирующем уровне РУВ, м^3/с;

$q_{пб}$ - погонный бытовой расход на пойме, м^3/с/м;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

B_m - ширина потока в m-м створе, м;

$B_{рб}$, $B_{рm}$ - бытовая ширина русла и ширина русла в m-м створе, соответственно, м. Определяют также среднюю высоту (отметку) размытого дна русла:

$$H_{рm} = РУУ - h_{рб}\beta_{ру}^{0,27},$$ где

$h_{рб}$ - средняя бытовая глубина в русле при руслоформирующем уровне $РУВ$.

3. Используя график функции

$$H = f\left(\frac{\sum \Delta t_j}{n}\right)$$ с шагом Dt_j определяют по формуле (32.9) расходы наносов руслоформирующих фракций для каждого j-го уровня и вычисляют среднемноголетний объем W_m выноса наносов за пределы m-го створа для предварительно вычисленных $B_{рm}$ и $H_{рm}$:

$$W_m = \sum_{j=1}^{k} G_{mj}\Delta t_j,$$ где

G_{mj} - расход наносов руслоформирующих фракций при j-м уровне воды в m-м створе.

4. Если выносимый объем наносов превалирует над объемом притока наносов к m-му створу русла, т.е. $W_m > W_б$, то руслоформирующий уровень РУВ несколько повышают, а при $W_m < W_б$, наоборот, понижают и при новых значениях $B_{рm}$ и $H_{рm}$ вновь вычисляют среднемноголетний объем W_m выноса наносов. Расчет повторяют до тех пор, пока объем выноса наносов не станет равным бытовому их притоку к т-у створу русла, т.е. $W_m = W_б$.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

5. Вычислив окончательно новые размеры русла в *m*-м створе, все вычисления повторяют для *m*+1-го створа и т.д.

32.6. Исходная информация и результаты расчета по программе «Рур»

Для расчета по программе «Рур» уширения русла на мостовых переходах требуется подготовка следующих файлов исходных данных.

I. Файл названий объектов расчета

Данный файл содержит:

Названия рассчитанных или подлежащих расчету объектов.

II. Основной файл исходных данных

В этот файл пользователь вводит:

1. $H_д$ - средняя высота (отметка) дна русла до размыва, м (см. рис. 32.7, ф-ла 32.17).

2. d - средний диаметр донных отложений, мм.

3. $H_г$ - средняя геодезическая высота кровли коренных пород, служащих ограничением общему размыву, м.

4. $H_п$ - средняя отметка поймы, м (ф-ла 32.18).

5. B_0 - ширина разлива при высоких уровнях воды в паводки, м.

6. $B_{рб}$ - бытовая ширина русла, определяемая как среднее арифметическое нескольких измерений ширины русла на исследуемом участке долины реки, м.

7. $УВВ_Q$ - уровень высокой воды, при котором известно распределение общего расхода между элементами живого сечения долины реки в месте перехода (руслом и поймами), м.

8. Q - общий расход при уровне УВВд , $м^3/с$

9. $Q_{рб}$ - русловой бытовой расход при уровне УВВд , $м^3/с$

10. $t_{пв}$ - средняя многолетняя продолжительность паводка при наинизшем уровне, определяемом графиком

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$H = f\left(\frac{\sum \Delta t_j}{n}\right)$$, сут.

11. L_M - отверстие моста в свету, м.

12. $L_{вх}$ - ширина входного сечения в зону, охватываемую струенаправляющими дамбами, м.

13. X - расстояние от границы разливало середины моста со стороны малой поймы, м (см. рис. 32.8).

14. $l_д$ - длина зоны, охватываемой струенаправляющими дамбами, м.

15. l_p - длина зоны растекания потока за верховым мостом, м (ф-ла 32.19).

16. n - показатель степени, характеризующий закон растекания потока за мостом (см. рис. 32.9). Значение n в пределах от 0,6 до 2 принимают тем большим, чем меньше ширина разлива, меньше шероховатость пойм и чем больше глубина на поймах. Обычно для равнинных рек принимают n = 0,75.

17. Dl - расчетный интервал длины, м.

18. Dt - расчетный интервал времени, сут. Обычно принимают равным от 0,33 до 0,5 сут, но обязательно кратным 1 суткам.

19. a_n - коэффициент поймы (отношение средней из наибольших глубин на пойме в пониженных местах к средней глубине на всей пойме, считая от уровня $УВВ_Q$) (см. рис. 32.11).

20. a_p - коэффициент формы русла (отношение максимальной глубины русла к средней, считая от $УВВ_Q$).

21. Dh - допустимая погрешность (точность) определения руслоформирующего уровня РУВ, м. Обычно принимают равной 0,01 - 0,05 м.

III. Файл измененных длин расчетных интервалов

Данный файл содержит пары следующих значений:

номер расчетного интервала;

значение заданной длины данного интервала, м.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

При формировании исходных данных (после завершения ввода в основной файл исходных данных), данный файл формируется автоматически. Однако целью данной операции, в частности, является размещение расчетных створов в необходимых для расчета сечениях: створе голов струенаправляющих дамб, створе моста, створе конца струенаправляющих дамб. При необходимости, пользователь может изменить и дополнить данный файл.

Если пользователь неудачно скорректировал значения этого файла, то существует возможность восстановить первоначальные его величины. Для этого необходимо сначала удалить все строки данного файла, а также файла измененных проекций длин расчетных интервалов (см. ниже). После этого нужно открыть основной файл исходных данных.

IV. Файл измененных проекций длин расчетных интервалов

Данный файл содержит пары следующих значений: номер расчетного интервала;

значение измененной проекции длины расчетного интервала, м.

V. Файл координат расчетной многолетней гидрологической характеристики водотока

В этот файл пользователь вводит координаты функции

$$H = f\left(\frac{\sum \Delta t_j}{n}\right)$$

, представленной в системе геодезических высот (отметок) по оси мостового перехода. Количество узлов интерполяции должно быть нечетным - не менее 3 и не более 29.

На рис. 32.16 представлен образец задания среднемноголетней гидрологической характеристики реки

$$H = f\left(\frac{\sum \Delta t_j}{n}\right)$$

в створе мостового перехода через р. Оку.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

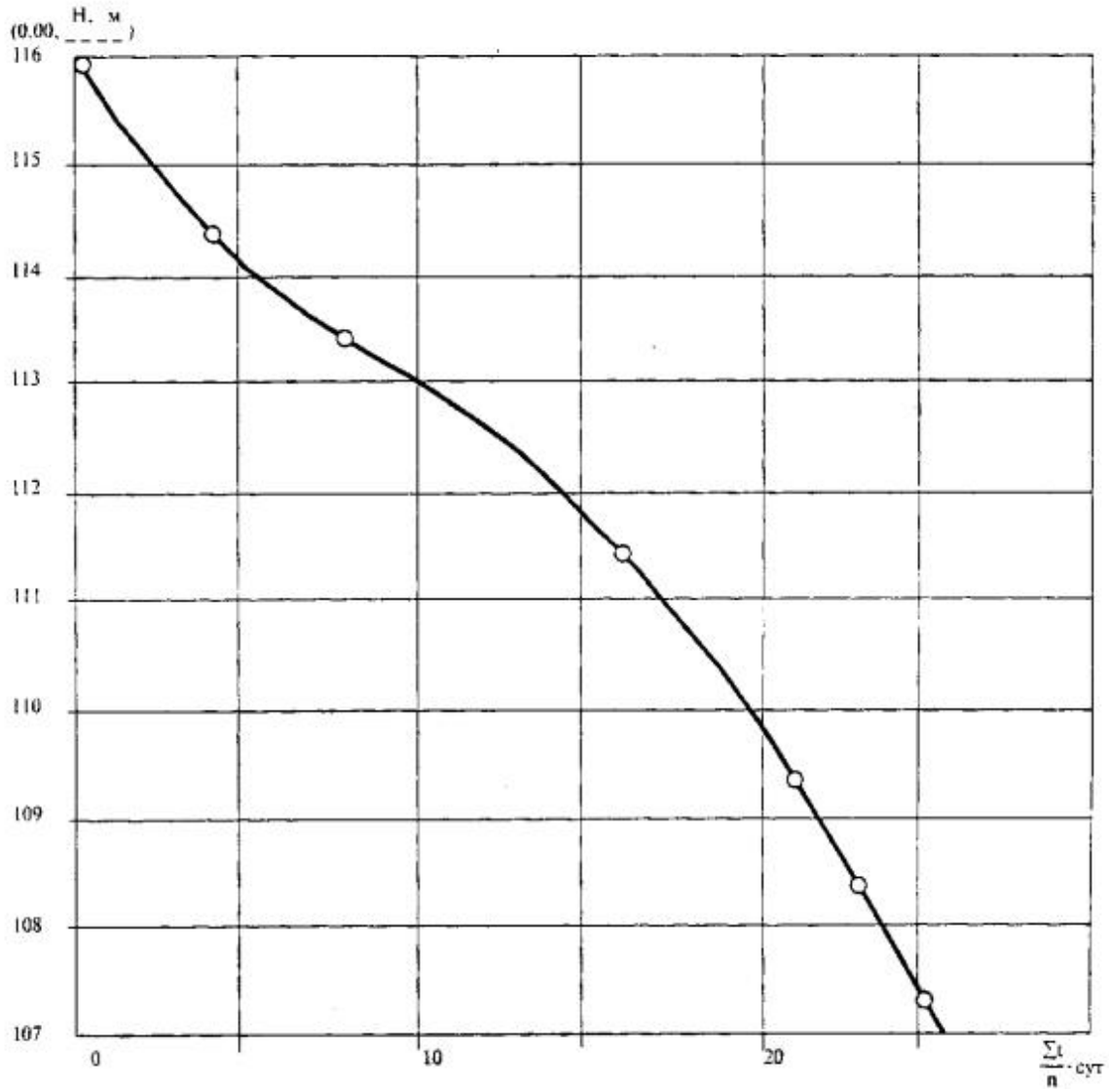


Рис. 32.16. Представление графика

$H = f\left(\frac{\sum \Delta t_j}{n}\right)$ 7-ю узлами интерполяции для створа мостового перехода через р. Оку

Результаты расчета

Результаты расчета по программе «Рур» представляются в табличной форме и в виде графиков, выводимых на экран монитора и на печать:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

номер расчетного интервала;

проекция расчетного интервала, м;

длина расчетного интервала, м;

ширина потока в створе, м;

величина самоуширения в створе, м;

величина максимального искусственного уширения в створе, м;

руслоформирующий уровень, м;

степень стеснения потока.

На рис. 32.17 представлены результаты расчета мостового перехода через р. Оку по программе «Рур».

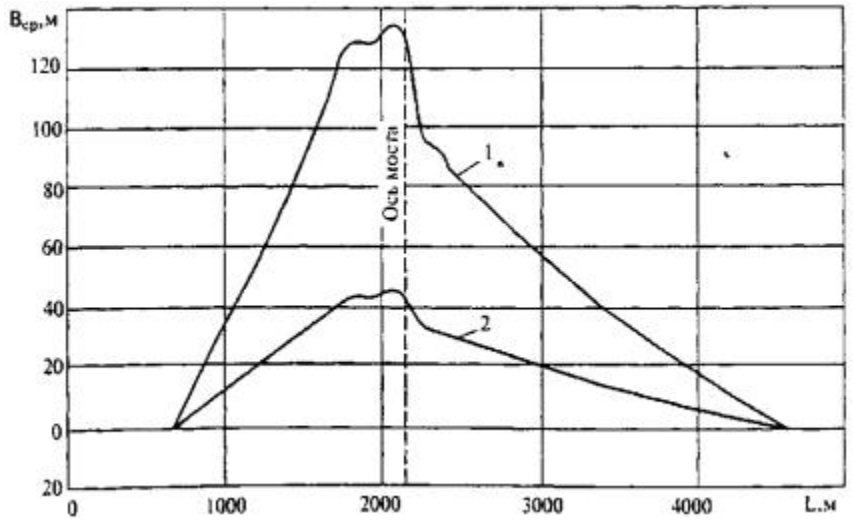
В результате расчета получены следующие данные:

1. b_c = 134 м - максимальная ширина срезки под мостом.

2. $l_c = 6b_c = 6 \cdot 134 \approx 800$ м - общая минимальная длина срезки вверх и вниз по реке.

3. $B_{рм} = B_{рб} + b_c = 374 + 134 = 508$ м - ширина русла под мостом с учетом срезки, вводимая в расчет общего размыва и величины отверстия моста.

4. $L_M = B_{рм} + S b_{оп} + S l_{укр} + 2mh_n = 508 + 20 + 20 + 2 \cdot 2 \cdot 6{,}1 \approx 580$ м - рекомендуемая минимальная величина отверстия моста.



Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Рис. 32.17. График расчета уширений русла на мостовом переходе через р. Оку:
1 - искусственное уширение русла; 2 - самоуширение русла

ГЛАВА 33. МЕТОДЫ РАСЧЕТА СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ РАМП

33.1. Существующие принципы конструктивного решения участков ответвлений и примыканий соединительных рамп

Наиболее сложными и ответственными элементами развязок движения в разных уровнях являются участки ответвлений и примыканий право- и левоповоротных соединительных рамп между пересекающимися дорогами, во многом определяющие уровни удобства и безопасности движения, генеральные размеры узла в целом и его пропускную способность.

Планировочное решение участка ответвления или примыкания соединительной рампы включает переходно-скоростную полосу и последующую переходную кривую. Несмотря на значительный опыт эксплуатации съездов различной конфигурации, до сих пор не установлены единые требования по их наилучшему конструктивному решению. В довоенной практике строительства развязок движения в разных уровнях нашли широкое применение съезды клиновидной формы (США, Австрия, Норвегия, Германия, Бельгия, Франция, Великобритания) (рис. 33.1, а). Впоследствии, например, в 60-х годах в ФРГ в результате теоретико-экспериментальных работ доктора В. Блашке получили распространение съезды криволинейной формы (рис. 33.1, б).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

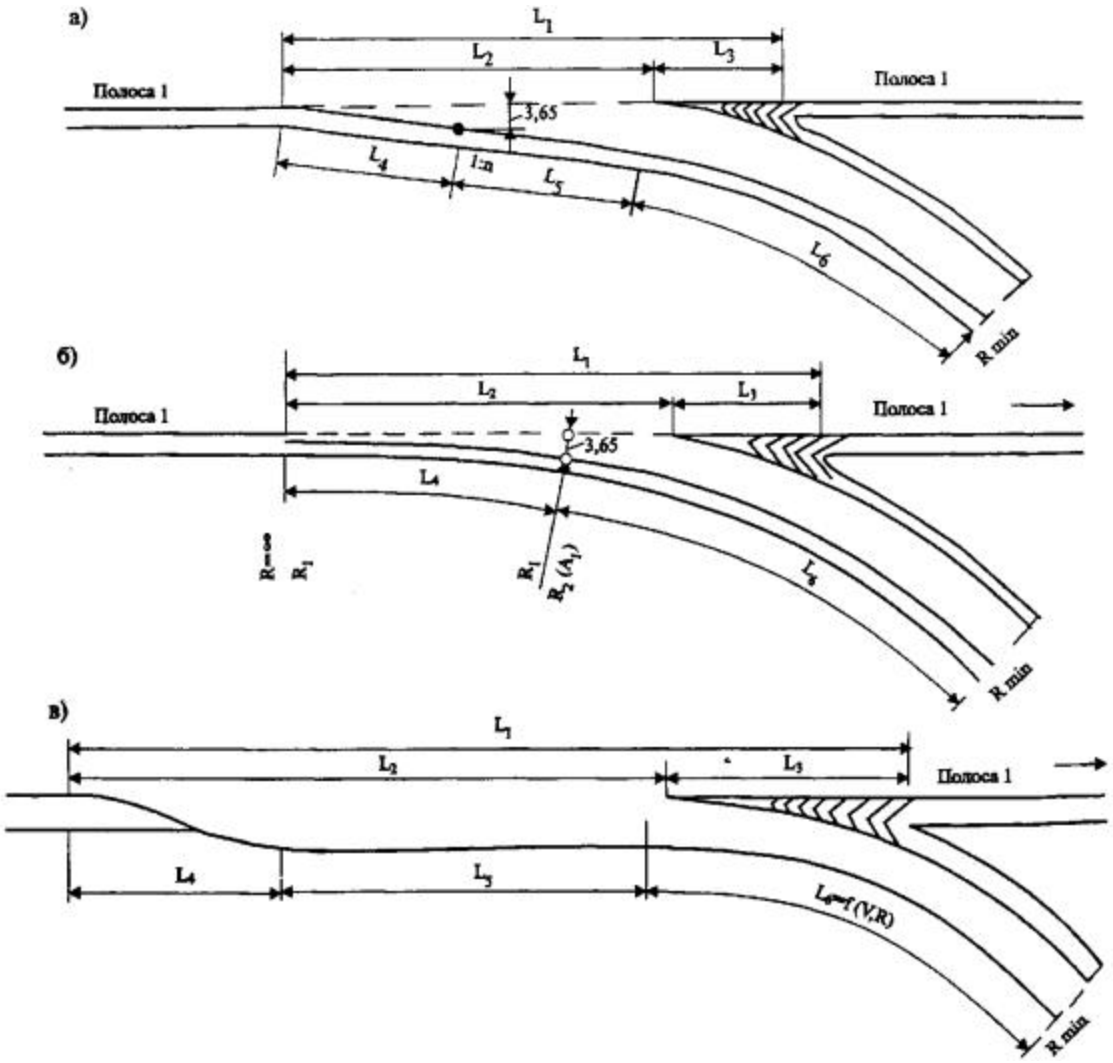


Рис. 33.1. Принципиальные схемы планировочных решений съездов на транспортных развязках:
а - клиновидная; б - криволинейная; в - с переходно-скоростной полосой; соответственно длины: L_1 - зоны ответвления; L_2 - участка ответвления; L_3 - участка разделения кромок и бровок; L_4 - отгона уширения; L_5 - переходно-скоростной полосы; L_6 - переходной кривой

Опыт эксплуатации многочисленных транспортных развязок и широко поставленные экспериментальные наблюдения показали, что съездам клиновидной и криволинейной формы без устройства переходно-скоростных полос одинаково присущи существенные недостатки, главными из которых являются необходимость резкого снижения скоростей для поворота транспорта в пределах основной полосы движения при съезде с автомобильной магистрали и возникающие затруднения вливания транспортных средств в основной поток при въезде на автомобильную магистраль вследствие большой разницы в скоростях транспортных потоков.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

В 50-х годах в США, а позже в ФРГ и других странах при проектировании развязок стали предусматривать конструкцию въездов и съездов с переходно-скоростной полосой длиной не менее 120 м при длине отгона уширения 80 м (рис. 33.1, в). Этот тип конструктивного решения съезда на ответвлениях и примыканиях соединительных рамп оказался наиболее удачным. В Российской Федерации действующими техническими нормами также установлено применение переходно-скоростных полос на ответвлениях и примыканиях соединительных рамп развязок движения в разных уровнях.

В.А. Федотовым в результате изучения и обобщения опыта проектирования и эксплуатации развязок движения в разных странах были сформулированы основные принципы конструктивного решения участков ответвлений и примыканий соединительных рамп:

основу конструктивного решения участков ответвлений и примыканий составляют тип и геометрические параметры переходных кривых, отгон уширений и поперечного уклона по длине, вертикальная планировка поверхности, обеспечивающая контроль за действием физических параметров движения и водоотвод с проезжей части и земляного полотна;

поскольку участки въездов и съездов являются узкими местами развязок движения в разных уровнях, то качество их функционирования во многом зависит от обоснованного назначения типа и параметров переходных кривых и, прежде всего, от угла примыкания. Под углом примыкания понимают угол, образуемый осью переходной кривой в сечении разделения кромок проезжих частей автомагистрали и осью съезда (въезда). Для оценки влияния угла примыкания доктором Д. Дрю была предложена модель, на основе которой устанавливают минимальный интервал между движущимися в основном потоке автомобилями, необходимый для безопасного вливания въезжающих автомобилей. При этом допустимый интервал (а, следовательно, и вероятное время ожидания) оказывается тем больше, чем больше угол примыкания;

решение геометрических характеристик съездов (въездов) считают хорошим, если обеспечивается скорость транспортных средств на ответвлениях или примыканиях, близкая к скорости основного потока;

тип переходных кривых на участках ответвлений и примыканий соединительных рамп должен, как правило, отвечать условию движения по ним автомобилей с переменной скоростью. Не следует допускать формального применения клотоид, отвечающих условию движения автомобилей с постоянной скоростью, и заимствование их параметров и длин из технических норм для проектирования собственно автомобильных дорог, так как эти клотоиды совершенно непригодны для участков ответвлений и примыканий вследствие движения по ним автомобилей с переменной скоростью (замедленно или ускоренно) и недостаточной их длины, в частности для отгона виража;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

длины переходных кривых на участках ответвлений и примыканий соединительных рамп должны удовлетворять условиям разделения кромок проезжих частей дороги и съезда, бровок земляного полотна и последующего отгона виража в их пределах. При этом углы касательных в сечении разделения кромок должны иметь наименьшие значения.

Выбор необходимой схемы участков ответвлений или примыканий зависит от конкретных условий. На участке между смежными левоповоротными рампами развязок типа «клеверный лист» ответвления и примыкания с переходно-скоростной полосы осуществляют по схеме 1 (рис. 33.2). Эту схему также нередко применяют на участках ответвлений правоповоротных рамп с продолжением переходно-скоростной полосы за место разделения кромок с целью обеспечения возможности водителю, принявшему неправильное решение маневра съезда, вновь вернуться на автомагистраль.

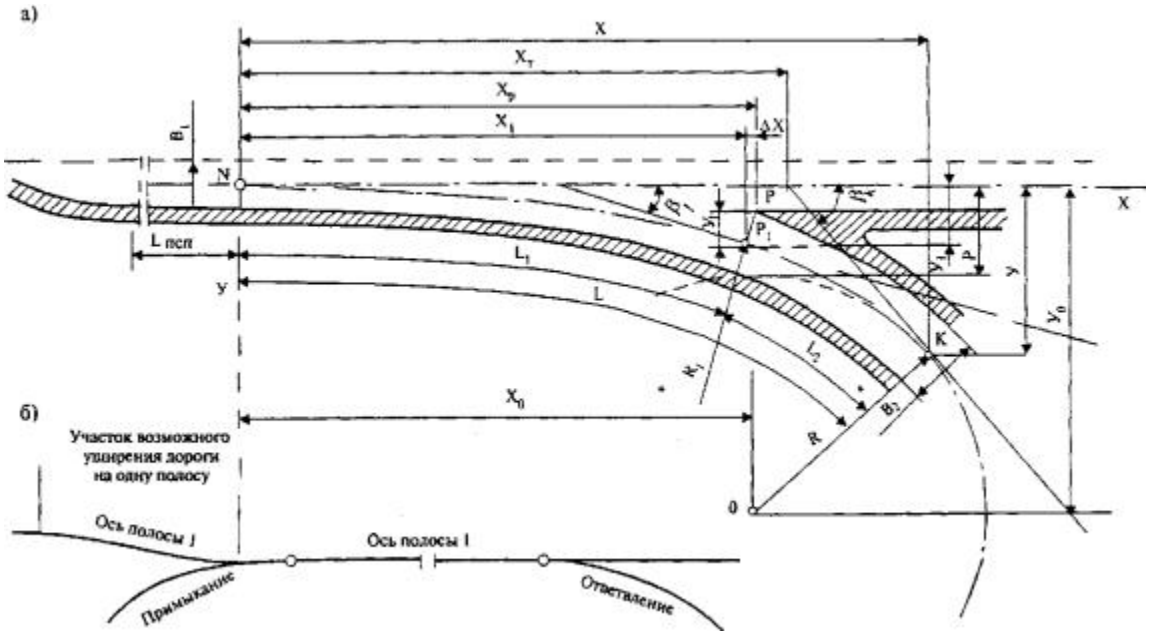


Рис. 33.2. Схема участка ответвления или примыкания с переходно-скоростной полосой без введения на межпетлевом участке дополнительной полосы движения (схема 1):
а - геометрические элементы, полученные расчетным путем; б - общая схема примыкания или ответвления

В случае, если на межпетлевом участке вводят дополнительную полосу движения для создания благоприятных условий переплетения съезжающих и въезжающих транспортных потоков, ответвления и примыкания осуществляют по схеме 2 (рис. 33.3). Такое решение, позволяющее увеличить пропускную способность наиболее распространенных развязок типа «клеверный лист» (до 1,5 раз), получило широкое распространение в странах Западной Европы (например, в

Германии). Эта же схема превалирует на примыканиях правоповоротных соединительных рамп.

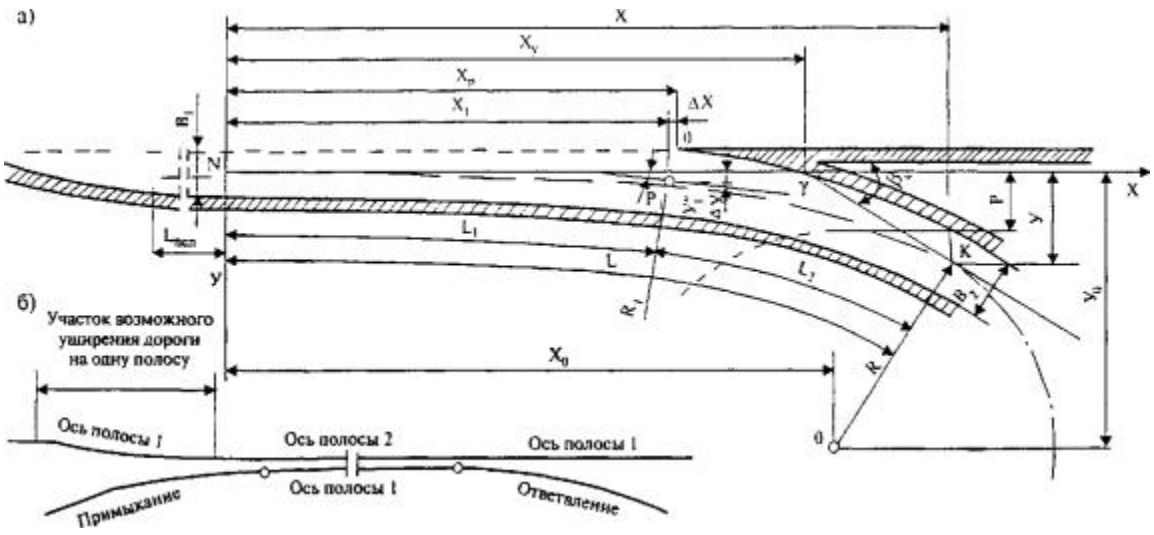


Рис. 33.3. Схема участка ответвления или примыкания с переходно-скоростной полосой с введением на межпетлевом участке дополнительной полосы движения (схема 2):
а - геометрические элементы, получаемые расчетным путем; б - общая схема ответвления или примыкания

33.2. Переходные кривые, требования к ним и методы их расчета

Комплексная задача установления наилучшей, с точки зрения условий движения транспортных потоков, пространственной геометрии участков ответвлений и примыканий соединительных рамп состоит в решении поверхности виража или вертикальной планировки, обусловливаемой:

типом и параметрами переходной кривой;

закономерностями изменения поперечного уклона виража и уширения проезжей части;

продольным профилем дороги;

продольным профилем съезда (въезда).

При проектировании участков ответвлений и примыканий соединительных рамп между пересекающимися дорогами долгое время формально применяли кривые типа клотоиды без анализа физических параметров движения автомобилей с переменными скоростями, характерными для транспортных потоков в пределах пересечений в разных уровнях.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Накопленный опыт эксплуатации развязок движения в разных уровнях, а также ряд фундаментальных теоретико-экспериментальных исследований позволили установить тот факт, что основным видом движения транспортных средств на участках ответвлений и примыканий соединительных рамп развязок является движение с переменной скоростью: замедленное - на съездах и ускоренное - на въездах. При этом закон изменения кривизны клотоиды и, соответственно, поперечного уклона виража, как правило, не соответствует физическим параметрам движения автомобилей с переменной скоростью. Именно по этой причине, начиная с конца 50-х годов, было сделано много предложений по использованию на участках ответвлений и примыканий соединительных рамп переходных кривых особого типа - кривых переменной скорости (В. Блашке, Б.И. Шапиро, Б.Г. Корнеев, В.М. Визгалов, В.А. Федотов).

Существенные по объему и значимости теоретико-экспериментальные исследования переходных кривых различных типов на участках ответвлений и примыканий соединительных рамп были выполнены в 70-х годах В.А. Федотовым и, в частности, сформулированы основные требования, предъявляемые к ним:

обеспечение плавного изменения положения передних колес относительно продольной оси автомобиля плавным вращением рулевого колеса;

обеспечение постепенного изменения центробежного ускорения в соответствии с увеличением или уменьшением кривизны;

возможность устройства отгона поперечного уклона проезжей части между крайними его значениями;

соответствие физическим параметрам движения автомобилей с переменными скоростями при замедлении и ускорении;

обеспечение плавного изменения бокового крена автомобилей при наличии большой разности поперечных уклонов;

удовлетворение эстетическим требованиям пространственной плавности.

Требуемый характер изменения центробежной силы, действующей на автомобиль при движении по закруглению съезда (въезда), может быть достигнут лишь при одинаковом изменении кривизны земляного полотна и отгона поперечного уклона. При этом идеальная переходная кривая должна соответствовать всем перечисленным требованиям и обеспечивать оптимальный характер изменения центробежной силы, кривизны и поперечного уклона в виде плавной линии без переломов на концах.

Переходная кривая типа клотоиды лишь тогда полностью отвечает своему назначению, если движение транспортных средств в ее пределах осуществляется с

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

постоянной скоростью (V = const) и отгон виража происходит на всем протяжении по линейному закону, т.е. без размещения вертикальных вогнутых и выпуклых кривых в образующиеся изломы продольного профиля. Оба эти требования при проектировании соединительных рамп развязок (особенно лево по воротных) во многих случаях оказываются невыполнимыми. Движение автомобилей с переменной скоростью приводит к резкому увеличению использования коэффициента сцепления колеса с дорогой, что существенно снижает безопасность движения.

Однако при радиусах закругления в плане более 100-200 м снижение (или увеличение) скоростей движения на участках ответвлений и примыканий развязок в разных уровнях столь несущественно, что негативное влияние законов изменения кривизны и поперечного уклона, свойственных клотоиде, могут мало сказываться на ухудшении условий движения автомобилей. В связи с этим клотоиду весьма часто применяют при проектировании ответвлений и примыканий, особенно правоповоротных соединительных рамп.

Характер изменения угла наклона касательной к кривой, центробежного ускорения и нарастания центробежного ускорения, свойственный клотоиде, представлен на рис. 33.4, б, в. Как видно из рисунка, клотоида характеризуется параболическим законом изменения тангенса угла наклона касательной, линейным законом изменения центробежного ускорения и постоянным значением нарастания центробежного ускорения.

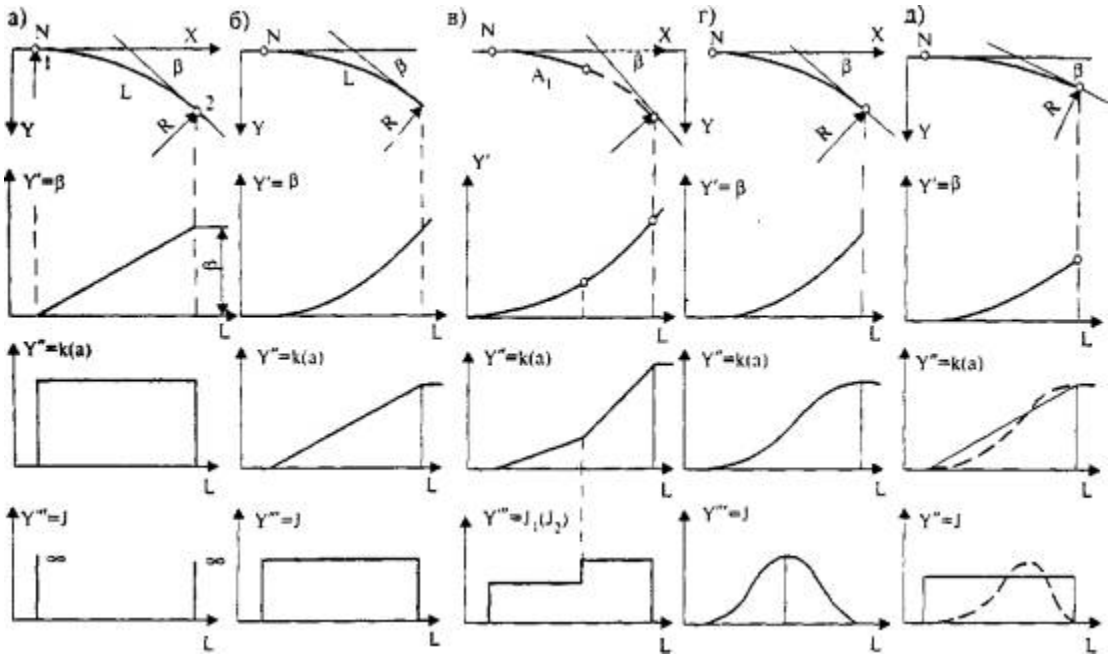


Рис. 33.4. Характер изменения угла наклона касательной к кривой (Y), центробежного ускорения (Y'') и нарастания центробежного ускорения ($Y¢¢¢$) по длине различных типов кривых, используемых в качестве переходных:

а - круговой; б - клотоиды; в - коробовой клотоиды; г, д - переходных кривых переменной скорости (ПЕРС)

В декартовых координатах значения абсциссы «*x*» и ординаты «*y*» точки, находящейся на расстоянии *l* от начала клотоиды параметра *A*, определяют по выражениям:

$$x = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{(n+1)} \frac{l^{(4n-3)}}{2^{(2n-2)}(4n-3)(2n-2)!\,A^{(4n-4)}}$$

(33.1)

$$y = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{(n+1)} \frac{l^{(4n-1)}}{2^{(2n-1)}(4n-1)(2n-1)!\,A^{(4n-2)}},$$

где

(33.2)

n - число членов ряда, обеспечивающее вычисление значений *x* и *y* с заданной точностью (10^{-3} м). При этом угол наклона касательной в конце кривой (в радианах):

$b = L/2R$, где

$R = A^2/L$ - радиус кривизны клотоиды на расстоянии *L* от ее начала, м.

Скорость движения автомобиля при заданном нарастании центробежного ускорения:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$V = \sqrt[3]{A^2 J} = const$, где

J - изменение центробежного ускорения, м/с^3;

A - параметр клотоиды, м.

Свойственный клотоиде неблагоприятный характер изменения кривизны и центробежного ускорения в виде, характеризуемом резким переломом функций в начале и конце кривой, присущ и отгону виража на переходной кривой. С целью исключения существенных недостатков, свойственных клотоиде, в Союздорпроекте В.А. Федотовым было разработано семейство новых типов переходных кривых с идеализацией закона изменения кривизны различными методами: по параболическому закону, сопряженно-параболическому, тригонометрическому, оптимальному и т.д.

Существенное улучшение характера изменения кривизны достигается при задании закона изменения кривизны в виде параболической функции:

$K = \frac{1}{RL^2} l^2$, где

l - текущая координата, м.

Как было установлено в результате анализа, геометрические параметры данной переходной кривой обеспечивают весьма удовлетворительные условия движения по ней автомобилей с переменной скоростью, допускают движение с постоянной скоростью и обеспечивают возможность отгона виража, поскольку изменение поперечного уклона повторяет S-образный график центробежного ускорения (рис. 33.4, д). Переходная кривая этого типа является одной из разновидностей переходных кривых переменной скорости (ПЕРС).

В декартовых координатах значения абсциссы «x» и ординаты «y» точки, находящейся на расстоянии l от начала кривой, определяют по выражениям:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$x = \frac{l^7}{126B^6} + \frac{l^{13}}{25272B^{12}} - \frac{l^{19}}{9972720B^{18}} + \cdots;$$

(33.3)

$$y = \frac{l^4}{12B^3} - \frac{l^{10}}{1620B^9} + \frac{l^{16}}{466560B^{15}} - \cdots;$$ где

(33.4)

B - параметр кривой ПЕРС, м.

При этом угол наклона касательной в конце кривой (в радианах) длиною L:

$b = L/3R$, где

$R = B^3/L^3$ - радиус кривизны в конце кривой ПЕРС параметра B и длиною L. Скорость автомобиля в любой точке кривой при заданном ускорении автомобиля по длине b и скорости в начале кривой V_0:

$$V_R = b\frac{V^2}{JR} - V_0,$$ где

J - изменение центробежного ускорения, м/с^3.

Длина переходной кривой:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$L = \frac{V_0^2 - V_y^2}{2b}.$$

Кривая ПЕРС с параболическим изменением кривизны является наиболее экономичной, удовлетворяет большинству требований, предъявляемых к переходным кривым на участках ответвлений и примыканий соединительных рамп, и имеет в конце кривой угол наклона касательной в 1,5 раза меньший, чем клотоида и другие типы переходных кривых.

Для проектирования участков ответвлений и примыканий с учетом движения автомобилей с переменной скоростью и месторасположения кромок проезжих частей в Союздорпроекте разработана программа «Съезд-2».

Идеальная переходная кривая получена из условий движения автомобилей с постоянной скоростью и плавного *S*-образного изменения поперечного уклона по длине. Применение такого типа кривой приводит к устранению скачка угловой скорости вращения автомобиля вокруг продольной оси, свойственного, например, клотоиде. Характер изменения угла наклона касательной к идеальной кривой, центробежного ускорения и нарастания центробежного ускорения представлен на рис. 33.4, г.

В декартовых координатах значение абсциссы и ординаты любой *i*-й точки кривой вычисляют:

$x_i = x_{i-1} + R_i(\sin b_i - \sin b_{i-1})$;
$y_i = y_{i-1} + R_i(\cos b_{i-1} - \cos b_i)$, где

$$R_i = \frac{V^2}{g\left(\frac{\varphi_2}{L} l + tg\Theta + i_{B1}\right)}$$ - радиус кривизны в *i*-и точке кривой;

V - скорость движения автомобиля, м/с;

g - ускорение свободного падения, м/с^2;

j2 - коэффициент поперечного сцепления колеса с дорогой;

L - длина кривой, м;

l - текущая координата, м;

Q = arctg i_{B2} - arctg i_{B1} - максимальный угол наклона виража;

i_{B1}, i_{B2} - соответственно поперечный уклон в начале и конце переходной кривой;

b_i - угол наклона касательной к кривой в i-й точке:

$$\beta_i = \sum_{i=1}^{n} \frac{\Delta l}{R_i},$$ где

$n = L/\Delta l + 1$ - число шагов разбивки;

$\Delta l = 0{,}01$ м - шаг разбивки.

Длина переходной кривой:

$$L = V\sqrt[3]{\frac{32\Theta}{\lambda}},$$ где

l - изменение углового ускорения, рад/с^3.

Для проектирования участков ответвлений и примыканий развязок движений с использованием идеальной переходной кривой в Союздорпроекте разработана программа «Съезд-3».

При автоматизированном проектировании развязок движения в разных уровнях используют непосредственно программы «Съезд-2» и «Съезд-3». Однако для того чтобы дать возможность и при ручной технологии использовать методы современного проектирования участков ответвлений и примыканий соединительных рамп, в Союздорпроекте посредством табулирования на компьютере разработаны таблицы для определения параметров переходных кривых (Методические указания по расчету и применению переходных кривых при

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

проектировании ответвлений и примыканий на пересечениях автомобильных дорог в разных уровнях/ Союздорпроект. - М., 1976. - 234 с).

Проведенные Союздорпроектом совместно с Союздорнии экспериментальные исследования по измерению физических параметров движения по переходным кривым различных типов при различных режимах движения позволили установить, что движение с переменными скоростями по клотоиде происходит с существенными отклонениями от закономерностей, присущих движению по клотоиде с постоянной скоростью (рис. 33.5): центробежное ускорение изменяется по длине по криволинейному закону вместо линейного, степень нарастания центробежного ускорения не остается постоянной, а меняется практически по линейному закону с максимальным значением в начале кривой и близкой нулю в конце ее. В то же время при движении автомобиля по кривой ПЕРС характер изменения скоростей весьма близок к теоретическому (рис. 33.6).

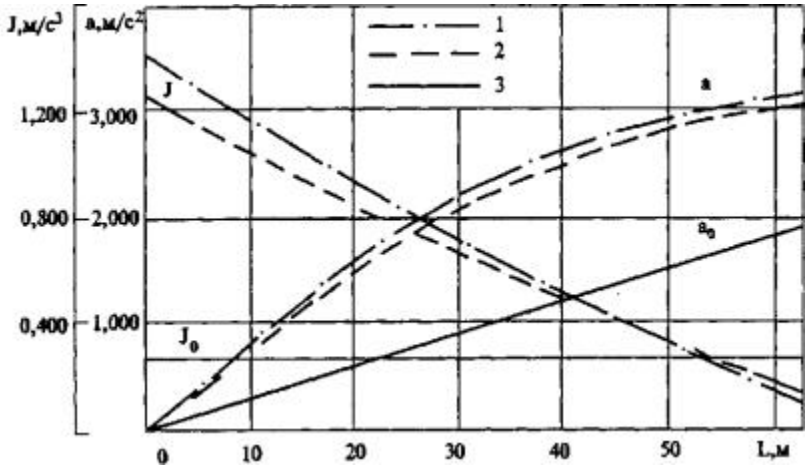


Рис. 33.5. Изменение центробежного ускорения (а) и его нарастания (*J*) по длине клотоиды:
1 - теоретическое; 2 - экспериментальное на пл. Репина; 3 - экспериментальное на МКАД

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

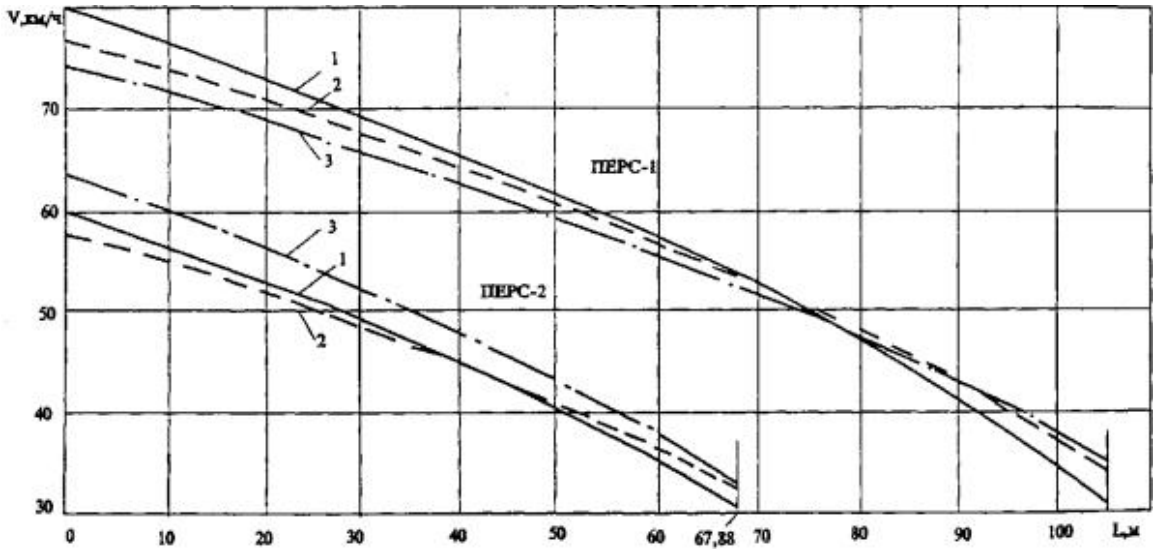


Рис. 33.6. Изменение скоростей автомобилей по длине переходной кривой переменной скорости (ПЕРС):
1 - теоретическое; 2 - экспериментальное на пл. Репина; 3 - экспериментальное на МКАД

Выполненный Союздорпроектом всесторонний анализ различных типов переходных кривых позволяет сделать следующие рекомендации в отношении их применения при проектировании участков ответвлений и примыканий соединительных рамп транспортных развязок:

для съездов (въездов) дорог I, II категорий при радиусах в плане 60-250 м и начальной скорости движения 80 км/ч целесообразно применять переходные кривые ПЕРС со средним замедлением 1,5-2,0 м/с и ускорением 0,8-1,25 м/с;

для съездов (въездов) дорог III категории при радиусах в плане 30-60 м можно применять как клотоиду, так и ПЕРС, причем последнюю применяют при начальной скорости 60 км/ч;

для съездов (въездов) дорог с радиусами более 100 м в зависимости от категории дорог, разностей поперечных и увеличения продольного уклонов выбирают наиболее благоприятную в данных условиях по своим геометрическим и физическим параметрам переходную кривую из трех рассмотренных.

33.3. Расчет элементов соединительных рамп

Пакет прикладных программ по проектированию развязок движения в разных уровнях, разработанный в Союздорпроекте (автор В.А. Федотов), охватывает практически все возможные случаи проектирования плана лево- и правоповоротных соединительных рамп развязок. Каждую соединительную рампу

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

рассчитывают самостоятельно и она может быть представлена последовательностью сопрягающихся между собой геометрических элементов, образующих соединительную кривую, сопрягающуюся обеими концами с осями прямолинейных участков дорог на пересечении или с касательными к криволинейным участкам.

В пакете прикладных программ предусмотрены все представляющие практический интерес случаи сопряжения геометрических элементов между собой. Для замкнутого аналитического описания всей соединительной кривой каждый ее элемент представляют в локальной системе координат, а прямые и круговые кривые представляют также и в общей системе координат (рис. 33.7).

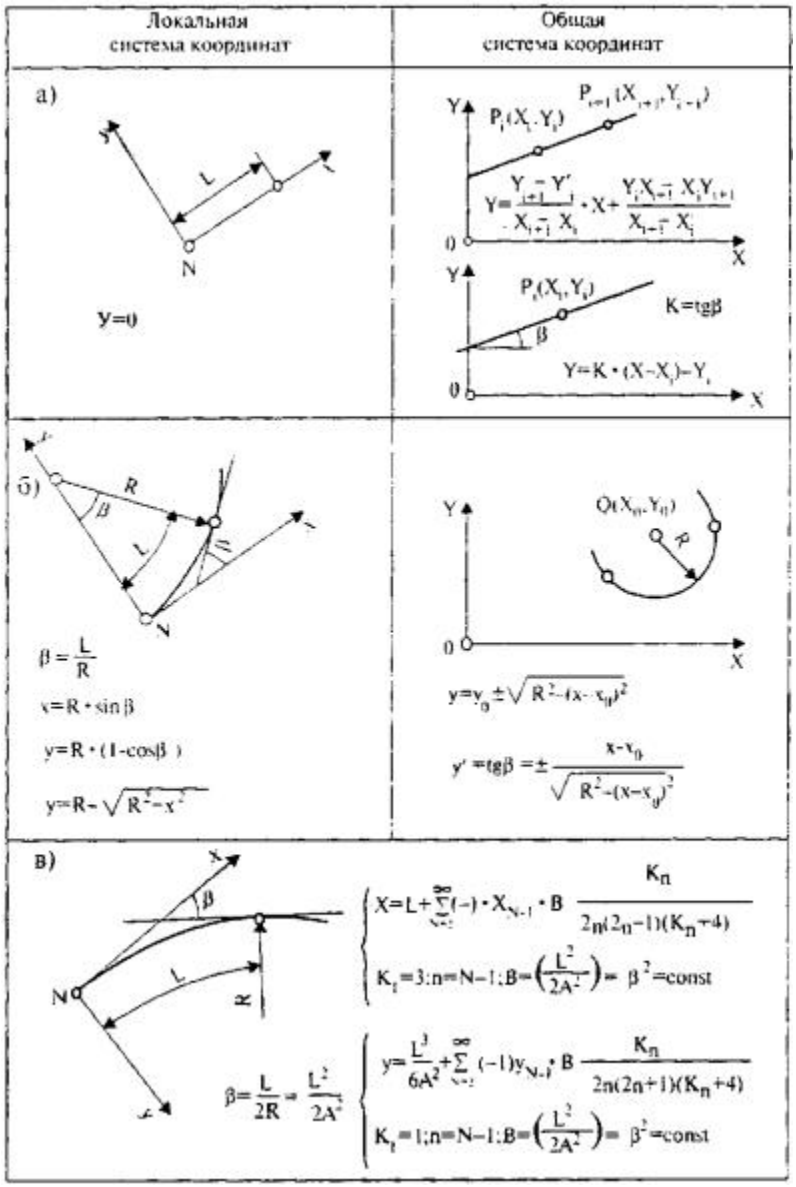


Рис. 33.7. Аналитическое выражение основных элементов соединительной кривой:
а - прямая; б - круговая кривая; в - клотоида

Различают простые и сложные соединительные кривые. К простым соединительным кривым относят кривые, представленные последовательностью следующих элементов: переходная кривая (ПК-1) - круговая кривая (КК) - переходная кривая (ПК-2). Эти элементы образуют выпуклое очертание, характерное для петлеобразных левоповоротных соединительных рамп (рис. 33.8, а), и вогнутое очертание, характерное для правоповоротных соединительных рамп (рис. 33.8, б). Простые соединительные кривые характеризуются наличием одного центра постоянной кривизны. К сложным соединительным кривым относят кривые, характеризуемые наличием двух и более центров постоянной кривизны.

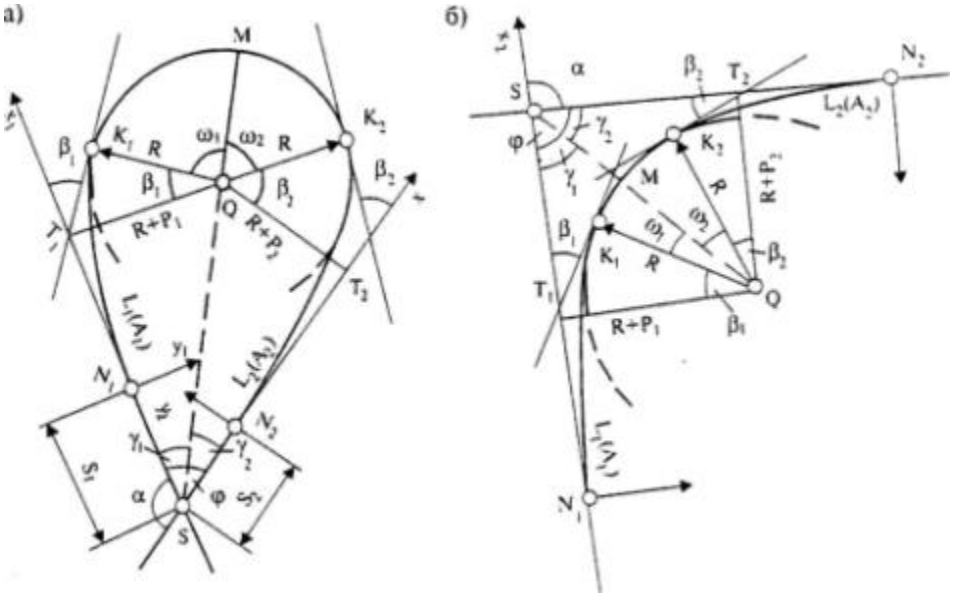


Рис. 33.8. Простая соединительная кривая:
а - выпуклая; 6 - вогнутая

Автоматический расчет простых соединительных рамп выпуклого или вогнутого очертания и аналитическое размещение их между осями пересекающихся прямолинейных участков дорог или касательными к осям криволинейных участков выполняют на основе следующих исходных параметров:

j - внутренний угол пересечения между криволинейными участками дорог или касательными к криволинейным участкам, в котором должна быть размещена соединительная кривая;

R - радиус круговой кривой;

DR - шаг изменения радиуса. Первоначально заданный радиус автоматически может быть изменен, если в процессе расчета будет установлена невозможность размещения соединительной кривой в заданный угол при назначенных исходных параметрах;

B_1, B_2 - ширины полос проезжих частей, с которых и к которым происходит ответвление и примыкание соединительных рамп;

i_{B1}, i_{B3} - поперечные уклоны проезжей части на соответствующих полосах;

B_2 - ширина проезжей части соединительной рампы;

i_{B2} - поперечный уклон проезжей части (виража) в пределах круговой кривой;

J - изменение центробежного ускорения;

i_{∂} - увеличение поперечного уклона на переходной кривой при отгоне виража (по внешней кромке проезжей части);

L_{1T} (A_{1T}), L_{2T} (A_{2T}) - длины или параметры соответствующих переходных кривых, назначенные из определенных условий на основе первоначальной графической проработки. В случае отсутствия требований, устанавливающих длины или параметры переходных кривых, последние определяются автоматически по условию разделения кромок проезжих частей и возможности отгона виража;

S_1 и S_2 - расстояния от конечных точек N_1 и N_2 соединительной кривой до точки пересечения осей автомагистралей.

В результате автоматического расчета инженер-дорожник получает следующую информацию:

L_1 (A_1), L_2 (A_2) - оптимальные длины и параметры переходных кривых;

g_1, g_2 - углы положения центра круговой кривой Q относительно прямолинейных участков автомагистралей и точки их пересечения S;

x_{10} y_{10}

x_{20} y_{20}- координаты центра кривой в локальных системах координат каждой переходной кривой;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

SN_1, SN_2 - расстояния от точки пересечения автомагистралей до точек ответвления и примыкания соединительных кривых;

x_{1K_1} y_{1K_1}

x_{2K_1} y_{2K_1} - координаты точек начала $К_1$ и конца $К_2$ круговой кривой в локальной системе координат соответствующей переходной кривой;

S_Q - расстояние от точки пересечения осей автомагистралей до центра круговой кривой Q;

w_1, w_2 - углы, стягивающие части круговой кривой между направлениями SM со стороны каждой переходной кривой.

Одновременно определяют и все другие параметры, необходимые для построения рампы.

Сложные соединительные кривые, имеющие несколько центров постоянной кривизны, представляют последовательность сопряженных между собой (т.е. имеющих общую касательную в точке сопряжения) отрезков переходных кривых. При этом в качестве переходных кривых, входящих в состав сложных соединительных кривых, вследствие относительно небольших и практически постоянных скоростей движения обычно используют клотоиду, оптимальная длина которой:

$$L = \left[\frac{Rg(\varphi_2 - i_B)}{JR}\right]^{3/2},$$ где

R - радиус сопрягающей круговой кривой, м;

g - ускорение свободного падения, м/с^2;

j_2 - расчетный коэффициент поперечного сцепления колеса с дорогой;

i_B - уклон виража в пределах круговой части кривой;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

J - изменение центробежного ускорения, м/с^3.

Расчеты сложных соединительных кривых сводятся к решению с использованием компьютерной техники конечного числа частных задач сопряжения элементов, т.е. к решению уравнений, в которых в качестве переменных принимают параметр одной из клотоид A_1. Математические выражения основных параметров кривых, оформленные в виде отдельных операторов (процедур), представлены в табл. 33.1.

Таблица 33.1.

Математические выражения основных параметров кривых

Искомый параметр	Условное обозначение	Математическое выражение	Исходный параметр	Функциональная зав оформления пр
Абсцисса любой точки	x	$x = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{(n+1)} \frac{l^{(4n-3)}}{2^{(2n-2)}(4n-3)(2n-2)!\,A^{(4n-4)}}$	l, A	$x = f_1(l,$
Абсцисса точки с заданным в ней радиусом кривизны		$x = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{(n+1)} \frac{l^{(2n-1)}}{2^{(2n-2)}(4n-3)(2n-2)!\,R^{(2n-4)}}$	l, R	$x = f_2(l,$

Ордината любой точки	y	$y = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{(n+1)} \frac{l^{(4n-1)}}{2^{(2n-1)}(4n-1)(2n-1)!A^{(4n-2)}}$	l, A	$y = f_3(l,$
Ордината точки с заданным в ней радиусом кривизны		$y = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{(n+1)} \frac{l^{3n}}{2^{(2n-2)}(4n-3)(2n-2)!R^{(2n-1)}}$	l, R	$y = f_4(l,$
Абсцисса центра круговой кривой	x_0	$x_0 = x_L - R\sin\left(\frac{L}{2R}\right)$	l, R	$x_0 = f_5(L, R) = f_2(L,$
Ордината центра круговой кривой	y_0	$y_0 = y_L - R\cos\left(\frac{L}{2R}\right)$	l, R	$y_0 = f_6(L, R) = f_4(L,$
Сдвижка	P	$p = y_0 - R$	L, p	$p = f_7(L, R) = f_6($
Параметр клотоиды	A	$y_0 = R - p = 0$	R, p	$A = f_8(R, p) = f_7$

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Длина от начала до любой точки	L	$x = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{(n+1)} \frac{l^{(4n-3)}}{2^{(2n-2)}(4n-3)(2n-2)!\,A^{(4n-4)}} = 0$	x, A	$L = f_9(x, A) = x$
		$y = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{(n+1)} \frac{l^{(4n-1)}}{2^{(2n-1)}(4n-1)(2n-1)!\,A^{(4n-2)}} = 0$	y, A	$L = f_{10}(y, A) = y$
Длина от начала до точки с заданным в ней радиусом кривизны	L_R	$x = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{(n+1)} \frac{l^{(2n-1)}}{2^{(2n-2)}(4n-3)(2n-2)!\,R^{(2n-4)}} = 0$	x, R	$L_R = f_{11}(x, R) =$
		$y = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{(n+1)} \frac{l^{2n}}{2^{(2n-2)}(4n-1)(2n-2)!\,R^{(2n-1)}} = 0$	y, R	$L_R = f_{12}(y, R) = y$

Компьютерная программа расчета сложных соединительных кривых включает решение следующих частных задач сопряжения геометрических элементов.

1. Сопряжение двух круговых кривых прямой линией. Комбинация элементов $КК_1$ - П - $КК_2$ (рис. 33.9). Для расчета задают координаты центров круговых кривых в общей системе координат $Q_1[X_{Q1}, Y_{Q1}]$ и $Q_2[X_{Q2}, Y_{Q2}]$, радиусы R_1 и R_2 с

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

учетом правила знаков. В результате расчета определяют неизвестные коэффициенты уравнения общей касательной к заданным круговым кривым.

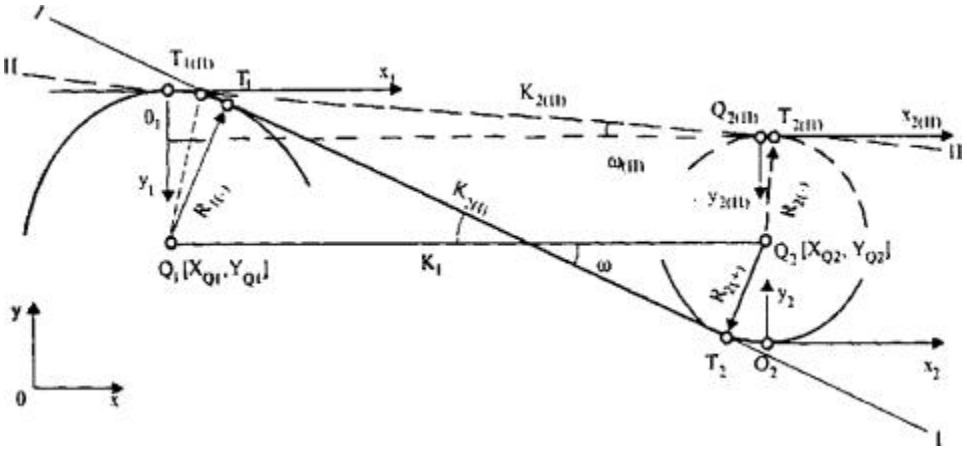


Рис. 33.9. Сопряжение двух круговых кривых прямой

2. Сопряжение круговой кривой с прямой посредством клотоиды. Комбинация элементов: КК - КЛ - П (рис. 33.10). В качестве исходных данных задают координаты центра круговой кривой в общей системе $Q[X_Q, Y_Q]$, радиус R и уравнение прямой координатами двух точек или координатами одной точки и углом наклона к оси абсцисс общей системы координат. В результате расчета устанавливают длину или параметр сопрягающей клотоиды $L(A)$.

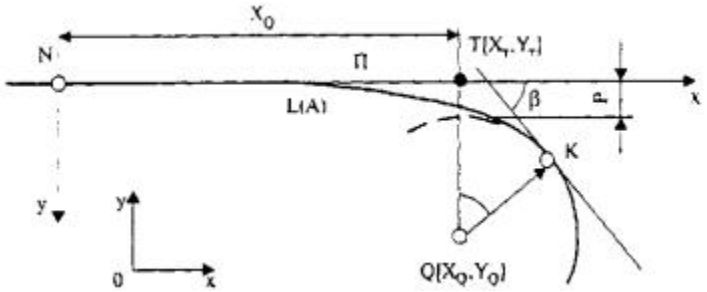


Рис. 33.10. Сопряжение круговой кривой с прямой посредством клотоиды

3. Сопряжение круговой кривой с двумя прямыми посредством клотоид. Комбинация элементов: $П_1$ - $КЛ_1$ - КК - $КЛ_2$ - $П_2$ (рис. 33.11). Задают уравнения прямых $П_1$ и $П_2$, каждое координатами двух точек в общей системе координат или соответствующими координатами одной точки и углом j между пересекающимися прямыми, а также другие исходные данные, используемые для расчета простых соединительных кривых. В результате расчета получают длины или параметры сопрягающихся клотоид $L_1(A_1)$, $L_2(A_2)$.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

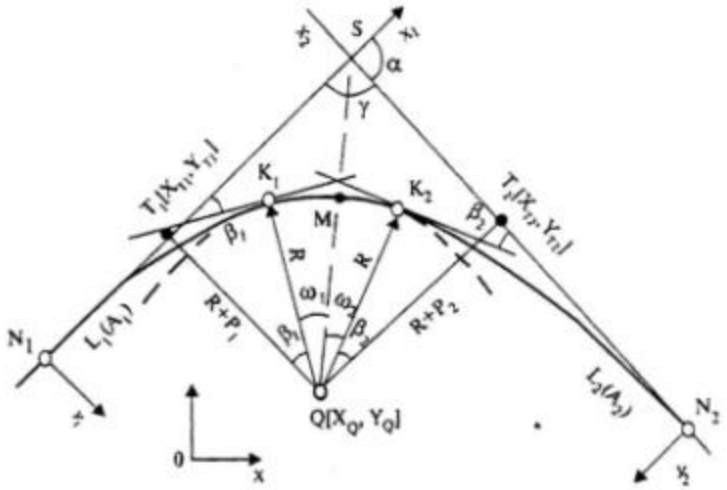


Рис. 33.11. Сопряжение круговой кривой с двумя прямыми посредством клотоид

4. Сопряжение двух круговых кривых клотоидами, переходящими в общую прямую. Комбинация элементов: КК$_1$ - КЛ$_1$ - П - КЛ$_2$ - КК$_2$ (рис. 33.12). В качестве исходной информации задают координаты центров круговых кривых $Q_1[X_{Q1}, Y_{Q1}]$, $Q_2[X_{Q2}, Y_{Q2}]$ и их радиусы со своими знаками R$_1$ и R$_2$, длины переходных кривых или их параметры $L_1(A_1)$, $L_2(A_2)$, или их отношение $m = A_1/A_2$, а также сдвижки p_1 и p_2. В результате расчета устанавливают параметры уравнения сопрягающей прямой П.

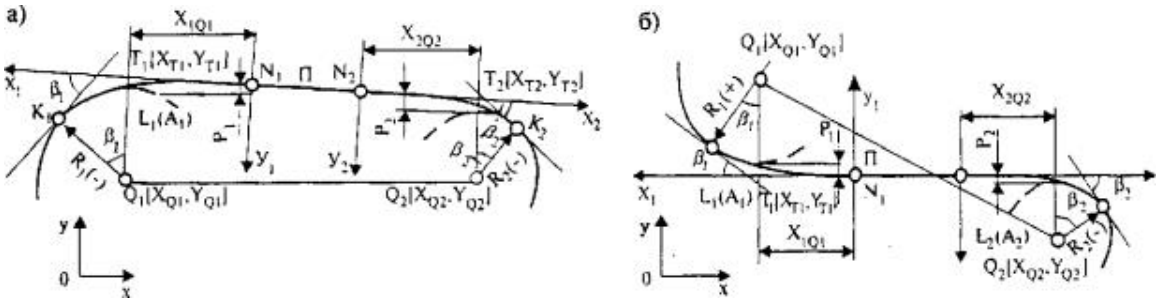


Рис. 33.12. Сопряжение круговых кривых с клотоидами:
а - односторонние кривые; б - обратные кривые

5. Сопряжение двух круговых кривых третьей круговой кривой. Комбинация элементов: КК$_1$ - КК$_2$ - КК$_3$ (рис. 33.13). Задают координаты центров круговых кривых $Q_1[X_{Q1}, Y_{Q1}]$ и $Q_2[X_{Q2}, Y_{Q2}]$ в общей системе координат, а также значения их радиусов R$_1$ и R$_2$. В результате расчета определяют координаты центра сопрягающей круговой кривой $Q_3[X_{Q3}, Y_{Q3}]$, ее радиус R$_3$, а также координаты точек сопряжения $B_1[X_{B1}, Y_{B1}]$ и $B_2[X_{B2}, Y_{B2}]$.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

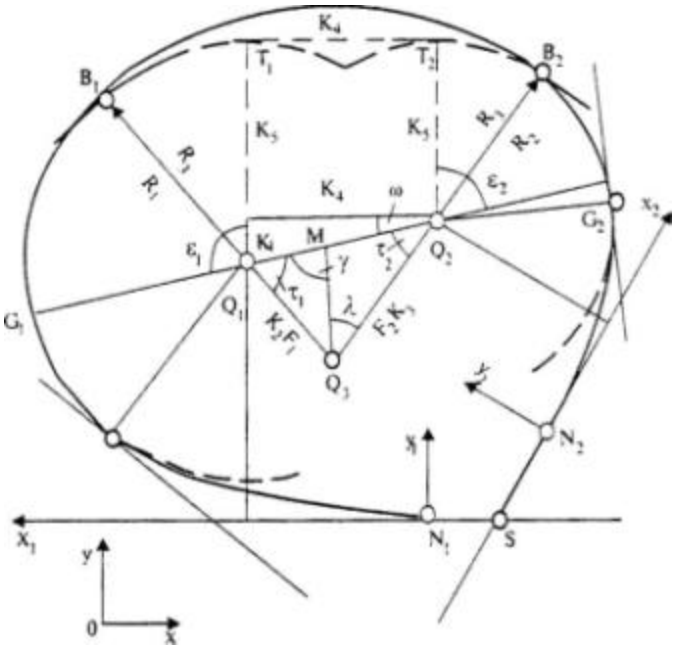


Рис. 33.13. Сопряжение двух круговых кривых третьей

6. Сопряжение двух круговых кривых двумя клотоидами.

Комбинация элементов: КК$_1$ - КЛ$_1$ - КЛ$_2$ - КК$_2$ (рис. 33.14). В качестве исходной информации задают координаты центров круговых кривых в общей системе координат $Q_1[X_{Q1}, Y_{Q1}]$, $Q_2[X_{Q2}, Y_{Q2}]$ и их радиусы со своими знаками R$_1$ и R$_2$, отношение параметров $m = A_1/A_2$. В результате расчета устанавливают положение локальной системы координат, параметры клотоид $L_1(A_1)$, $L_2(A_2)$, а также координаты главных точек (N$_1$, N$_2$, К$_1$, К$_2$, Т$_1$, Т$_2$).

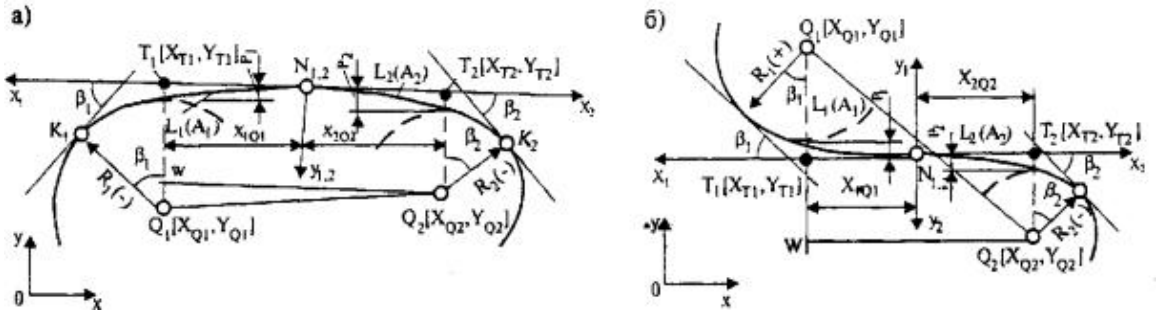


Рис. 33.14. Сопряжение двух круговых кривых соединяющимися клотоидами:
а - односторонние кривые; б - обратные кривые

7. Сопряжение двух круговых кривых двумя отрезками клотоид с круговой вставкой между ними. Комбинация элементов: КК$_1$ - КЛ$_1$ - КК$_3$ - КЛ$_2$ - КК$_2$ (рис. 33.15).

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

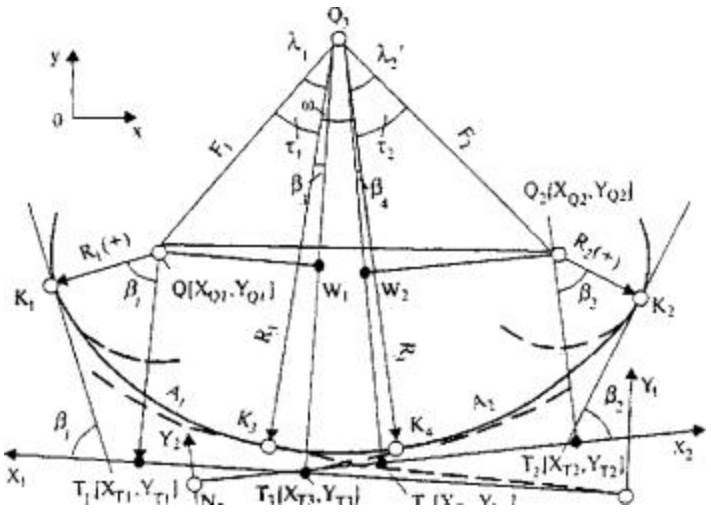


Рис. 33.15. Сопряжение двух круговых кривых внешними клотоидами с круговой вставкой между ними

В качестве исходной информации задают координаты центров круговых кривых $Q_1[X_{Q1}, Y_{Q1}]$ и $Q_2[X_{Q2}, Y_{Q2}]$, радиусы R_1 и R_2 со своими знаками, отношение параметров m и может быть также задан радиус сопрягающей кривой R_3. В результате расчета определяют параметры клотоид A_1 и A_2, радиус сопрягающейся с ними круговой кривой R_3, положение локальной системы координат и координаты главных точек (Q_3, K_1, K_2, K_3, K_4, N_1, N_2).

8. Сопряжение круговых кривых отрезком клотоиды. Комбинация элементов: $КК_1$ - КЛ - $КК_2$ (рис. 33.16).

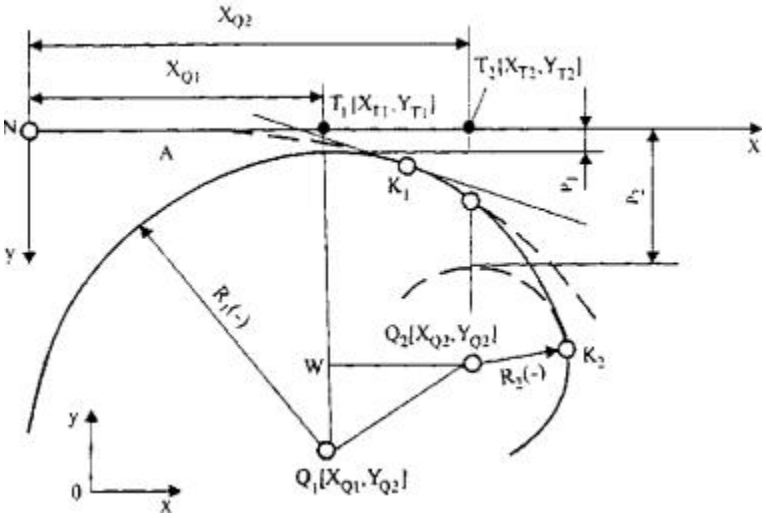


Рис. 33.16. Сопряжение двух круговых кривых отрезком клотоиды

Задают координаты центров круговых кривых $Q_1[X_{Q1}, Y_{Q1}]$, $Q_2[X_{Q2}, Y_{Q2}]$, радиусы R_1 и R_2. В результате расчета определяют параметр сопрягающей клотоиды А, положение локальной системы координат и координаты главных точек ($К_1$, $К_2$).

Использование метода сопряжения элементов позволяет весьма эффективно рассчитывать соединительные кривые право- и левоповоротных рамп практически любого очертания в плане. Однако при проектировании правоповоротных и директивно-направленных левоповоротных соединительных рамп, проектируемых в рамках существенно менее жестких ограничений по сравнению с левоповоротными петлеобразными рампами, возможен принципиально новый подход к решению плана соединительных рамп. Этот подход, во многом сходный с решением плана трассы основных дорог, реализован в Союздорпроекте в виде конкретного алгоритма и программы для компьютера.

В основе метода лежат принципы трассирования посредством кубических сплайнов. Суть метода, названного методом координатного задания оси трассы, состоит в следующем.

1. По плану в общей системе координат прорабатывают с использованием шаблонов или специальной гибкой линейки эскизный вариант сложной соединительной кривой.

2. Трассу задают координатами последовательности точек с шагом 40 - 60 м, снимаемых (лучше всего с помощью дигитайзера) с эскизной кривой.

3. Заданную последовательность точек аппроксимируют кубическими сплайнами (отрезками алгебраических полиномов, обычно третьей степени), обладающих высокой степенью гладкости, достигаемой посредством минимизации интеграла квадратов вторых производных по длине кривой:

$$\int_a^b [f''(x)]^2 dx \Rightarrow \min,$$

причем на отрезке $a = x_0 < x_1, \ldots, x_n = b$ каждому значению абсциссы соответствует значение ординаты $y_0, y_1, \ldots, y_n$.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Задача сводится к нахождению аппроксимирующей функции $S(x)$, называемой сплайном сетки А, интерпретирующей значения ординату, в узлах сетки. Основное соотношение для кубических сплайнов:

$$S_{\Delta}(x) = m_{i-1} \cdot \frac{(x_i - x)^2 (x - x_{i-1})}{h_i^2} - m_i \cdot \frac{(x - x_{i-1})^2 (x_i - x)}{h_i^2} +$$
$$+ y_{i-1} \cdot \frac{(x_i - x)^2 [2(x - x_{i-1}) + h_i]}{3} + y_i \frac{(x - x_{i-1})[2(x_i - x) + h_i]}{3},$$ где

(33.5)

$$m_i = S'_{\Delta}(x_i) = \frac{dy_i}{dx_i}; \quad h_i = x_i - x_{i-1}$$

Требование непрерывности второй производной $S''_{\Delta}(x)$ в точках x_i, (i = 1, 2, ..., n-1) выполняется при

$$\lambda_i = \frac{h_{i+1}}{h_i + h_{i+1}},$$
$$\mu_i = 1 - \lambda_i = \frac{h_i}{h_i + h_{i+1}}$$

откуда следует:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$C_i = \lambda_i h_{i-1} + 2m_i + \mu_i m_{i+1} = 3\lambda_i \frac{y_i - y_{i-1}}{h_i} 3\mu_i \frac{y_{i+1} - y_i}{h_{i+1}},$$ где

$i = 1, 2, ..., n-1$.

Система линейных уравнений имеет вид:

$$\begin{vmatrix} 2 & \mu_0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \lambda_1 & 2 & \mu_1 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 2 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 2 & \mu_{n-2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \lambda_{n-1} & 2 & \mu_{n-1} \\ 0 & 0 & 0 & \dots & . & \lambda_n & 2 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} m_0 \\ m_1 \\ m_2 \\ \dots \\ m_{n-2} \\ m_{n-1} \\ m_n \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} C_0 \\ C_1 \\ C_2 \\ \dots \\ C_{n-2} \\ C_{n-1} \\ C_n \end{vmatrix}$$

(33.6)

Система линейных уравнений (33.6) (в левой части предопределена трехдиагональная матрица коэффициентов) решается методом прогонки, в результате чего определяются неизвестные коэффициенты в виде первых производных m_1, m_2, ..., m_n, входящих в уравнение (33.5). Поскольку в начале и конце соединительной кривой направления определены касательными в точках ответвления и примыкания к осям пересекающихся автомагистралей, то при $x = a$ и $x = b$ соответственно задают.

Длина всей кривой определяется как сумма длин отдельных ее участков:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

$$L = \sum_{i=1}^{n} \int_{x_i}^{x_{i+1}} \sqrt{1 + \left[S'_{\Delta}(x)\right]^2}\, dx$$

(33.7)

Кривизна соединительной кривой в любой точке со своим знаком:

$$K = \frac{S''_{\Delta}(x)}{\left[1 + \left(S'_{\Delta}(x)\right)^2\right]^{3/2}}$$

(33.8)

4. Строят диаграмму кривизны сплайн-функции (рис. 33.7) и аппроксимируют ее в виде ломаной, представляемой отрезками прямых, параллельных и непараллельных оси абсцисс. Тогда соединительная кривая уже может быть предопределена известными элементами клотоидной трассы: прямыми, круговыми кривыми, клотоидами и отрезками клотоид. При этом на диаграмме кривизны этим элементам соответствуют: прямая, совпадающая с осью абсцисс; прямая, параллельная оси абсцисс, наклонная прямая, примыкающая одним концом к оси абсцисс; наклонная прямая.

Изложенный метод координатного задания оси соединительной кривой с последующей аппроксимацией кубическими сплайнами является весьма эффективным при проектировании правоповоротных и директивно-направленных левоповоротных соединительных рамп, особенно в случае криволинейного характера плана пересекающихся дорог и при наличии контурных ограничений.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

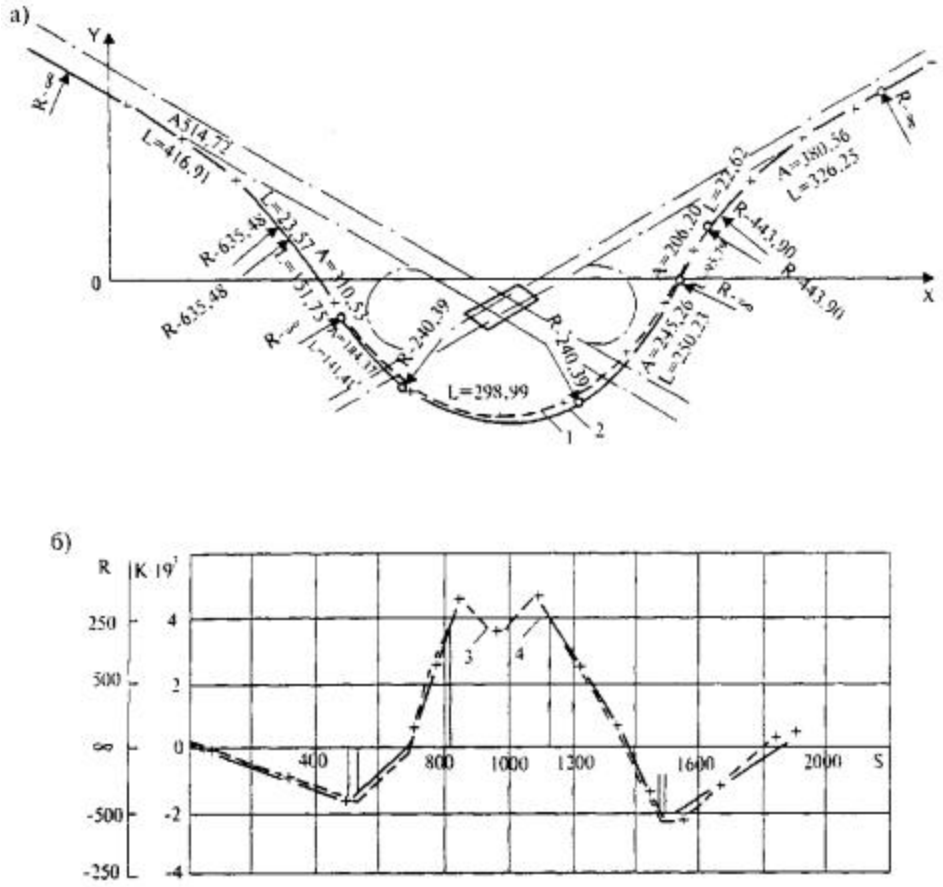


Рис. 33.17. Проектирование плана соединительных рамп по методу «кубических сплайнов»:
а - план соединительной рампы; б - диаграмма кривизны;
1 - эскизный план трассы; 2 - расчетный план трассы; 3 - диаграмма кривизны эскизной трассы; 4 - сглаженная диаграмма кривизны

33.4. Проектирование продольного профиля по соединительным рампам

Обязательным элементом технологической последовательности проектирования развязок движения в разных уровнях является установление положения проектной линии продольного профиля по съездам, осуществляемое после планировочных проработок и аналитического расчета элементов плана.

Многообразие соединительных рамп, различная их конфигурация в плане, наличие высотных ограничений (например, прохождение с отметками не ниже минимальных над трубами, условия выхода на путепроводы и т.д.), необходимость соблюдения условий сопряжения с вертикальными элементами пересекающихся дорог на участках ответвлений съездов и въездов (рис. 33.18), а также выполнение требований действующих нормативов делают задачу проектирования продольного

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

профиля по соединительным рампам весьма непростой. Решение этой задачи является составной частью комплексного проектирования соединительных рамп в пространстве с одновременным решением вертикальной планировки, включая наиболее сложные с точки зрения геометрической интерпретации участки ответвлений и примыканий.

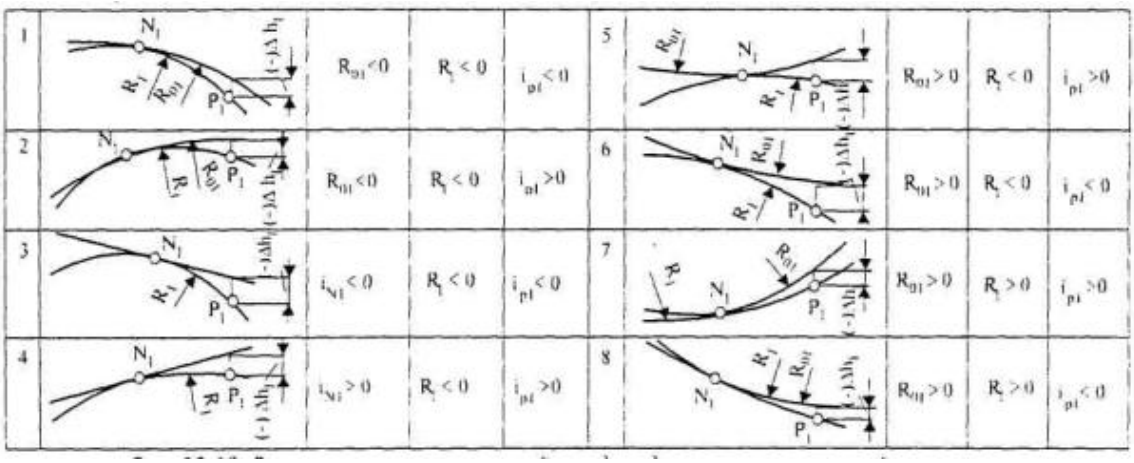


Рис. 33.18. Варианты сопряжения осей съезда и дороги в вертикальной плоскости

Многодельность задачи установления положения проектной линии продольного профиля по соединительным рампам, многовариантный характер проработки конструктивных и плановых решений, необходимость перепроектирования продольного профиля одной из пересекающихся дорог или плана съезда при выявлении невозможности взаимоувязки между вертикальным решением и геометрией плана без нарушения требований технических нормативов делают весьма эффективным и даже необходимым применение компьютерной техники для решения задач данного класса.

Для существенного ускорения расчетов и получения безошибочной и совершенной проектной линии продольного профиля по соединительным рампам в Союздорпроекте разработаны алгоритмы и программы, предназначенные для проектирования простых соединительных рамп выпуклого и вогнутого очертания при небольшой их длине и большом перепаде высот между начальной и конечной точками. Для расчета продольного профиля сложных соединительных рамп большой длины применяют известные программы проектирования продольного профиля автомобильных дорог.

Основные особенности проектирования продольного профиля по соединительным рампам развязок движения, нашедшие отражение в соответствующих компьютерных программах, состоят в следующем:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

принят параболический вид вертикальных выпуклых и вогнутых кривых, получивших повсеместное распространение в отечественной и зарубежной практике;

проектная линия построена из сопрягающихся между собой выпуклых и вогнутых вертикальных кривых, а также прямолинейных вставок между ними. Минимальные радиусы вертикальных кривых и допустимые продольные уклоны определяют в соответствии со строительными нормами и правилами. Вертикальные переходные кривые не используют вследствие больших радиусов вертикальных параболических кривых и малой их сдвижки;

на участках переходных кривых в плане от точек расхождения осей съездов с осями внешних полос пересекающихся дорог до кромок расхождения их проезжих частей принят постоянный поперечный уклон дороги, обеспечивающий обязательное понижение проектной линии соединительных рамп в вертикальной плоскости для пересекающихся дорог соответственно на величины Dh_1 и Dh_1. Несмотря на противоестественное направление выпуклой кривой на нижнем конце съезда (рис. 33.19, схема 2), игнорирование этого условия влечет поднятие внешней кромки съезда и образование гребня на внешней полосе дороги с неоднократным изменением направления поперечного уклона, неблагоприятно сказывающимся на уровнях удобства и безопасности движения, а также затрудняющим водоотвод с проезжей части;

в программах учтено многообразие продольных профилей пересекающихся дорог и условий сопряжения с ними съездов. Возможные случаи сопряжения вертикальных кривых радиусов R с элементами продольных профилей пересекающихся дорог представлены на рис. 33.18. Значительное количество возможных комбинаций сопряжения лишний раз свидетельствует в пользу необходимости использования вычислительной техники при проектировании проектной линии продольного профиля соединительных рамп транспортных развязок;

обеспечена возможность получения множества решений и выбора наилучшего из них в случае, если условия размещения соединительных рамп далеки от» экстремальных. В экстремальных условиях получают единственно возможное решение проектной линии продольного профиля при соблюдении всех требований технических нормативов. При невозможности получения решения проектной линии без нарушения технических норм перепроектируют продольный профиль одной из пересекающихся дорог либо план соединительной рампы;

для удобства построения и наглядности все характерные и пикетажные точки продольного профиля определены в системе координат, где абсцисса X - пикетажное положение точки в направлении пикетажа слева направо и ордината Y - абсолютная геодезическая высота точки, взятая в системе высот профилей пересекающихся дорог;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

в результате определения округленных значений радиусов R_1 и R_2 на участках ответвлений и примыканий съездов находят положение вершин вертикальных кривых, а также координаты и уклоны в точках P_1 и P_2. При этом в зависимости от знака уклона i_p в точке P_2 различают две принципиально отличных по технике расчета схемы сопряжения вогнутой кривой R_3 с вертикальными кривыми R_1 и R_2 (рис. 33.19).

Использование вычислительной техники при проектировании проектной линии продольного профиля соединительных рамп развязок не только облегчает и ускоряет производство трудоемких вычислительных работ, обеспечивая экономию трудозатрат при проектировании, но и делает возможным направленный поиск наилучшего решения в части снижения строительной стоимости и повышения транспортно-эксплуатационных качеств развязок движения в разных уровнях.

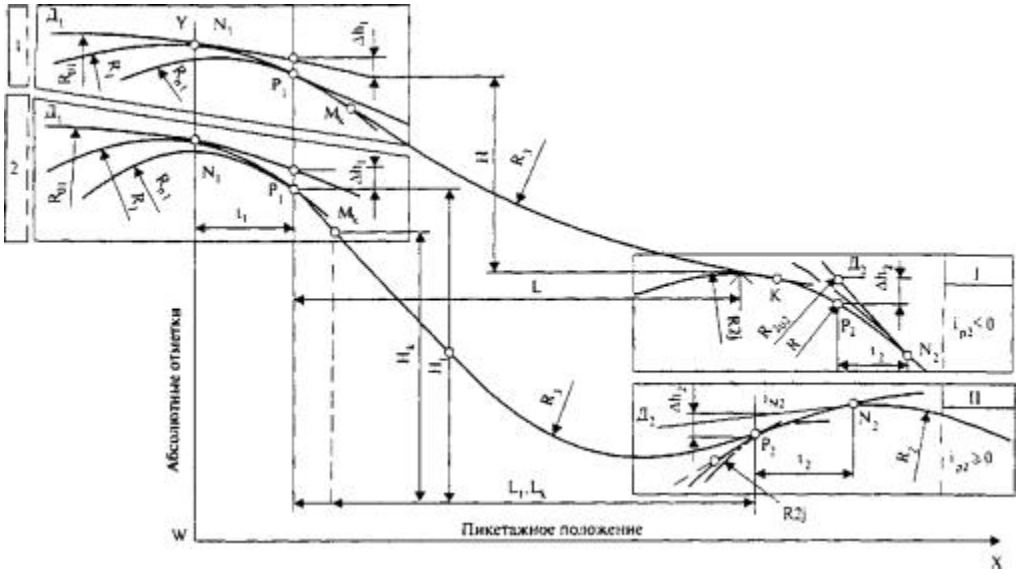


Рис. 33.19. Схема построения проектной линии продольного профиля на съездах с двумя типами сопряжения вертикальных кривых

33.5. Планово-высотное решение соединительных рамп

Пространственное положение соединительной рампы между пересекающимися дорогами зависит от ее геометрии в плане с соответствующими переходными кривыми оптимальной длины, закономерностей изменения поперечного уклона и очертания кромок проезжей части и проектной линии продольного профиля. Планово-высотное положение соединительных рамп определяет совокупность совместно действующих факторов и их рациональное сочетание при условии полной взаимоувязки.

Необходимая длина переходных кривых каждого типа в общем случае может быть определена на основе соотношений, приведенных в разд. 33.2. Однако на

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

участках ответвлений и примыканий соединительных рамп использование предельных значений параметров приводит к длинам, которые недостаточны для разделения кромок проезжих частей дороги и отмыкающей (примыкающей) рампы и тем более - бровок земляного полотна. В этих случаях круговая кривая съезда с максимальным поперечным уклоном оказывается в пределах полосы дороги, что обусловливает при отгоне виража вдоль переходной кривой резкое поднятие внешней кромки с образованием линии перелома в виде гребня. К длинам, не обеспечивающим разделение кромок проезжих частей и бровок земляного полотна, относят минимальные длины переходных кривых, нормируемые действующими строительными нормами и правилами.

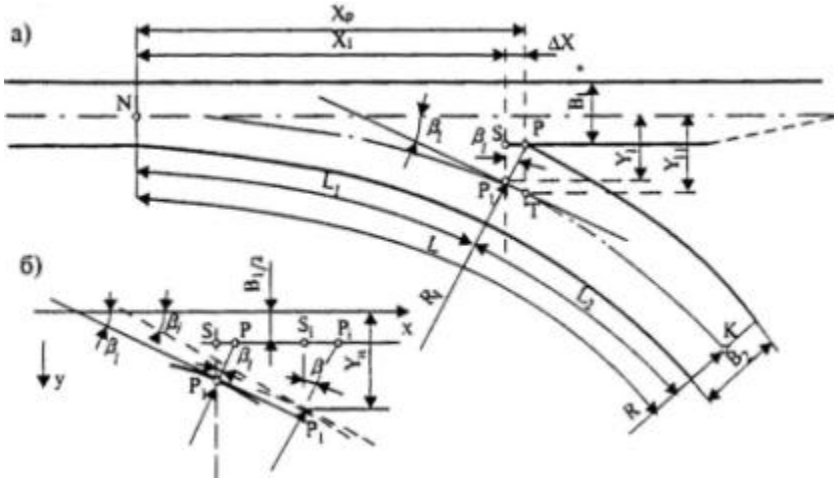


Рис. 33.20. Детали участка ответвления съезда:
а - условные обозначения; б - принцип итерационного процесса

Для обеспечения благоприятных условий отгона виража переходную кривую по длине делят на два участка: L_1 - от ее начала до сечения разделения кромок; L_2 - до начала круговой кривой (рис. 33.20). Длина участка L_1 обеспечивает разделение кромок проезжих частей из условия сохранения в его пределах поперечного уклона дороги, а участок L_2 обеспечивает отгон виража.

Минимальные длины переходных кривых, обеспечивающие расхождение кромок проезжих частей и разделение бровок, а также возможность последующего отгона виража до максимального поперечного уклона в пределах самостоятельной части рампы, называют оптимальными. Эти длины в каждом конкретном случае определяют путем использования соответствующих прикладных программ пакета либо с помощью разработанных специальных таблиц.

При движении автомобиля по переменному по длине переходной кривой поперечному уклону происходит поворот автомобиля вокруг продольной оси, характеризуемый появлением бокового наклона или крена. Законы изменения поперечного уклона виража представляют в следующем виде:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

для переходных кривых из условия V = const

$$i_B = \frac{V^2}{g} K - \frac{\varphi_2}{L} l - i_{B1};$$

(33.9)

для переходных кривых из условия V ¹ const

$$i_B = \frac{V^2 - 2bl}{g} K - \frac{\varphi_2}{L} l - i_{B1},$$ где

(33.10)

i_B - уклон виража в долях единицы;

V - скорость движения автомобиля, м/с;

g - ускорение свободного падения, м/с^2;

$K = 1/R$ - кривизна, 1/м;

j2 - коэффициент поперечного сцепления колеса с дорогой;

l - расстояние от начала переходной кривой до расчетного сечения, м;

L - длина переходной кривой, м;

b - продольное ускорение автомобиля, м/с^2;

i_{B1} - поперечный уклон проезжей части в начале виража.

Как видно, формулы (33.9) и (33.10) тесно связывают между собой скорость движения автомобиля, характер изменения кривизны и характер изменения

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

поперечного уклона. Нарушение этой связи неправильным режимом движения обусловливает повышенное использование коэффициента поперечного сцепления j_2 и тем самым снижение безопасности движения.

Для расчета геодезических высот вертикальной планировки и получения пространственной поверхности участков отгона виража необходимо, помимо уравнения оси переходной кривой, знать и уравнения кромок, ей параллельных и непараллельных в случае устройства уширения. Учитывая, что процесс разбивки поперечников с целью установления положения точек внутренней и внешней кромок трудоемкий и несовершенный, а при выносе проекта в натуру далеко не безупречный, в Союздорпроекте решена задача аналитического представления разбивочных точек кромок в системе координат оси рампы.

Принципиальным вопросом в аналитическом определении положения кромок является изменение уширения проезжей части по длине переходной кривой. Получивший в настоящее время широкое распространение линейный закон отгона уширения определяет искажение зрительной плавности проезжей части, проявляющееся тем более резко, чем меньше длина переходной кривой и радиус закругления и чем больше уширение. С целью улучшения зрительной плавности проезжей части соединительных рамп пакетом прикладных программ Союздорпроекта предусмотрены следующие способы отгона уширения:

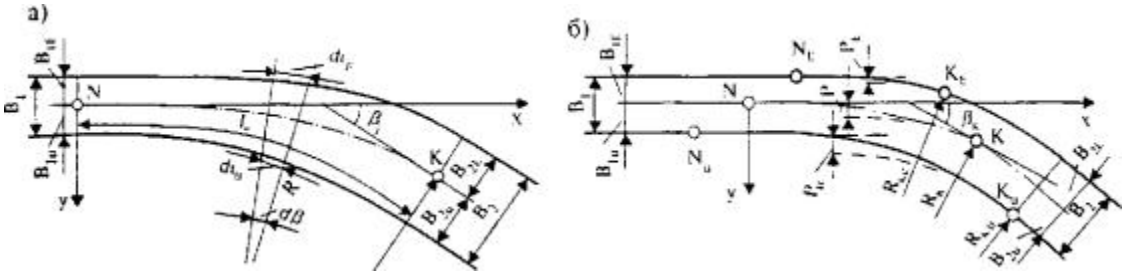
S-образным изменением кромок по длине переходной кривой по закону тригонометрических функций;

S-образным изменением кромок по длине переходной кривой сопряженных обратных параболических кривых;

применением уравнений кромок на участках с переходными кривыми типа клотоиды с уширением в обе стороны пропорционально длине (рис. 33.21, а);

применением уравнений кромок на участке с переходными кривыми типа клотоиды с использованием краевых клотоид (рис. 33.21, б);

получение координат точек кромок в системе координат оси соединительной рампы.



Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Рис. 33.21. Уширение проезжей части на переходной кривой типа клотоиды:
а - изменение ширины в обе стороны пропорционально длине; б - посредством краевых клотоид

После установления закономерности изменения поперечного уклона по длине переходных кривых различного типа, получения их оптимальных параметров, определения положения внутренних и внешних кромок переходят к высотному решению поверхности дороги и рампы в пределах совмещенного участка с целью обеспечения наиболее благоприятных условий движения и водоотвода с проезжей части. На рис. 33.22 представлены возможные случаи вертикальной планировки на участках ответвлений и примыканий соединительных рамп как при конструктивном решении по схеме 1 (см. рис. 33.2), так и по схеме 2 (см. рис. 33.3).

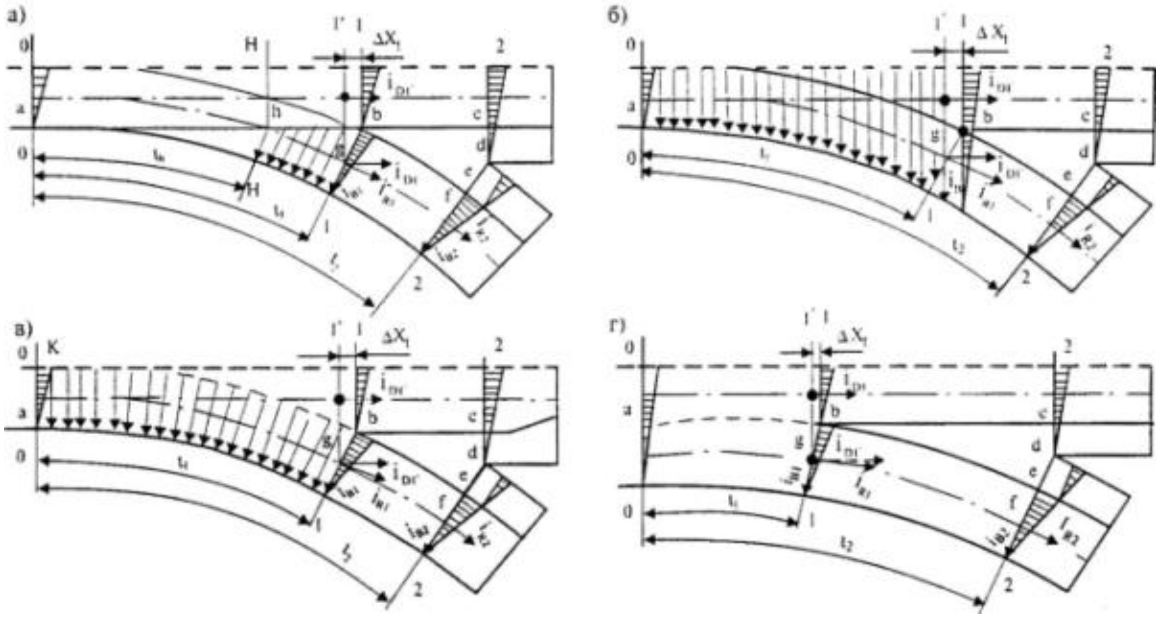


Рис. 33.22. Схема отгона поперечного уклона на участках ответвлений и примыканий соединительных рамп развязок движения

Решение, предусматривающее сохранение поперечного уклона в пределах внешней полосы дороги (рис. 33.22 а), применяют при наличии межпетлевых участков с последующими переходно-скоростными полосами и интенсивным движением, а также при организации съездов с полос, предназначенных для местного движения.

Согласно решению, представленному на рис. 33.22, б, поперечный уклон дороги сохраняют неизменным по всей ширине совмещенного участка, а его изменение на съезде происходит на оставшейся части длины переходной кривой. Такое решение благоприятствует движению в прямом направлении, но искажает характер изменения поперечного уклона по длине переходной кривой. Применяют при преимущественном движении в прямом направлении.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Решение, представленное на рис. 33.22, в, предусматривает отгон поперечного уклона в соответствии с закономерностью его изменения по длине переходной кривой. Применение его целесообразно при преимущественном движении на съезд.

Для схемы 2 ответвления (см. рис. 33.3) применяют решение, представленное на рис. 33.22, г, дающее возможность беспрепятственного отгона виража с закономерностью, свойственной переходной кривой данного типа по аналогии с рис. 33.22, в, что представляется весьма благоприятным как для поворотных транспортных потоков, так и для потоков, следующих в прямом направлении. Применяют при высокой интенсивности движения в прямом и поворотном направлениях.

В настоящее время пакет прикладных программ Союздопроекта расширен за счет включения новых программ, например, по расчету сложных правоповоротных соединительных рамп по методу сопряжения элементов, по методу трассирования с использованием сплайнов, программ подсчета объемов работ с использованием математических моделей местности и последующим определением строительной стоимости, а также транспортно-эксплуатационных расходов. Разработаны программы по представлению результатов проектирования развязок движения в разных уровнях в виде готовых чертежей на плоттерах и т.д.

ГЛАВА 34. ОЦЕНКА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

34.1. Программы для оценки проектных решений

Системное автоматизированное проектирование автомобильных дорог предполагает обязательную многовариантность проработки проектных решений. При этом вариантное проектирование выполняют не только для трассы дороги в плане и продольном профиле на всем ее протяжении, но и для ее отдельных участков сравнительно небольшой длины, а также отдельных сооружений и элементов дороги. Количество рассматриваемых вариантов, степень детализации их проработки, требования к полноте и точности исходной информации и получаемых результатов зависят от стадии проектирования. Однако во всех случаях необходимо использовать систему показателей, позволяющих проводить многостороннюю оценку вариантов и дающих возможность их сравнения по определенному обобщающему критерию, например, величине суммарных приведенных затрат или нескольким критериям.

Описание системы показателей, применяемых при оценке и сравнении вариантов проектных решений, приведено в главе 23. Определение значительного числа этих показателей может быть выполнено с использованием программ,

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

входящих в САПР-АД, а также разработанных в ряде проектных и научно-исследовательских организаций, высших учебных заведений. В состав САПР-АД эти программы входят как элементы отдельных подсистем.

При этом предусмотрены возможности комплексного и автономного использования программ для оценки проектных решений, использования в качестве исходных данных информации, полученной в результате расчетов по другим программам, без ее предварительной ручной обработки, контроля и корректировки.

Ниже приведено описание основных программ, применяемых для оценки и сравнения вариантов проектных решений.

34.2. Построение перспективных изображений автомобильных дорог

С помощью перспективных изображений участка дороги могут быть оценены сочетание дороги с окружающим ландшафтом, обеспечение видимости при совпадении кривых в плане и продольном профиле, выявлено наличие участков с оптическими искажениями вида дороги, излишней волнистостью.

Для построения перспективных изображений дороги используют координатный или панорамный методы, основанные на пересчете пространственных координат любой точки дороги или рельефа местности в координаты ее изображения на картинной поверхности, в качестве которой применяют вертикальную или наклонную плоскость, цилиндрическую или коническую поверхность.

Долгое время для оценки зрительной плавности трассы на этапе проектирования использовали разработанный в 1941 году доктором В.Ранке графо-аналитический метод построения перспективных изображений автомобильных дорог, оказавшийся весьма эффективным. Тем не менее в практике отечественного проектирования дорог в связи с многодельностью и сжатыми сроками проектирования долгое время метод В.Ранке широкого применения не находил, равно как и другие разработанные впоследствии методы (координатный, панорамный, фотографический, полярный и т.д.).

Широкие возможности открылись перед координатным методом построения перспективных изображений полотна автомобильных дорог и прилегающей местности в связи с использованием современной компьютерной техники.

Суть координатного метода построения перспективных изображений автомобильных дорог состоит в том, что для любой точки пространства вычисляют (или задают) ее декартовы координаты, которые затем пересчитывают в перспективные координаты для различных картинных поверхностей: вертикальной или наклонной плоскости, цилиндрической или конической поверхности.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Декартову систему координат ориентируют таким образом, чтобы главный луч совпадал с осью проекций $П_1П_2$ (рис. 34.1). При этом картинная плоскость П' располагается перпендикулярно главному лучу на расстоянии *x* от точки зрения *C*. Аналитическая связь между фактическими координатами точки местности и ее перспективными координатами имеет вид:

$$y = \frac{Y}{X} xK; \quad z = \frac{Z}{X} xK,$$

где

X, *Y*, *Z* - декартовы координаты точки А;

x - расстояние от точки зрения до картинной плоскости по главному лучу;

y, *z* - перспективные координаты той же точки на картинной плоскости;

K - масштабный множитель.

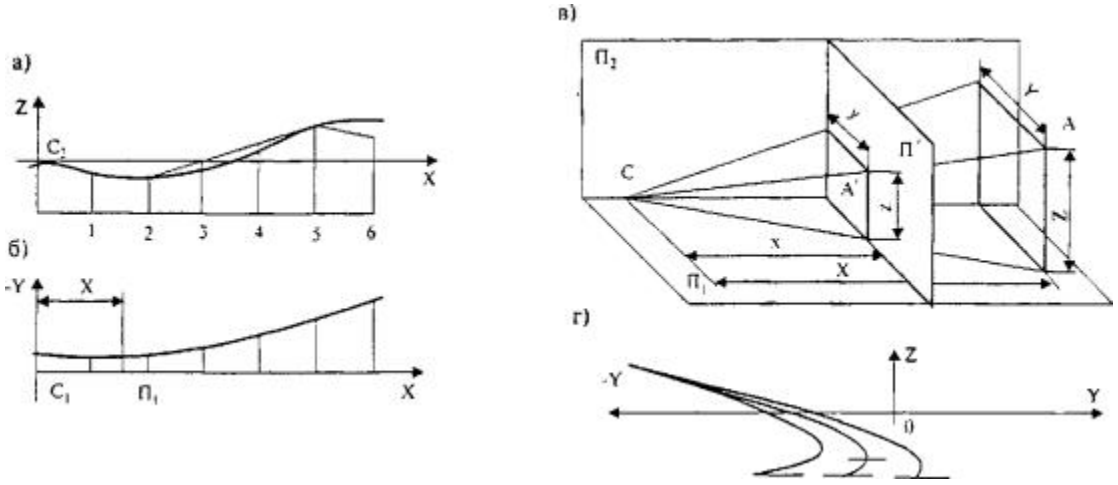


Рис. 34.1. Схема к построению перспективных изображений автомобильной дороги:
а - продольный профиль; б - план; в - расположение картинной плоскости в декартовой системе координат; г - перспективное изображение участка дороги

При построении перспективного изображения дороги и прилегающей местности используют панорамный метод, когда картинную плоскость заменяют цилиндрической поверхностью, а в горных условиях - конической поверхностью. В остальном техника построения перспективных изображений остается прежней.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

На основе уже накопленного опыта построения перспективных изображений участков автомобильных дорог выработаны следующие правила.

Местоположение наблюдателя устанавливают на границах архитектурно-ландшафтных бассейнов вблизи переломов продольного профиля в конце вертикальной выпуклой кривой со смещением точки зрения в сторону вершины кривой на 100-200 м, а также на участках дорог перед местами с ограниченной видимостью на расстоянии, равном расчетному расстоянию видимости при обгоне. При этом точку зрения размещают в 2,0-х м от правой кромки проезжей части на высоте 1,2 м над поверхностью дороги (Орнатский Н.П. Выбор точки зрения для построения перспективы автомобильной дороги: Сб. науч. тр./ МАДИ. - М., 1972. - Вып. 37. - С. 33-40);

Расстояние от точки зрения до картинной плоскости принимают x = 100 см, а главный луч принимают горизонтальным при небольших продольных уклонах и параллельным среднему уклону на затяжных подъемах (спусках);

При наличии поворота дороги главный луч смещают в сторону центра закругления, при этом положение главного луча устанавливают согласно схеме, представленной на рис. 34.2. Положение точки 2 устанавливают по расстоянию до зоны концентрации внимания водителя, определяемому по эмпирической формуле:

$L_{кв} = 4V$, где

(34.1)

V - скорость движения автомобиля, км/ч.

Следует иметь в виду, что формула (34.1) действительна при $V \geq 60$ км/ч.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru

Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

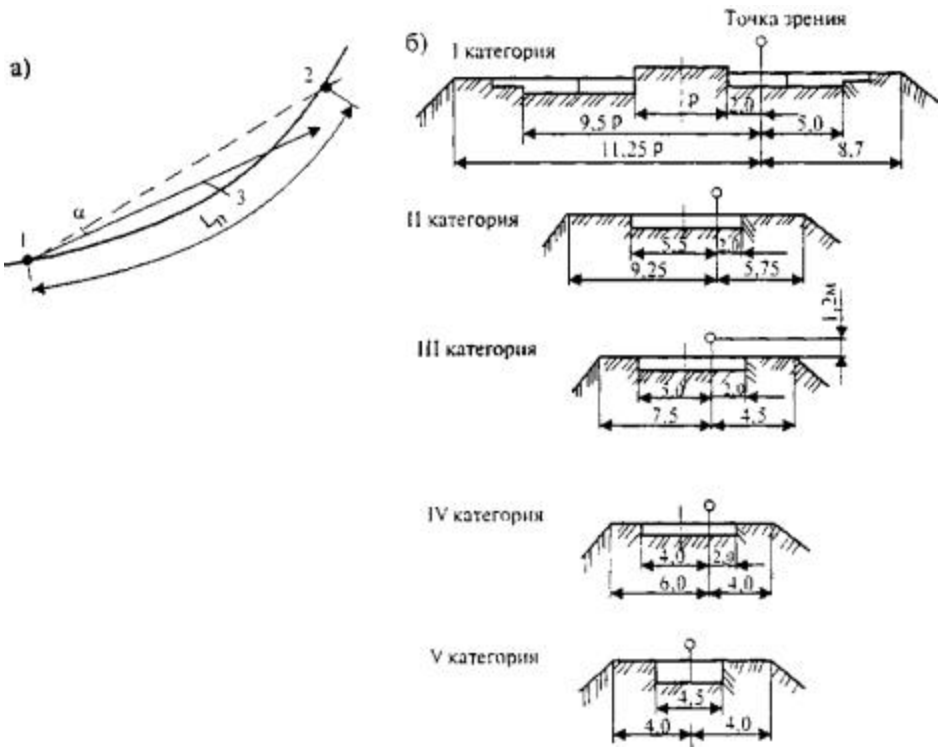


Рис. 34.2. Схема к определению положения главного луча и точки зрения водителя: а - на закруглении в плане; б - в поперечном профиле

Главный луч 3 в плане делит пополам угол острого зрения, т.е. расположен на 10° в сторону от хорды 1-2 (см. рис. 34.2).

В ряде программных комплексов для автоматизированного проектирования автомобильных дорог, например, «Creao», «IndorCAD/Road», предусмотрена возможность получения перспективного изображения участка дороги как в статическом, так и в динамическом режимах просмотра.

В статическом режиме проектировщик может вызвать на экран монитора или вычертить перспективное изображение участка дороги при расположении наблюдателя в определенном задаваемом створе дороги. Динамический режим просмотра заключается в создании фильма, имитирующего картину, которую видит водитель в процессе проезда автомобиля по запроектированной дороге. Для этого создают серии перспективных изображений с определенными интервалами между точками зрения наблюдателя, т.е. получают набор слайдов, показываемых с частотой, зависящей от скорости движения автомобиля.

Исходными данными для построения перспективных изображений дороги являются результаты выполненных в САПР-АД проектных решений: цифровая модель местности; план трассы; продольный профиль; поперечные профили земляного полотна; ширина проезжей части, обочин и разделительной полосы.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Эти данные при расчете координат перспективных изображений не требуют дополнительной обработки и ввода, так как выбираются автоматически из файлов, созданных на предыдущих этапах проектирования.

Однако необходим ввод дополнительной информации: местоположение наблюдателя (ПК +), направление просмотра (вперед по ходу пикетажа или назад), высота глаза наблюдателя (водителя) над поверхностью проезжей части (в некоторых программах по умолчанию этот параметр принят равным 1,2 м). Для этого проектировщик может использовать функциональные клавиши, описание которых отображается на экране монитора вместе со схематическими изображениями плана и продольного профиля дороги.

В программном комплексе «IndorCAD/Road» в случае необходимости могут быть введены данные, характеризующие расположенные рядом с дорогой здания (пикетажные положения, размеры, расстояние от дороги, этажность) и элементы обустройства (например, для дорожных знаков - пикетажное положение, расстояние от дороги и номер знака).

В результате расчетов на экран выдаются перспективные изображения участка дороги по ведущим линиям и прилегающего ландшафта (ось дороги, кромки проезжей части, бровки земляного полотна, подошва насыпи, внешние бровки выемок или боковых канав), поверхностей откосов и элементов рельефа. На экране также указывается пикетажное положение створа, в котором находится наблюдатель, высота точки зрения наблюдателя над поверхностью проезжей части и расстояние видимости поверхности дороги.

В программном комплексе «IndorCAD/Road» в состав перспективного изображения могут также входить изображения расположенных рядом с дорогой зданий и элементов обустройства дороги.

При просмотре фильма, моделирующего движение автомобиля по дороге, на экране дополнительно на совмещенных схемах плана и продольного профиля дороги указывается положение автомобиля в данный момент времени.

В результате просмотра перспективных изображений дороги могут быть выявлены участки с необеспеченной видимостью, оптическими искажениями вида дороги, излишней волнистостью, требующие корректировки проектных решений. После внесения необходимых изменений в план трассы, продольный профиль, конструкцию земляного полотна для получения новых перспективных изображений нет необходимости во вводе дополнительных данных.

34.3. Перцептивные изображения автомобильных дорог

Теоретический анализ пространственной плавности трассы дает возможность с достаточной степенью точности оценить ее соответствие принятым критериям.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Однако приемы увязки дороги с ландшафтом установлены пока лишь в общих формулировках, а качество размещения дороги на местности во многом зависит от опыта и эстетического вкуса проектировщика. Для получения наглядного представления о виде дороги после ее постройки прибегают к построениям методами начертательной геометрии перспективных изображений отдельных участков при взгляде с характерных точек местности, а также изготовлению моделей участков дороги. При анализе удовлетворения дорогой требованиям ландшафтной архитектуры прибегают к фотомонтажу - помещению на фотографию местности, снятую с места стоянки наблюдателя, построенного в масштабе фотоснимка перспективного изображения дороги.

К недостаткам анализа перспективных изображений, построенных по законам центральной проекции (к которым, кстати, относится и фотография), является несоответствие перспективных изображений и информации, получаемой при непосредственном зрительном восприятии человека. Поэтому возникла необходимость внесения корректив в пространственные параметры центральных проекций с учетом психофизических критериев восприятия человеком окружающей среды. При очевидных достоинствах компьютерных перспектив (и киноперспектив), построенных по законам центральной проекции, они не могут дать полного представления о будущем объекте без учета его психофизиологического (перцептивного) восприятия.

В работах российских и зарубежных ученых и, прежде всего, в работах академика Б.В. Раушенбаха на основе анализа живописных полотен и физических экспериментов по психологии зрительного восприятия и математических исследований разработана научная теория перцептивной проекции (percept - воспринимать), а также получены методы построения плоских перцептивных изображений. Результаты исследований академика Б.В. Раушенбаха учитывают сложные процессы зрительного восприятия, основанные на согласованной работе мозга человека и глаза. Сетчатка глаза человека фиксирует классическую центральную проекцию местности и находящихся на ней объектов (в том числе и автомобильных дорог), однако мозг преобразует эту информацию таким образом, что наблюдатель воспринимает ее совсем не такой, как это представлял себе проектировщик. Перцептивная проекция, хотя и не полностью совпадает по своим геометрическим параметрам с наблюдаемым пространством, но с большей степенью достоверности передает на плоскости то, что воспринимает наблюдатель на местности.

Использованию перцептивных проекций при ландшафтном проектировании автомобильных дорог посвящены исследования проф. А.И. Метелкина и канд. техн. наук С.Д. Шерстикова, выполненные в Воронежском инженерно-строительном институте (Шерстиков С.Д. Разработка методики ландшафтно-архитектурной проработки проектов автомобильных дорог с применением перцептивных проекций, фотограмметрии и ЭВМ: Дисс. канд. техн. наук. - М.: Союздорнии, 1992. Метелкин А.И., Борисович А.Ю., Шерстиков С.Д. Применение

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

перцептивных проекций при архитектурно-ландшафтном проектировании объектов // Изв. вузов. Стр-во и арх. - Новосибирск, 1991. - №4).

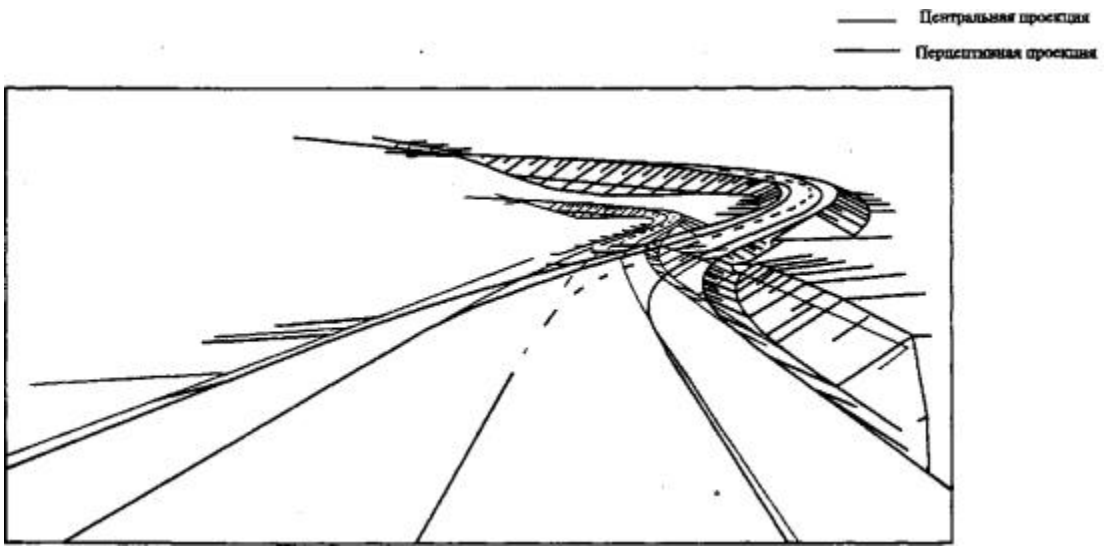


Рис. 34.3. Совмещенные изображения участка автомобильной дороги Минск-Брест, выполненные в центральной и перцептивной проекциях

Степень несоответствия изображения автомобильной дороги в центральной проекции зрительному восприятию наблюдателя можно оценить при анализе изображения проектируемого участка автомобильной дороги Минск-Брест, полученные в проектном институте «Белремдорпроект» (рис. 34.3). Одно изображение получено в центральной проекции (тонкие линии), другое - в перцептивной (толстые линии). Как видно, объекты среднего и дальнего плана наблюдатель воспринимает на местности увеличенными и приподнятыми по сравнению с классической центральной проекцией или фотографией. Результаты анализа зрительной плавности и ясности автомобильных дорог по ведущим линиям с использованием центральной и перцептивной проекций существенно расходятся. Так, представленные на рис 34.3 изображения, дают значения видимого радиуса кривизны R_a и видимой ширины B_a в экстремальной точке соответственно для центральной и перцептивной проекций: $R_a = 3$, $B_a = 2{,}06$ и $R_{an} = 67$, $B_{an} = 4{,}8$.

Математические формулы для расчета перцептивных проекций могут быть получены в соответствии с рис. 34.4. На расстоянии r от наблюдателя перпендикулярно главному лучу зрения расположен отрезок L, а на расстоянии $r_к$ перед наблюдателем - картинная плоскость N, тогда l_c и l_p будут соответственно величины центральной и перцептивной проекций отрезка L на картинную плоскость, а j_c и j_p - их угловые величины.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

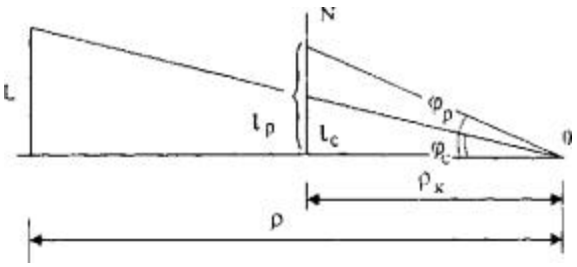


Рис. 34.4. Схема к выводу расчетных формул для построения перцептивной проекции

Обычно перцептивные изображения участков автомобильных дорог лежат в пределах конуса четкого видения с j_c £ 3°, для которого механизм возникновения перцептивного изображения характеризуется величинами L, l_c, l_p, j_c, j_p, связанными соотношениями:

$l_p = R_{(r)} l_c$; $R_{(r)} = R_0 f(r)$, где

R_0 - коэффициент преобразования на расстоянии r_0;

$R_{(r)}$ - коэффициент перцептивного искажения;

$f(r)$ - функция Б.В. Раушенбаха, определяемая на основе экспериментальных данных:

$$f(\rho) = \frac{\rho}{\rho_0}\left(1 - (az + bz)^n\right), z = 1 - \frac{\rho}{\rho_0},$$ где

a, b, n - коэффициенты, определяемые экспериментально, а расстояние r_0 зависит от дальности «четкого зрения». При r_0 = 20 м; a = 0,25; b = 0,7; n = 5.

Для отрезков, выходящих за пределы конуса «четкого видения» при 3° < j_c £ 30°, их разбивают на более мелкие части и переходят к пределу интегральных сумм.

34.4. Оценка зрительной плавности трассы

В соответствии с Указаниями по архитектурно-ландшафтному проектированию автомобильных дорог, ВСН 18-84 Минавтодора РСФСР, условием обеспечения зрительной плавности дороги является выполнение неравенства:

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

B_a £ $(1,6R_a - 1)^{0,486}$, где

B_a - видимая ширина проезжей части;

R_a - видимый радиус кривизны ведущей линии.

Для проверки выполнения этого условия на отдельных участках дорог с неблагоприятными сочетаниями элементов плана и продольного профиля проф. Е.М. Лобановым разработаны программы, в которых исходными данными для расчета являются характеристики участка дороги в плане и продольном профиле: пикетажное положение начала участка, длины прямых, переходных и круговых кривых в плане, их радиусы, пикетажное положение точек сопряжения элементов продольного профиля, уклоны в этих точках, радиусы вертикальных кривых, положение точки зрения наблюдателя, ширина земляного полотна дороги.

В результате расчета по программе на печать или на экран монитора выдается заключение об обеспеченности зрительной плавности дороги на данном участке.

34.5. Определение показателей транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог

Для определения пропускной способности дороги на ее отдельных участках, коэффициентов загрузки, средней скорости транспортного потока, итоговых коэффициентов аварийности, потерь в экономике от дорожно-транспортных происшествий предназначена программа, разработанная на кафедре изысканий и проектирования дорог МАДИ. В ее основу положены расчетные зависимости, приведенные в главах 23, 24.

Алгоритмом программы предусмотрено разделение дороги на однородные по дорожным условиям и интенсивности движения элементарные участки, определение для каждого из них частных и итоговых коэффициентов аварийности, снижения пропускной способности, тяжести дорожно-транспортных происшествий, пропускной способности, коэффициентов загрузки, средней скорости транспортного потока, потерь в экономике от дорожно-транспортных происшествий.

Исходные данные для расчета по программе учитывают: интенсивность и состав транспортного потока по длине дороги; ширины проезжей части, ширины обочин и их состояние; продольные уклоны; радиусы кривых; видимость в плане и продольном профиле; количество полос движения; коэффициенты сцепления; наличие мостов и путепроводов и ширина их проезжей части; наличие прямолинейных участков протяженностью более 3 км; наличие пересечений, их тип и конструктивные особенности; наличие населенных пунктов и их особенности; наличие деревьев, опор и других боковых препятствий в пределах земляного полотна; наличие площадок отдыха и сооружений для обслуживания

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

движения и особенности их размещения по отношению к дороге; тип дорожной разметки; знаки ограничения максимальной скорости движения.

Результаты расчета выдаются на экран или на печать в виде таблицы, в которой содержатся следующие данные: пикетажное положение однородных по дорожным условиям участков и соответствующие значения итоговых коэффициентов аварийности; пропускные способности; коэффициенты загрузки; средние скорости транспортного потока; средние продолжительности поездки; потери народного хозяйства от дорожно-транспортных происшествий. Кроме того, для всей дороги выдаются следующие данные: средняя скорость транспортного потока; средняя продолжительность поездки; потери народного хозяйства от дорожно-транспортных происшествий. Предусмотрена также возможность автоматического вычерчивания на графопостроителе графиков коэффициентов аварийности, пропускной способности и средних скоростей движения транспортного потока.

Применение программы обеспечивает возможность детерминистического моделирования условий движения по проектируемой дороге, позволяет быстро вносить изменения, связанные с корректировкой проектных решений, например, изменение типа пересечений, исправление трассы в плане или продольном профиле, назначение мероприятий по организации движения (установка дорожных знаков, разметка проезжей части и т.д.). Это существенно повышает возможности оптимизации проектных решений, обоснования эффективности мероприятий по повышению безопасности движения на существующих дорогах.

34.6. Оценка проектных решений автомобильных дорог на основе математического моделирования

В программном комплексе «Credo» для определения показателей, используемых для оценки проектных решений, применен метод математического моделирования, основанный на имитации движения транспортного потока по запроектированной дороге. В результате моделирования могут быть получены следующие показатели: средняя скорость и время движения транспортного потока; скорости движения одиночных автомобилей; себестоимость перевозок и ее составляющие; изменение по длине дороги расстояний видимости поверхности дороги и встречного автомобиля; коэффициенты аварийности и безопасности; выброс вредных веществ двигателями автомобилей; изменение уровней транспортного шума на придорожных территориях; концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе.

При моделировании рассматривают взаимодействия в системе «Водитель - Автомобиль - Дорога - Окружающая среда». В этой системе выделяют при решении различных задач отдельные подсистемы: «Водитель - Автомобиль - Дорога»; «Дорога - Транспортный поток»; «Окружающая среда - Транспортный поток». В подсистемах имитируют процессы, происходящие на дороге, с помощью

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

математических моделей, в которых входными параметрами являются дорожные условия, а выходными - скорости и продолжительность движения, показатели безопасности движения, затраты на перевозки, показатели неблагоприятного воздействия на окружающую среду. Математические модели подсистем взаимосвязаны. Одни из них, построенные на микроуровне, описывают процессы взаимодействия конкретного автомобиля в составе транспортного потока в определенных дорожных условиях. К ним можно отнести: модель движения одиночного автомобиля; модель расхода топлива автомобилем; модель выброса вредных веществ двигателем автомобиля. Другие модели построены на макроуровне и рассматривают взаимодействия множества автомобилей (водителей) в транспортном потоке. В их число входят: модель вероятностных характеристик скоростей в транспортном потоке; модель распределения интервалов между автомобилями в транспортном потоке; модель распространения вредных веществ в воздухе придорожного пространства и т. п. Используемые модели разработаны на основе как теоретических, так и эмпирических исследований.

В подсистеме «Водитель - Автомобиль - Дорога» можно моделировать влияние дорожных условий на выбор водителем режима движения автомобиля путем детального учета дорожных факторов в дифференциальном уравнении движения автомобиля.

Подсистемы «Водитель - Автомобиль - Дорога» и «Дорога - Транспортный поток» объединены на одном информационном уровне. Результаты моделирования в подсистеме «Водитель - Автомобиль - Дорога» служат исходной информацией для прогнозирования вероятностных характеристик типовых автомобилей в подсистеме «Дорога - Транспортный поток», математическая модель которой позволяет оценить вероятности основных ситуаций взаимодействия автомобилей в транспортном потоке при изменении по длине дороги элементов плана, продольного профиля дороги, а также других параметров дорожных условий.

Исходными данными для оценки проектных решений в программном комплексе «Credo» являются:

результаты проектирования плана трассы, продольного и поперечных профилей дороги, используемые автоматически, без дополнительной обработки и повторного ввода;

данные об интенсивности движения, составе транспортного потока, коэффициентах использования пробега и грузоподъемности;

марка автомобиля, используемого для расчета максимальной скорости движения одиночного автомобиля;

данные о боковых препятствиях, ограничивающих видимость на кривых в плане (придорожные насаждения, здания, ограды и т.д.), для которых указывают их

пикетажное положение и расстояние от оси внутренней полосы движения. Данные по расположенным в пределах кривых в плане выемках не требуют ввода, так как они учитываются автоматически при совместном анализе плана, продольного и поперечных профилей дороги;

информация об обстановке дороги: пересечениях, населенных пунктах, мостах, путепроводах и т.д. Для них наряду с данными о местоположении необходима дополнительная информация. Например, для мостов и путепроводов - габарит, для пересечений - его тип, интенсивность движения по пересекаемой дороге и расстояние видимости;

для участков дорог, проходящих через города, в состав исходных данных входят: способ организации движения, допустимая скорость, освещенность проезжей части и тротуаров, наличие трамвайных путей и особенности их размещения; местоположение тротуаров, размещение автобусных остановок и пешеходных переходов, интенсивность движения пешеходов, местоположение пересечений и примыканий, их тип, расстояние видимости, интенсивности движения автомобилей и пешеходов на пересекаемой дороге;

данные для прогнозирования интенсивности движения: закономерности и темпы ее роста, исходный и расчетный годы;

данные о состоянии проезжей части и обочин: тип покрытия, его ровность (показания толчкомера) и состояние (сухое, мокрое, заснеженное, гололед); тип укрепления обочин.

При моделировании с использованием указанных выше данных последовательно решают следующие задачи:

формируют расчетный транспортный поток с созданием рабочего файла технико-экономических показателей автомобилей, входящих в его состав;

выполняют анализ соответствия проектного решения требованиям нормативной документации;

выполняют расчет изменения по длине дороги расстояний видимости поверхности дороги и встречного автомобиля с определением в случае ограничения видимости размеров срезки откосов выемок или удаления других боковых препятствий, расположенных на кривых в плане.

моделируют движение автомобилей в транспортном потоке с расчетом скоростей движения, расхода топлива, эмиссии вредных веществ, уровня транспортного шума, показателей безопасности движения, себестоимости перевозок.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

Результаты расчетов с шагом 100 м (в случае необходимости - 20 м) можно просмотреть на экране и распечатать в виде таблиц, графиков и диаграмм как для всей дороги, так и для отдельных ее участков.

Соответствие техническим нормативам. В таблице приводится местоположение участков, на которых параметры плана трассы, продольного или поперечного профиля не соответствуют требованиям технических норм, а также значения параметров, выходящих за их пределы.

Видимость. Таблица с шагом 100 или 20 м содержит информацию о расстояниях видимости поверхности дороги и встречного автомобиля с указанием в случае несоответствия нормативным требованиям причин ограничения видимости (элементы плана или продольного профиля).

Максимальная скорость движения одиночного автомобиля и коэффициенты безопасности. Расчет максимальной скорости движения одиночного расчетного автомобиля в прямом и обратном направлениях выполняют на основе решения дифференциального уравнения тягового баланса автомобиля из условия полного использования мощности двигателя. Полученные значения скорости движения, представленные в виде таблиц или графиков, позволяют оценить соответствие проектного решения заданной расчетной скорости. По их значениям с использованием методики, изложенной в главе 23, определяют значения коэффициентов безопасности, представляемые в виде графиков и таблиц.

Средняя скорость транспортного потока. Результаты расчетов средней скорости транспортного потока в прямом, обратном и в обеих направлениях при расчетной интенсивности движения приводят в табличной форме с шагом 100 или 20 м, а также в виде графиков.

Коэффициенты относительной аварийности. В таблице и на линейном графике приводят результаты определения частных и итоговых коэффициентов аварийности по методике, изложенной в главе 24.

Расход топлива. Результаты расчета расхода топлива автомобилями транспортного потока выдают в табличной форме для прямого и обратного направления движения, а также суммарно для двух направлений.

Срезка откосов. В таблице приводят рекомендации по срезке откосов выемок или удаления других боковых препятствий с целью увеличения расстояния видимости до нормативных значений: пикетажное положение створов; расстояние до препятствий, ограничивающих видимость; величины срезки.

Эмиссия вредных веществ. Результаты расчетов выброса вредных веществ с отработанными газами двигателей автомобилей в течение суток выдают в виде таблиц или эпюр раздельно для окиси углерода, углеводородов, окислов азота,

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

сажи и свинца, а также в виде обобщенной токсичности с приведением к эквивалентной токсичности окиси углерода.

Концентрация вредных веществ в воздухе. В настоящее время для расчета эмиссии вредных веществ двигателями автомобилей и определения их концентрации в атмосферном воздухе применяют различные официально утвержденные методики. В связи с этим в программном комплексе «Credo» предусмотрены три варианта расчета концентрации загрязняющих веществ в воздухе:

расчет эмиссии вредных веществ двигателями автомобилей путем моделирования в системе «Водитель - Автомобиль - Дорога - Окружающая среда», а их концентрации в воздухе - по Методике расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных выбросов предприятий, ОНД-86 Госгидромета;

расчет эмиссии вредных веществ двигателями автомобилей путем моделирования в системе «Водитель - Автомобиль - Дорога - Окружающая среда», а их концентрации в воздухе - по методике, приведенной в Рекомендациях по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов Федерального дорожного департамента Минтранса России;

расчет эмиссии вредных веществ двигателями автомобилей и их концентрации в воздухе - по методике, приведенной в Рекомендациях по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов Федерального дорожного департамента Минтранса России.

Для выполнения расчетов необходим ввод дополнительной информации: скорость и направление ветра; вид и размеры элементов рельефа местности, для которой выполняют расчет; расстояние от дороги; состояние атмосферы и т.д.

Расчеты производят по основным загрязняющим веществам: окиси углерода, углеводородов, окислов азота, сажи и свинца, а также в виде обобщенной токсичности с приведением к эквивалентной концентрации окиси углерода.

Результатами расчетов являются графики и таблицы, содержащие данные о концентрации рассматриваемого вредного вещества в воздухе на различных расстояниях от дороги. Одновременно приводятся значения предельно допустимых концентраций (ПДК), сопоставляя которые с результатами расчетов, можно оценить соответствие проектного решения экологическим требованиям.

Уровни транспортного шума. Для определения уровней транспортного шума на различных расстояниях от дороги в программном комплексе «Credo» использована методика, приведенная в Рекомендациях по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

переходов Федерального дорожного департамента Минтранса России. Используемые при этом значения средней скорости транспортного потока принимают по результатам моделирования в системе «Водитель - Автомобиль - Дорога - Окружающая среда». При определении уровней транспортного шума могут быть учтены шумозащитные мероприятия: посадка деревьев и кустарников, строительство грунтовых валов, шумозащитных экранов. Для этого необходим ввод дополнительных данных: тип и ширина зеленых насаждений, местоположение и высота экранов, расстояния от дороги и т.д. Результаты расчетов уровней шума выдаются в виде таблиц и графиков для выбранных створов дороги.

34.7. Технико-экономическое сравнение вариантов автомобильных дорог и мостовых переходов

Варианты проектных решений могут существенно отличаться друг от друга по техническим показателям, стоимости строительства, транспортно-эксплуатационным качествам, показателям обеспечения требований безопасности движения и охраны окружающей среды. Обобщающим критерием для выбора наилучшего из рассматриваемых вариантов являются показатели эффективности капитальных вложений.

Программа оценки экономической эффективности инвестиций, разработанная на кафедре проектирования дорог МАДИ, предназначена для определения суммарных дисконтированных затрат для сравниваемых вариантов проектных решений и срока окупаемости капиталовложений. Она составлена для наиболее общего случая, предусматривающего возможность после постройки автомобильной дороги или мостового перехода переключения части перевозок грузов и пассажиров в районе тяготения с железнодорожного или водного транспорта на автомобильный,

С помощью расчетов по программе могут быть учтены: капиталовложения в строительство, реконструкцию, капитальные ремонты сравниваемых вариантов; капиталовложения в подвижной состав автомобильного, железнодорожного и водного транспорта; приведенная стоимость грузовой массы, находящейся в транспортном процессе; затраты на перевозку грузов и пассажиров автомобильным, железнодорожным и водным транспортом; затраты на ремонт и содержание автомобильной дороги или мостового перехода; экономические потери от дорожно-транспортных происшествий; потери в экономике от изъятия сельскохозяйственных угодий и неблагоприятного воздействия на окружающую среду; потери от создания дополнительных запасов грузов на складах для вариантов, допускающих сезонные перерывы в движении; экономический эффект от сокращения времени пребывания в пути пассажиров; экономический эффект, получаемый нетранспортными предприятиями, а также в непроизводственной сфере. Программа позволяет вести расчет одновременно для 5 вариантов. При этом предусмотрено, что за период сравнения вариантов, принимаемый равным 35 годам, возможно двукратное изменение темпов прироста объемов перевозок,

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

проведение двух реконструкций и 3-х капитальных ремонтов. Для всех вариантов, отличающихся по сравнению с эталонным вариантом, соответствующим сохранению существующих условий, большей величиной дисконтированных единовременных затрат, рассчитывают срок окупаемости капиталовложений. В основу алгоритма программы положены расчетные методики и зависимости, рекомендуемые в Указаниях по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительство и реконструкцию автомобильных дорог (ВСН 21-83).

В качестве исходных данных для расчета по программе вводят:

количество сравниваемых вариантов;

нормативные показатели для расчета автотранспортных расходов и капиталовложений в автомобильный транспорт;

данные об интенсивности движения и составе транспортного потока для каждого из вариантов;

данные и показатели для определения всех составляющих единовременных и текущих затрат. Основными из них являются: сроки строительства, реконструкции и капительных ремонтов по каждому из вариантов и необходимые для этих целей капиталовложения;

годы изменения темпов роста объема перевозок и процент прироста объемов перевозок в отдельные периоды;

объемы перевозок грузов и пассажиров автомобильным, железнодорожным и водным транспортом;

грузооборот и пробег автомобилей в районе тяготения по дорогам с различными типами дорожных одежд, средние скорости движения автомобилей;

показатели работы автомобильного транспорта;

показатели для расчета затрат по перевозкам грузов железнодорожным и водным транспортом;

средняя цена перевозки 1 т грузов;

продолжительность сезонных перерывов в движении;

потери в экономике от дорожно-транспортных происшествий;

экономический ущерб от неблагоприятного воздействия на окружающую среду;

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru

экономический эффект, получаемый в нетранспортных предприятиях и в непроизводственной сфере и т.д.

Результаты расчета выдаются на печать в виде таблицы, в которой для каждого варианта указываются суммарные дисконтированные затраты и дается их разбивка по составляющим (капиталовложения в строительство, реконструкцию, капитальные ремонты; подвижной состав по видам транспорта; текущие затраты - транспортные расходы по отдельным видам транспорта, дорожно-эксплуатационные расходы, потери от дорожно-транспортных происшествий, ущерб от создания дополнительных запасов грузов на складах, экономический ущерб от неблагоприятного воздействия на окружающую среду, экономический эффект, получаемый в нетранспортных предприятиях, и т.д. Для вариантов с большими по сравнению с эталонным вариантом, дисконтированными единовременными затратами, на печать выдаются значения срока окупаемости капиталовложений.

Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда, аудит и сертификация, согласования и разрешения – uslugi.complexdoc.ru
Размещение рекламы в документах: reklama.complexdoc.ru