

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.

Министерство образования и науки Украины  
Харьковская национальная академия городского хозяйства

# ***КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ***

***по учебной дисциплине «ВОДООТВЕДЕНИЕ»***

*(для студентов 4 курса дневной и заочной форм обучения  
специальности 6.092600 - Водоснабжение и водоотведение)*



Конспект лекций по учебной дисциплине «Водоотведение» (для студентов 4 курса дневной и заочной форм обучения специальности 6.092600 – Водоснабжение и водоотведение) / Сост.: Козловская С.Б., Ковалёва Е.А. – Харьков: ХНАГХ, 2007. – 98 с.

Составители: С.Б.Козловская,  
Е.А.Ковалёва

Рецензент: д.т.н., проф. С.С.Душкин

Рекомендовано кафедрой водоснабжения, водоотведения и очистки вод,  
протокол № 4 от 4 декабря 2006 г.

**Учебное издание**  
**КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ**  
*по учебной дисциплине*  
**«ВОДООТВЕДЕНИЕ»**

(для студентов 4 курса дневной и заочной форм обучения  
специальности 6.092600 – Водоснабжение и водоотведение)

Составители: КОЗЛОВСКАЯ Светлана Борисовна,  
КОВАЛЁВА Елена Александровна

Ответственный за выпуск: д.т.н., проф. С.С.Душкин

Редактор: З.М.Москаленко

План 2007, поз. 5

---

|                         |                   |                 |
|-------------------------|-------------------|-----------------|
| Подп. к печати 29.01.07 | Формат 60x84 1/16 | Бумага офисная  |
| Печать на ризографе     | Усл.-печ. л. 4,6  | Уч.-изд. л. 5,0 |
| Зак. №                  | Тираж 150 экз.    |                 |

---

ХНАГХ, 61002, Харьков, ул. Революции, 12

---

Сектор оперативной полиграфии ВЦ ХНАГХ  
61002, Харьков, ул. Революции, 12

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                            | Стр. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Введение.....                                                                                                                                              | 5    |
| 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВОДООТВЕДЕНИИ .....                                                                                                                    | 6    |
| 2. СИСТЕМЫ И СХЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ .....                                                                                                                       | 10   |
| 2.1. Классификация и краткая характеристика сточных вод.....                                                                                               | 10   |
| 2.2. Системы водоотведения.....                                                                                                                            | 12   |
| 2.3. Достоинства и недостатки систем водоотведения .....                                                                                                   | 16   |
| 2.4. Общая схема водоотведения и ее основные элементы.....                                                                                                 | 18   |
| 2.5. Схемы водоотведения.....                                                                                                                              | 23   |
| 2.6. Системы водоотведения малонаселенных мест и отдельно<br>расположенных объектов.....                                                                   | 25   |
| 2.7. Системы водоотведения промпредприятий.....                                                                                                            | 27   |
| 2.8. Условия приема сточных вод в водоотводящие сети.....                                                                                                  | 28   |
| 3. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ВОДООТВОДЯЩИХ<br>СИСТЕМ.....                                                                                            | 30   |
| 3.1. Расходы сточных вод.....                                                                                                                              | 32   |
| 3.2. Коэффициенты неравномерности.....                                                                                                                     | 33   |
| 3.3. Определение расходов бытовых и производственных сточных вод.....                                                                                      | 35   |
| 3.3.1. Расход сточных вод от населения.....                                                                                                                | 35   |
| 3.3.2. Расход бытовых сточных вод от промышленных предприятий.....                                                                                         | 36   |
| 3.3.3. Расход душевых сточных вод.....                                                                                                                     | 37   |
| 3.3.4. Расход производственных сточных вод.....                                                                                                            | 38   |
| 4. ОСНОВЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ВОДООТВОДЯЩИХ<br>СЕТЕЙ.....                                                                                              | 39   |
| 4.1. Гидравлический расчет самотечных водоотводящих сетей<br>(определение расчетных расходов сточных вод на расчетных участках<br>водоотводящей сети)..... | 40   |
| 4.2. Расчет напорных трубопроводов.....                                                                                                                    | 46   |

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВНЕШНЕЙ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СЕТИ.....                                | 48 |
| 5.1. Расположение трубопроводов водоотводящих сетей в пределах проездов.....       | 48 |
| 5.2. Минимальная и максимальная глубина заложения трубопроводов.....               | 50 |
| 5.3. Соединение труб в колодцах.....                                               | 51 |
| 6. УСТРОЙСТВО КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СЕТИ.....                                            | 53 |
| 6.1. Колодцы, устраиваемые на канализационной сети.....                            | 53 |
| 6.2. Пересечение трубопроводов с препятствиями.....                                | 55 |
| 6.3. Трубы.....                                                                    | 58 |
| 6.4. Основания под трубы.....                                                      | 63 |
| 6.5. Вентиляция водоотводящей сети.....                                            | 63 |
| 6.6. Строительство водоотводящих сетей.....                                        | 64 |
| 7. ДОЖДЕВАЯ ВОДООТВОДЯЩАЯ СЕТЬ.....                                                | 68 |
| 7.1. Общие сведения.....                                                           | 68 |
| 7.2. Схемы и системы водоотведения.....                                            | 69 |
| 7.3. Основные расчетные параметры, характеризующие дождь.....                      | 73 |
| 7.4. Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя.....             | 75 |
| 7.5. Коэффициент стока.....                                                        | 76 |
| 7.6. Определение расчетных расходов дождевых вод.....                              | 76 |
| 7.7. Определение расчетной продолжительности дождя.....                            | 78 |
| 7.8. Удельный сток дождевых вод.....                                               | 79 |
| 7.9. Проектирование схем дождевой сети.....                                        | 80 |
| 7.10. Нормативные требования для гидравлического расчета дождевой сети.....        | 82 |
| 7.11. Сооружения на дождевой сети.....                                             | 83 |
| 7.12. Гидравлический расчет дождевой воды.....                                     | 91 |
| 7.13. Загрязненность поверхностного стока и его влияние на состояние водоемов..... | 92 |
| 7.14. Динамика изменения загрязненности поверхностного стока.....                  | 94 |
| Список литературы.....                                                             | 97 |

## **ВВЕДЕНИЕ**

Водоотведение – отрасль народного хозяйства, являющаяся неотъемлемой частью современного жилищно-коммунального хозяйства, решающая вопросы обеспечения и постоянного улучшения санитарного состояния населения городов и окружающей природной среды.

В настоящее время трудно представить современный город, пусть даже и небольшой, без полноценной функционирующей водоотводящей системы.

Объектами водоотведения являются: населенные пункты, промышленные предприятия и поверхность территории населенных мест и промплощадок, на которую выпадают атмосферные осадки.

Под современной системой водоотведения понимают комплекс санитарных мероприятий и сложных инженерных сооружений и оборудования, обеспечивающих прием сточных вод в местах их образования, быстрый отвод их за пределы зданий, сбор сточных вод со всей территории населенных мест, быстрое отведение (транспортирование) их по подземным трубопроводам за пределы населенного пункта на очистные сооружения для их очистки, обезвреживания и обеззараживания.

В конспекте лекций приведены основные сведения о существующих системах водоотведения, сведения по устройству, проектированию и расчету водоотводящих сетей.

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВОДООТВЕДЕНИИ

Водоотведение и очистка сточных вод является одной из специальных дисциплин, которая решает задачи сбора и отвода за пределы городов и промышленных предприятий использованных и отработавших вод, их очистки, обезвреживания и выпуска в водоемы, а также решает вопросы обработки образующихся при очистке осадков и их утилизации.

Каждый город и промышленные предприятия имеют комплекс подземных самотечных и напорных трубопроводов, очистных сооружений. Комплекс инженерных сооружений и санитарных мероприятий, предназначенных для сбора, отвода за пределы города, очистки, обезвреживания и обеззараживания сточных вод и выпуска их в водоемы называется *водоотводящей системой*.

Сточные воды образуются при использовании природной или водопроводной воды для бытовых целей и технологических процессов промышленных предприятий. К сточным водам относятся также атмосферные осадки - дождевые и талые воды, выпадающие на территории городов и промышленных предприятий. Сточные воды содержат в своем составе органические загрязнения, которые способны гнить и служить средой для развития различных микроорганизмов. Поэтому сточные воды являются источником различных заболеваний и распространения инфекций, что может вызвать возникновение эпидемий. Кроме органических загрязнений сточные воды содержат в своем составе и минеральные загрязнения, вредные и токсичные вещества. Таким образом, сточные воды являются источником загрязнения окружающей природной среды - водоемов, почв и т.д.

Устройство систем водоотведения устраняет все негативные последствия от воздействия сточных вод на окружающую природную среду. После очистки сточные воды обычно сбрасываются в водоем. Наиболее совершенными системами водоотведения являются такие, которые обеспечивают очистку и подготовку сточной воды до такого качества, при котором возможен возврат

воды для повторного использования в промышленном или сельском хозяйстве. Такие системы называются *бессточными* или *замкнутыми*.

В небольших населенных пунктах с малой плотностью населения санитарное благополучие решается путем сбора отходов в специальных выгребях и последующего вывоза их на специальные поля для обезвреживания. Такая система называется *вывозной*.

История развития канализации свидетельствует о том, что сооружения для отвода бытовых и дождевых вод устраивались уже в глубокой древности. Так, они были обнаружены в результате раскопок в Индии, Греции, Риме, Египте и в др. странах. Каналы для отведения сточных вод строились и в Древней Руси уже в XII веке – в Новгороде. В Московском Кремле в 1367 г. была проложена первая водосточная труба, предназначенная для отвода дождевых вод в Москву-реку. В Петербурге в начале XVIII века устраивались каналы из дерева для отвода дождевых вод, а в 1770 г. начато строительство водостоков из кирпича в центральной части города. До 1917 г. в России имели централизованную систему канализации лишь 18 городов, но и в этих городах строилась канализация только в центральных районах. Сточные воды, как правило, выпускались в водоемы без всякой очистки и даже в черте города. Но к 1932 году в России уже была построена канализация в 55 городах общей пропускной способностью 575 тыс. м<sup>3</sup>/сут (для сравнения: Москва – 9 млн., Харьков – 1 млн. м<sup>3</sup>/сут – сегодня). В то же время в США строительство систем водоотведения осуществлялось быстро - к 1902 г. они были уже в 1000 городах. Однако эти системы имели лишь водоотводящие сети – т.е. системы подземных трубопроводов для отвода сточных вод за пределы городов и промышленных предприятий и сброса их в водоемы. Англия же первая установила требования к очистке сточных вод и уже в 1870 г. были установлены нормы очистки сточных вод в зависимости от их разбавления при выпуске в водоемы.

К 1987 году в бывшем СССР был канализован 1851 город (85,1% от общего числа городов) и 2132 поселковых населенных пункта (53,4% от общего числа поселков).

Благодаря принятым в Украине усилиям основная часть наших городов, населенных пунктов и промышленных предприятий уже имеют к настоящему времени совершенные системы водоотведения. Однако не все эти системы имеют совершенные и эффективные очистные сооружения или пропускная способность существующих очистных сооружений недостаточна.

Системы водоснабжения и водоотведения тесно связаны между собой. При отсутствии системы водоотведения ограничивается потребление воды, т.к. возникают затруднения с удалением сточных вод. Строительство зданий более 2-3 этажей невозможно без водоотведения, а при отсутствии системы водоснабжения невозможно создать систему водоотведения, так как только при большом потреблении воды образующиеся загрязнения разбавляются водой до такой степени, когда можно создать сплошные потоки воды в самотечных трубопроводах, способные обеспечить гидротранспорт этих загрязнений за пределы городов и промышленных предприятий. Современную систему водоснабжения и водоотведения можно создавать только при наличии внутренних (в зданиях) систем водоснабжения и водоотведения. При этом жители, стремясь удовлетворить свои бытовые потребности, увеличивают потребление воды, что позволяет нормально функционировать системам водоотведения.

Современные города с большой площадью застройки, плотностью и численностью населения, а также с застройкой многоэтажными и высотными зданиями могут существовать только при наличии современных систем водоснабжения и водоотведения. Потребление и отвод воды от каждого санитарного прибора, квартиры и здания без ограничения обеспечивают высокие санитарно-эпидемиологические и комфортные условия жизни людей. Только современные сплавные системы водоотведения позволили людям оборудовать свои квартиры не только раковинами для мойки посуды и умывальниками, но и ваннами с использованием горячей воды, благодаря чему и растет количество потребляемой воды и отводимых сточных вод. И все эти воды необходимо не только отвести, но и очистить, а это сопряжено с

большими материальными и финансовыми затратами. Поэтому сегодня уже стоит вопрос о сокращении объема, как потребляемой воды, так и отводимых сточных вод или совершенствования систем и схем водоотведения, а также методов очистки сточных вод, обеспечивающих интенсификацию работ систем водоотведения.

## 2. СИСТЕМЫ И СХЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ

### 2.1. Классификация и краткая характеристика сточных вод

В процессе жизнедеятельности человек использует большое количество воды. При использовании ее в быту и промышленности вода загрязняется, в ней накапливаются вещества органического и минерального происхождения и при этом изменяются ее физические свойства. И вот такую воду принято называть *сточной водой*. Загрязняя окружающую среду, сточные воды создают условия для возникновения различных болезней и эпидемий.

Кроме того, в сточных водах могут содержаться токсичные вещества (кислоты, щелочи, соли, тяжелые металлы), которые вызывают отравления живых организмов и гибель растений. Поэтому сточные воды должны удаляться из населенных пунктов и промышленных помещений. Таким образом, водопроводная вода, используемая в бытовой и производственной деятельности человека, загрязняясь органическими и неорганическими веществами, превращается в сточную воду и подлежит удалению.

Наибольшую опасность в санитарном отношении представляют органические загрязнения, так как при гниении они выделяют вредные, дурно пахнущие газы, как сероводород, аммиак, углекислый газ. Кроме того, в сточных водах содержатся и микробы, вызывающие заболевания дизентерией, брюшным тифом, холерой.

Минералогические загрязнения сточных вод не опасны для здоровья людей и животных, но также должны удаляться за пределы населенных мест. По происхождению сточные воды можно классифицировать на бытовые (хозяйственно-фекальные), производственные и атмосферные.

**Бытовые сточные воды** образуются в жилых, административных и коммунальных зданиях, а также в бытовых помещениях промышленных предприятий. Это воды от умывальников, раковин, ванн, унитазов, моек и т.д. Они сильно загрязнены минеральными и органическими веществами, содержат

много бактерий, в том числе и патогенных. Бытовые воды опасны в санитарном отношении.

**Производственные** (промышленные) воды – образуются на промышленных объектах в результате технологических процессов производства. По степени загрязненности они делятся на: а) условно-чистые; б) загрязненные.

**Условно-чистые воды** не содержат специфических загрязнений, в процессе использования они лишь меняют свою температуру (это воды от охлаждения машин, агрегатов, конденсационные воды).

**Загрязненные производственные воды** по составу загрязнений и их концентрации весьма разнообразны, загрязненность их зависит от вида производства и технологии производства. Могут быть воды загрязненные в основном либо минеральными примесями, либо органическими, либо смешанными, либо содержать бактериальные загрязнения, вредные, ядовитые, радиоактивные вещества и т.д.

**Атмосферные сточные воды** образуются в процессе выпадения дождей и таяния снега и называют их дождевыми или ливневыми. По составу загрязнений они могут быть близки к разбавленным бытовым и производственным сточным водам.

*Основными характеристиками сточных вод являются:*

1. Их количество, характеризуемое расходом, измеряемым в л/с или  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $\text{м}^3/\text{сут}$ .
2. Степень равномерного и неравномерного образования и поступления сточных вод в водоотводящую систему, которая определяется коэффициентами неравномерности. В табл. 2 [3] приведены общие коэффициенты неравномерности притока сточных вод в зависимости от среднего расхода сточных вод.
3. Виды загрязнений и содержание их в сточных водах, характеризуемое концентрацией загрязнений, измеряемых в мг/л или  $\text{г}/\text{м}^3$ .

В бытовых сточных водах содержатся загрязнения минерального и

органического происхождения. Находятся эти загрязнения в нерастворенном и растворенном состояниях. Нерастворенные загрязнения называются взвешенными веществами. Наиболее опасны – загрязнения органического происхождения. В среднем в бытовых сточных водах взвешенных веществ органического происхождения содержится 100-300 мг/л. Содержание органических загрязнений, находящихся в растворенном состоянии, оценивается величиной биохимической потребности в кислоте (БПК) и химической потребностью в кислороде (ХПК) – 150-600 – 100-400 мг/л. В табл. 25 [3] приведено количество загрязняющих воду веществ на одного жителя (так, количество загрязняющих веществ на одного жителя по взвешенным веществам равно 65 г/сут; БПК – 75 г/сут; азот аммонийных солей  $N$  – 8 г/сут; фосфаты  $P_2O_5$  – 3,3 г/сут и т.д.).

Различная степень загрязнения сточных вод, различная неравномерность и количество их при проектировании ставят важную задачу совместного или раздельного отведения отдельных видов сточных вод, совместной или раздельной их очистки.

## 2.2. Системы водоотведения

Возможны различные решения систем водоотведения – путем совместного или раздельного водоотведения сточных вод различных видов. В зависимости от этого проектируемые водоотводящие системы подразделяются на: *общесплавные, раздельные и комбинированные*, а раздельные системы подразделяются на *полные раздельные, неполные раздельные и полураздельные*.

**Общесплавная система водоотведения** имеет одну водоотводящую сеть, предназначенную для отвода сточных вод всех видов: бытовых, производственных и дождевых. Особенностью общесплавной системы является наличие на главном коллекторе ливнеспусков, через которые часть смеси сточной воды сбрасывается в водоем при выпадении сильных дождей (рис. 2.1).

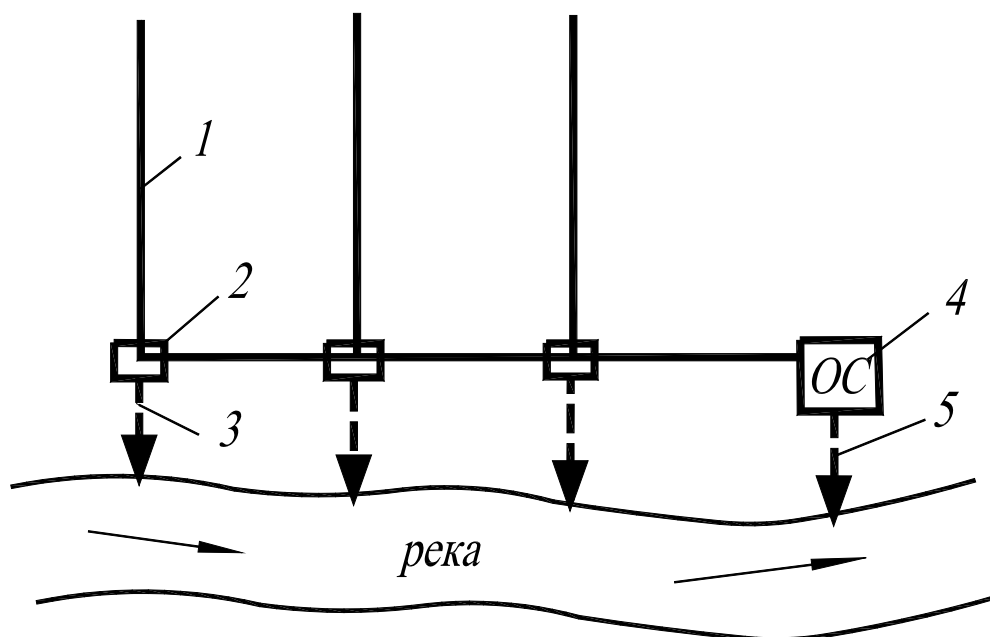


Рис. 2.1 – Общесплавная система водоотведения:

1 – коллектор, транспортирующий бытовые, производственные и дождевые сточные воды; 2 – ливнеспуск; 3 – сбросной трубопровод от ливнеспуска; 4 – очистные сооружения; 5 – выпуск очищенных сточных вод

Отвод с обслуживаемых объектов всех сточных вод обеспечивает высокое санитарное состояние городов и промышленных предприятий. Применять общесплавную систему канализации целесообразно при наличии рядом с обслуживаемым объектом рек с большим расходом воды, в которые допустим сброс значительных объемов неочищенных сточных вод.

**Полная раздельная система водоотведения** (рис 2.2) имеет две или больше водоотводящих сетей, каждая из которых предназначена для отвода сточных вод определенного вида – для отвода бытовых вод от города, производственных и дождевых. При полной раздельной системе водоотведения очистка поверхностного стока может решаться или созданием локальных очистных сооружений поверхностного стока перед выпуском прямо на дождевой сети или созданием централизованных очистных сооружений за пределами обслуживаемого объекта и переброски на них дождевых вод по главному коллектору дождевой сети.

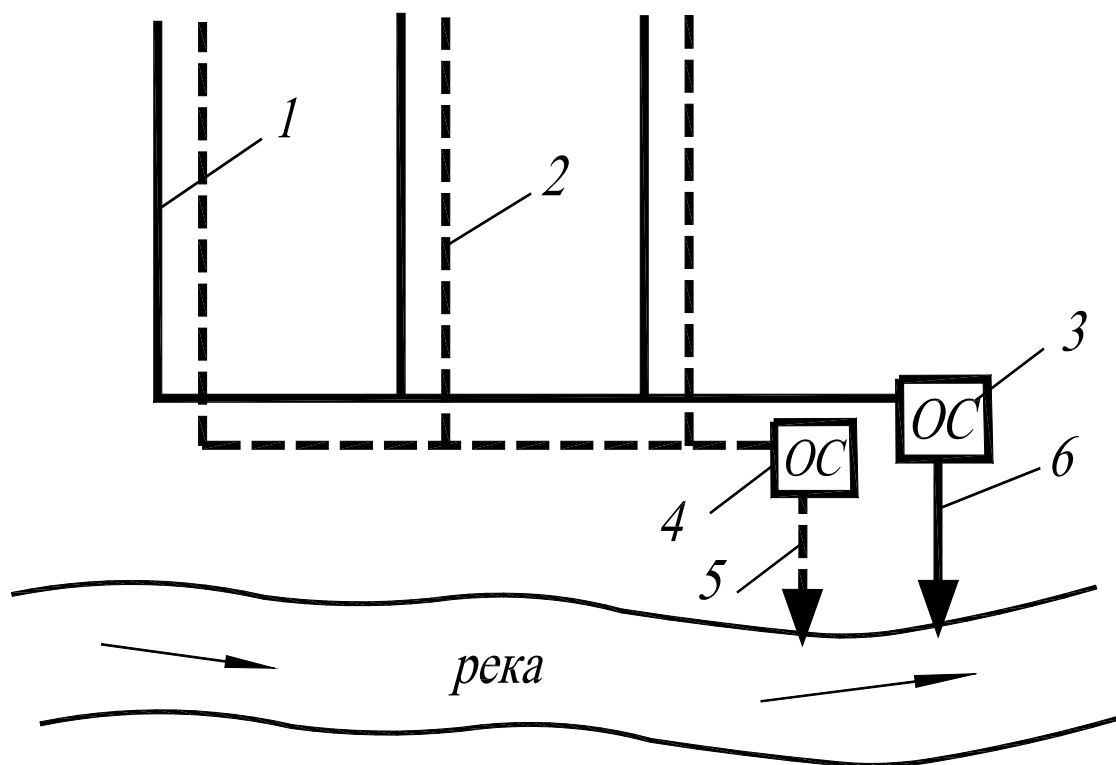


Рис. 2.2 – Полная раздельная система водоотведения:

- 1 – коллектор, транспортирующий бытовые и промышленные сточные воды;
- 2 – коллектор, транспортирующий дождевые сточные воды;
- 3 – очистные сооружения промбытовых сточных вод; 4 – очистные сооружения дождевых сточных вод; 5 и 6 – выпуски очищенных сточных вод в водоем

**Неполная раздельная система водоотведения** имеет одну водоотводящую сеть, предназначенную для отвода загрязненных бытовых и производственных сточных вод (производственно-бытовая сеть). Отвод дождевых вод в водоем предусмотрен по открытым лоткам или канавам. Применяются обычно для небольших объектов.

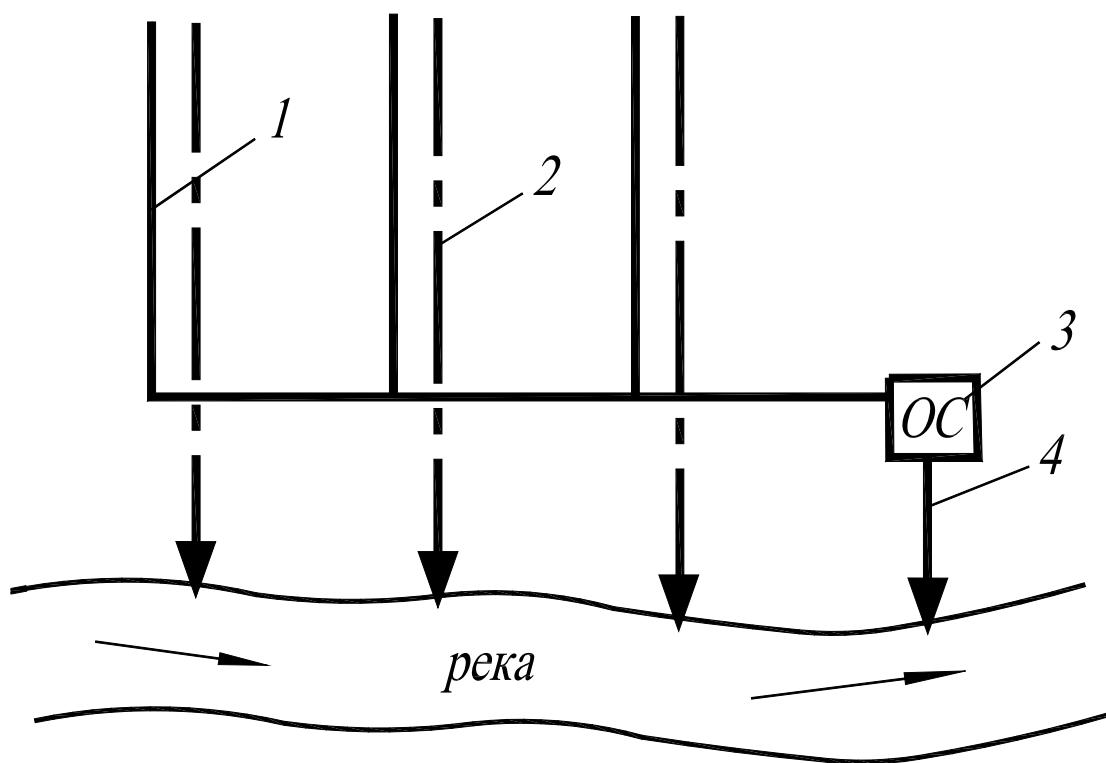


Рис. 2.3 – Неполная раздельная система водоотведения:

- 1 – коллектор, транспортирующий бытовые и промышленные сточные воды;  
 2 – открытые лотки, кюветы и канавы для отведения дождевых вод в водоем;  
 3 – очистные сооружения; 4 – выпуск очищенных сточных вод

**Полураздельная система водоотведения** (рис 2.4). При этой системе одновременно строятся две подземные сети труб – производственно-бытовая и дождевая, и один общий главный коллектор, по которому все бытовые и производственные сточные воды и первые наиболее загрязненные порции дождевой воды (до 70% годового стока) отводятся на очистные сооружения, а более чистая часть дождевого стока по ливнеотводам сбрасывается в водоем без очистки.

**Комбинированная система водоотведения** обычно складывается исторически (по мере развития города), когда в разных районах города возникают разные системы водоотведения. Например, в одном (старом) районе города имеется общесплавная система, а в новом районе строят раздельную систему.

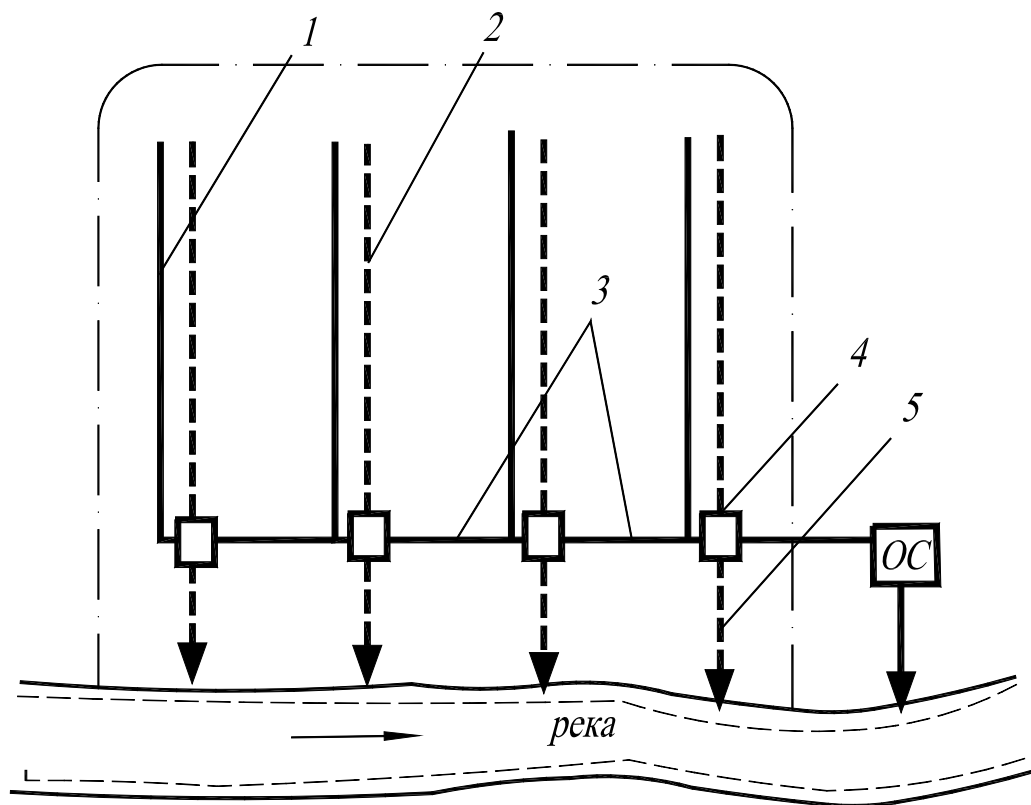


Рис. 2.4 – Полураздельная система водоотведения:

- 1 – производственно-бытовая сеть; 2 – дождевая сеть;  
 3 – общий (общесплавной) главный коллектор; 4 – разделительные камеры;  
 5 – ливнеотводы

Каждая из перечисленных систем водоотведения имеет достоинства и недостатки.

### 2.3. Достоинства и недостатки систем водоотведения

*Достоинства общесплавной системы:*

1. Протяженность и стоимость одной сети по сравнению с несколькими сетями полной раздельной системы значительно меньше.
2. Легче проложить один трубопровод, чем несколько по проезжей части улиц, меньше смотровых колодцев с люками и крышками на поверхности проездов.
3. Меньше стоимость эксплуатации сети.

*Недостатки:*

1. Требуются большие единовременные затраты в начале строительства сети, состоящей из труб большого диаметра. При полной раздельной системе в первую очередь может быть построена только бытовая сеть из труб сравнительно малых диаметров.
2. Больше стоимость строительства и эксплуатации насосных станций и очистных сооружений, так как расходы воды, поступающие на насосные станции общесплавной системы, превышают в 1,5-3 раза расходы воды на те же сооружения полной раздельной системы.
3. В водоем через ливнеспуски сбрасывается смесь сточных вод, т.е. и бытовые сточные воды, которые характеризуются более высокими показателями загрязнений.
4. Через ливнеспуски возможно подтопление водоотводящей сети в период паводков в реках и повышения уровня воды в них.

*Достоинства полной раздельной системы:*

1. Невелики единовременные затраты на строительство бытовой сети.
2. Стоимость строительства и эксплуатации очистных сооружений меньше, чем стоимость их строительства при общесплавной системе.

*Недостатком* полных раздельных систем водоотведения является то, что весь объем дождевых вод сбрасывается без очистки в водоем.

*При полураздельной системе водоотведения достоинством* является то, что в водоем сбрасывается лишь часть менее загрязненных дождевых вод, а наиболее загрязненные воды направляются на очистные сооружения и подвергаются очистке.

Таким образом, применение общесплавных систем целесообразно при наличии рядом с обслуживаемым объектом мощного водоема и в районах, характеризующихся выпадением небольшого количества осадков. При расположении очистных сооружений на большом расстоянии от обслуживаемого объекта общесплавная система может оказаться менее выгодной по сравнению с применением полной раздельной системы.

Применение общесплавной системы целесообразно на узких улицах с большой насыщенностью их подземными сооружениями.

Применение же полной раздельной и общесплавной систем не всегда способны обеспечить возросшие санитарные требования. Наиболее перспективной является полураздельная система, которая в основном и нашла применение у нас.

## **2.4. Общая схема водоотведения и ее основные элементы**

Схемы водоотведения составляются на основе генпланов городов в масштабе 1:5000-1:10000 с горизонталями через 1-2 м. На генпланах указаны кварталы и проезды. Для промышленных предприятий схемы разрабатываются на основе генпланов этих предприятий в масштабе 1:1000-1:5000 с горизонталями через 0,5-1 м.

Водоотводящая система состоит из следующих основных элементов:

- 1) внутренних водоотводящих систем зданий;
- 2) наружной внутриквартальной (дворовой) водоотводящей сети;
- 3) внешней (наружной) водоотводящей сети;
- 4) регулирующих резервуаров;
- 5) насосных станций и напорных трубопроводов;
- 6) очистных сооружений;
- 7) выпусков очищенных сточных вод в водоем и аварийных выпусков сточной воды в водоем.

**Внутренняя водоотводящая система** (рис. 2.5) состоит из приемников сточных вод (санитарных приборов) и внутренней водоотводящей сети, которая включает стояки, отводные линии и выпуски из зданий. Все трубопроводы укладывают с уклоном к стоякам для обеспечения самотечного отвода воды. Трубопроводы стояков прокладывают вертикально, а верхняя часть возвышается над крышей на высоте 0,7-1 м. Через стояки обычно осуществляется вытяжка газа (вентиляция). Выпуски – это участки

трубопроводов от стояков до смотровых колодцев на внутриквартальной водоотводящей сети, которые также укладываются с уклоном. Для исключения попадания газов в помещения под санитарными приборами устанавливают сифоны (гидравлические затворы), в которых постоянно находится вода высотой 8-10 см.

**Внутриквартальная водоотводящая сеть** (рис. 2.6) представляет собой систему подземных трубопроводов. Трассируется она обычно около зданий, соединяя выпуски из зданий. На участке внутриквартальной сети на расстоянии 1-1,5 м от красной линии располагается контрольный колодец, служащий для контроля за работой внутриквартальной сети, а на выпусках из зданий – смотровые колодцы.

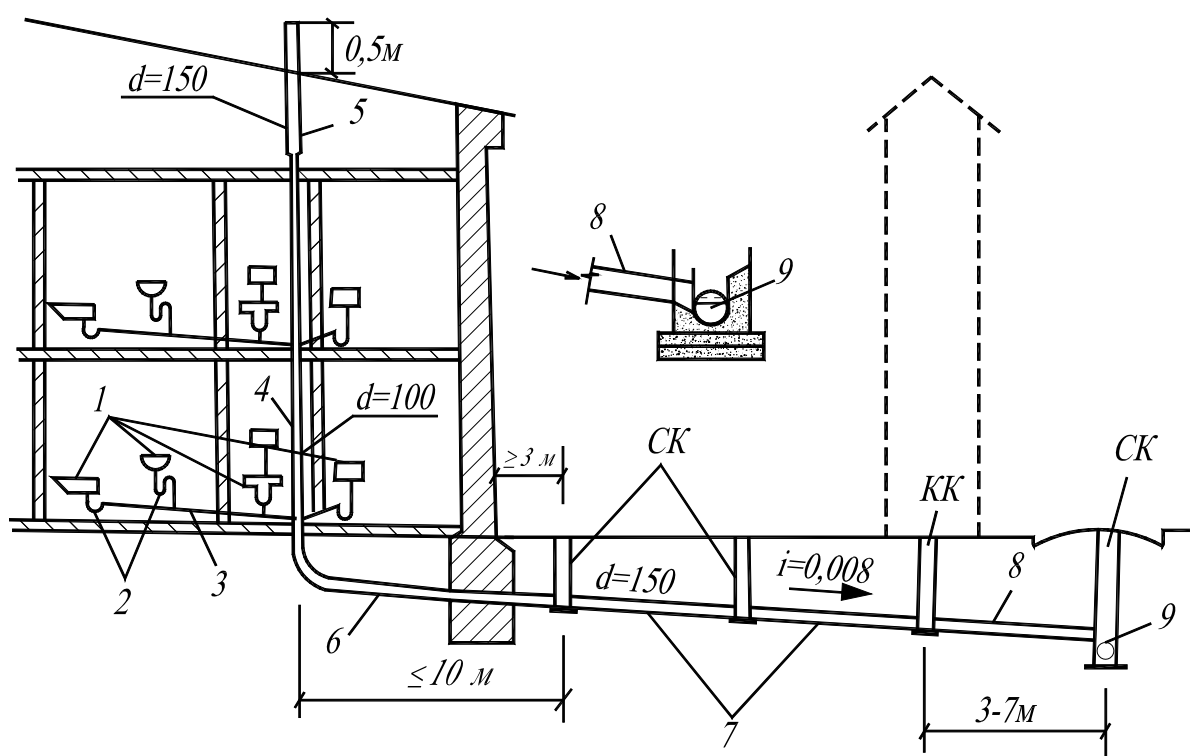


Рис. 2.5 – Схема внутренней водоотводящей системы жилого дома:

- 1 – санитарные приборы; 2 – гидравлические затворы; 3 – отводные трубы;  
4 – стояк; 5 – вентиляционная (вытяжная) труба; 6 – выпуск

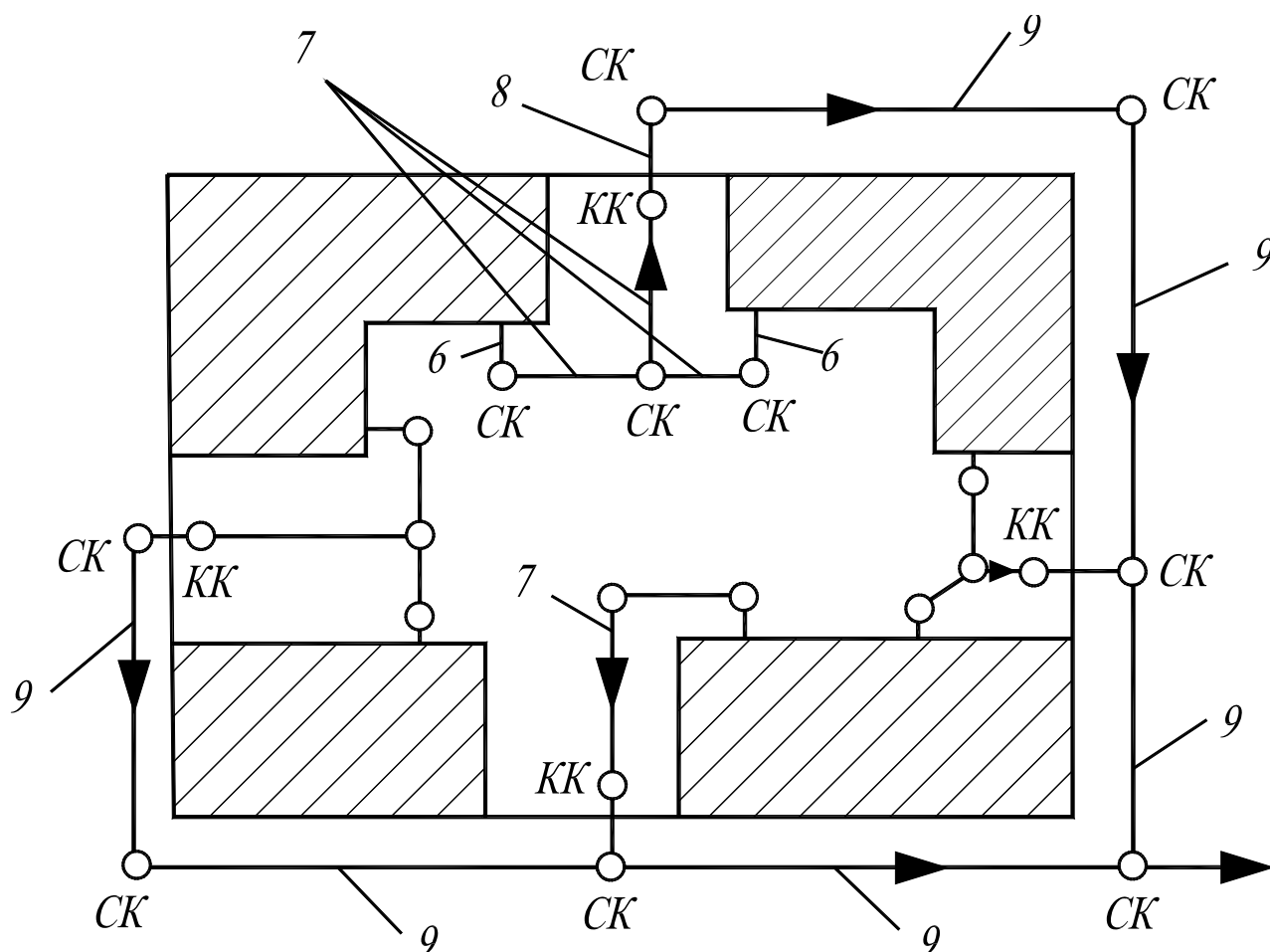


Рис. 2.6 – Схема внутриквартальной водоотводящей сети:

6 – выпуски из зданий; 7 – подземный самотечный трубопровод внутриквартальной сети; 8 – соединительная ветка; 9 – подземная самотечная уличная сеть; СК – смотровые колодцы; КК – контрольные колодцы

**Внешняя (наружная) водоотводящая сеть.** Называется еще уличной и состоит из систем подземных трубопроводов, уложенных с уклоном в направлении движения воды. В целях уменьшения глубины заложения трубопроводы должны трассироваться в направлении, совпадающем с уклоном поверхности земли.

При составлении схемы водоотводящей сети обслуживаемый объект (город) разбивается на бассейны водоотведения. Бассейн водоотведения это часть территории города, ограниченная линиями водоразделов и границами города. Внешняя водоотводящая сеть разделяется на уличную сеть 9, коллекторы бассейнов водоотведения 10 и главные коллекторы 11 (рис. 2.7).

**Уличная сеть** – трубопроводы, в которые присоединяются внутриквартальные сети.

**Коллекторы бассейнов** – водоотводящие трубопроводы для приема и отвода сточных вод от части или всего бассейна водоотведения. Главные коллекторы – трубопроводы для приема и отвода сточных вод от части или всего города. Главными коллекторами сточная вода транспортируется к насосным станциями или очистным сооружениям.

Для осмотра трубопроводов на водоотводящих сетях устраивают смотровые колодцы СК (рис. 2.6). Для пересечения самотечных трубопроводов с естественными препятствиями (реками, оврагами) и подземными сооружениями строятся эстакады или дюкера. Для приема в водоотводящую сеть дождевых вод строятся дождеприемники.

**Регулирующие резервуары** – это искусственные или естественные емкости, обеспечивающие аккумуляцию сточных вод в период максимального их притока, а в часы, когда приток сточных вод снижается, производится их сброс или откачка. Обычно регулирующие резервуары устанавливаются на водоотводящей сети для отвода дождевых вод.

При глубине заложения трубопроводов 6-8 м приходится осуществлять перекачку сточных вод. Поэтому в этих местах устраиваются насосные станции, которые перекачивают сточные воды либо в другой коллектор, либо на очистные сооружения. *Насосные станции* подразделяются на: *местные МНС, районные РНС и главные ГНС*.

МНС служат для подъема и перекачки сточной воды от одного здания или группы; РНС – для подъема и перекачки сточной воды от части или целого бассейна водоотведения; ГНС – для подъема и перекачки сточной воды на очистные сооружения от части или всего города.

**Очистные сооружения** – комплекс сооружений, на которых сточная вода последовательно очищается от загрязнений, находящихся в различном состоянии (растворенных и нерастворенных).

**Выпуски очищенных сточных вод в водоемы** – специальные

сооружения, которые обеспечивают быстрое и интенсивное смешение сточной воды с водой водоема.

Аварийные выпуски располагаются на главных коллекторах, расположенных вдоль реки, а также перед насосной станцией. Аварийные выпуски согласовываются с санитарными органами и органами рыбоохраны. Сброс сточных вод в реку допускается лишь в чрезвычайных случаях – авариях на коллекторах или насосных станциях.

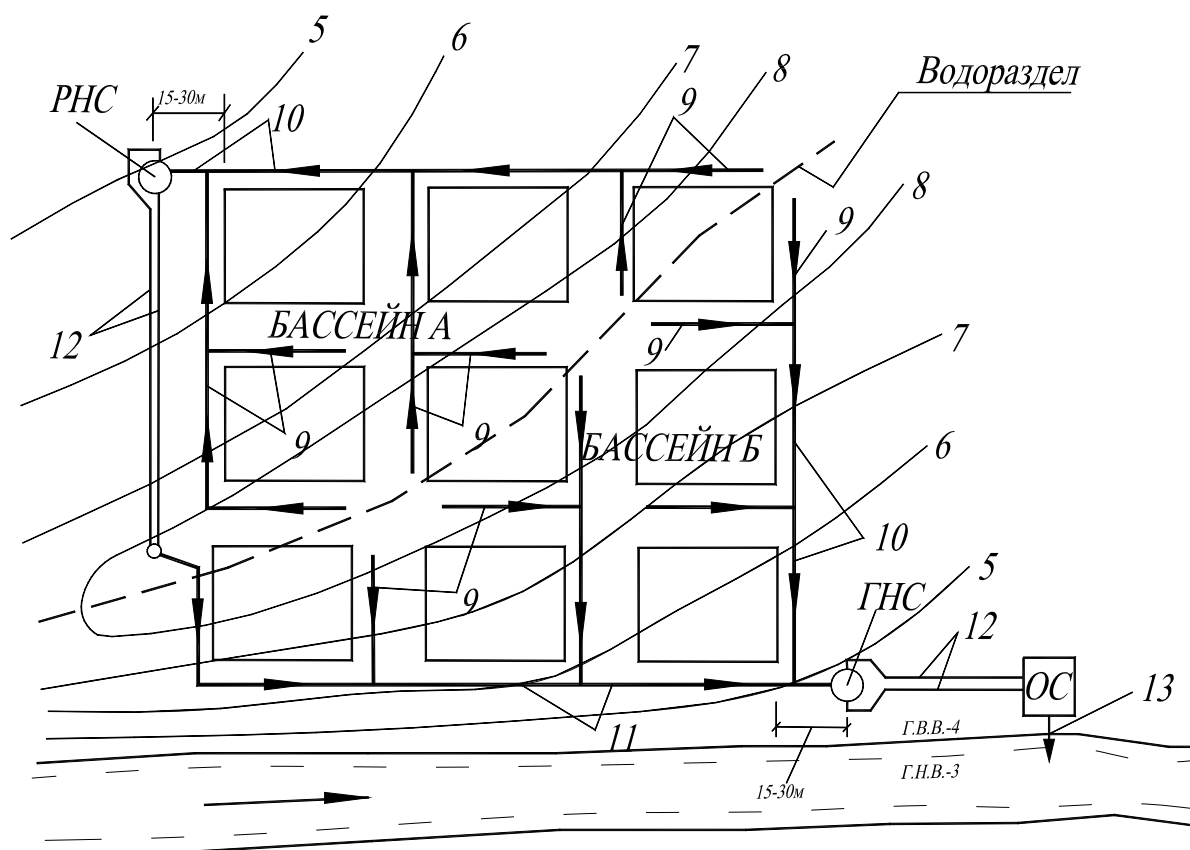


Рис. 2.7 – Общая схема водоотведения населенного пункта:

9 – подземная самотечная уличная сеть; 10 – самотечные коллекторы бассейнов канализования А и Б; 11 – главный коллектор; 12 – напорные трубопроводы; 13 – выпуск очищенных сточных вод в водоем; РНС – районная насосная станция; ГНС – главная насосная станция; ОС – очистные сооружения

Все элементы системы водоотведения взаимосвязаны в работе. Выход из строя хотя бы одного из них может привести к нарушениям работы всей системы. Поэтому сооружения проектируются с резервом.

## 2.5. Схемы водоотведения

Важным этапом составления схемы является трассировка уличных трубопроводов. Место их расположения определяется необходимостью приема и отвода воды от каждого квартала застройки. Трассировка уличных трубопроводов зависит от рельефа местности и диктуется необходимостью обеспечить наименьшее заглубление внутриквартальных сетей и уличных трубопроводов. В зависимости от этого схема водоотводящих сетей может быть:

1. **Перпендикулярная** (рис. 2.8, а) – коллекторы бассейнов водоотведения трассируются перпендикулярно направлению течения воды в водоеме. Применяют такую схему при уклоне поверхности земли к водоему и отводе сточных вод, не нуждающихся в очистке (дождевые, условно чистые).
2. **Пересеченная** (рис. 2.8, б) – коллекторы бассейнов водоотведения трассируются перпендикулярно направлению течения воды в водоеме и перехватываются главным коллектором, трассируемым параллельно реке. Такую схему применяют при плавном падении рельефа местности к водоему и необходимости очистки сточных вод.
3. **Параллельная (веерная)** (рис. 2.8, в) – применяют при резком падении рельефа местности к водоему. Эта схема позволяет исключить в коллекторах бассейнов водоотведения повышенные скорости движения воды.
4. **Радиальная** (рис. 2.8, д) – применяют при сложном рельефе местности и в больших городах. Очистка сточных вод осуществляется на 2-х и большем числе очистных сооружений.
5. **Зонная** (рис. 2.8, г) – обслуживаемая территория разбивается на две зоны: с верхней сточные воды отводятся самотеком к очистным сооружениям, а с нижней зоны перекачиваются насосной станцией. Применяют при небольшом падении рельефа местности к водоему.

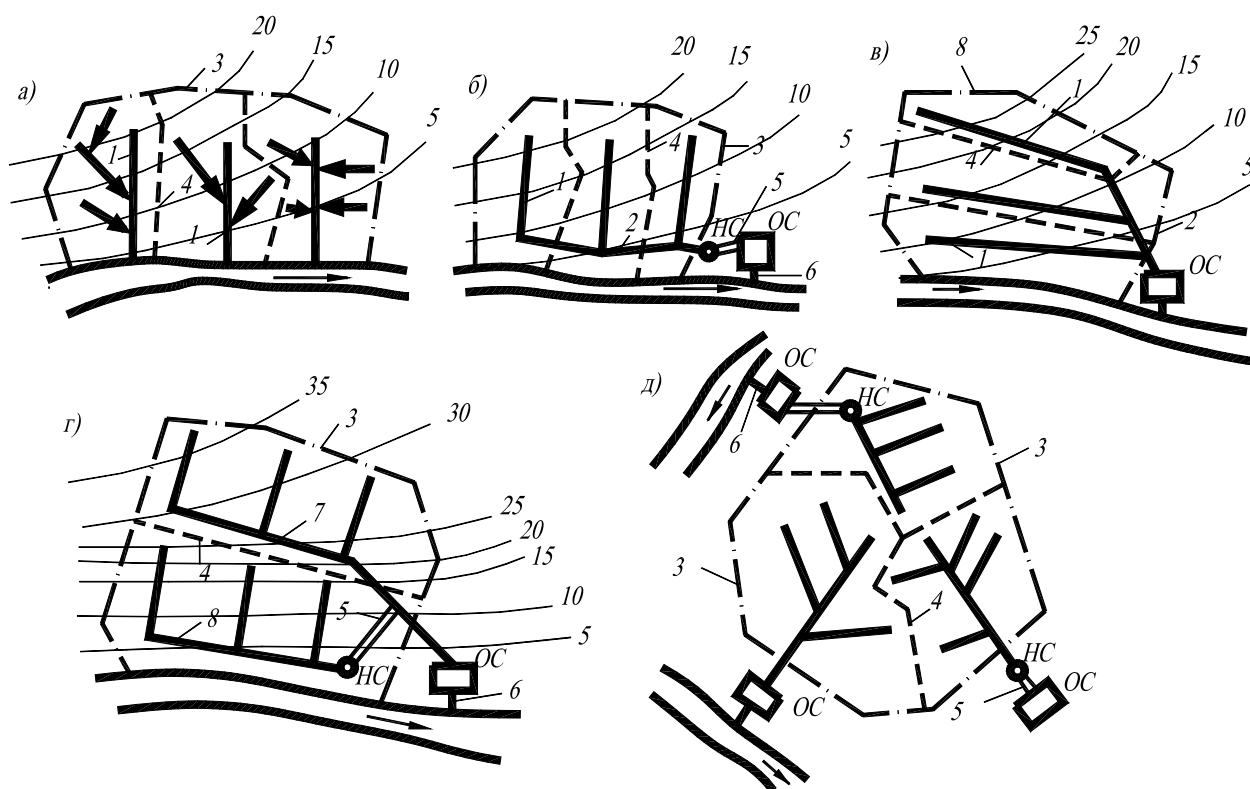


Рис. 2.8 – Схемы водоотводящих сетей:

а – перпендикулярная; б – пересеченная; в – параллельная; г – зонная;  
 д – радиальная; 1 – коллекторы бассейнов водоотведения; 2 – главные  
 коллекторы; 3 – граница обслуживаемого объекта; 4 – граница бассейнов  
 водоотведения; 5 – напорный трубопровод; 6 – выпуск; 7 и 8 – главные  
 коллекторы соответственно верхней и нижней зон

А так как трассировка уличных трубопроводов зависит от рельефа местности и диктуется необходимостью обеспечения наименьших заглублений внутриквартальных сетей и уличных трубопроводов, то трассировка уличных трубопроводов осуществляется по трем схемам:

1. *Объемлющая трассировка* (рис. 2.9, а) – это когда трубопроводы опоясывают квартал со всех 4-х сторон. Применяется при небольшом уклоне местности и при больших кварталах ( $i \geq 0$ ).
2. *Трассировка по пониженной стороне квартала* (рис. 2.9, б) – уличные трубопроводы прокладывают с пониженных сторон кварталов. Применяется при значительном уклоне поверхности земли ( $i \geq 0,007$ ).

3. *Черезквартальная трассировка* (рис. 2.9, в). Уличные трубопроводы прокладывают внутри кварталов. Эта схема позволяет сократить протяженность сети, но затрудняет ее эксплуатацию. Применяется при детальной планировке кварталов.

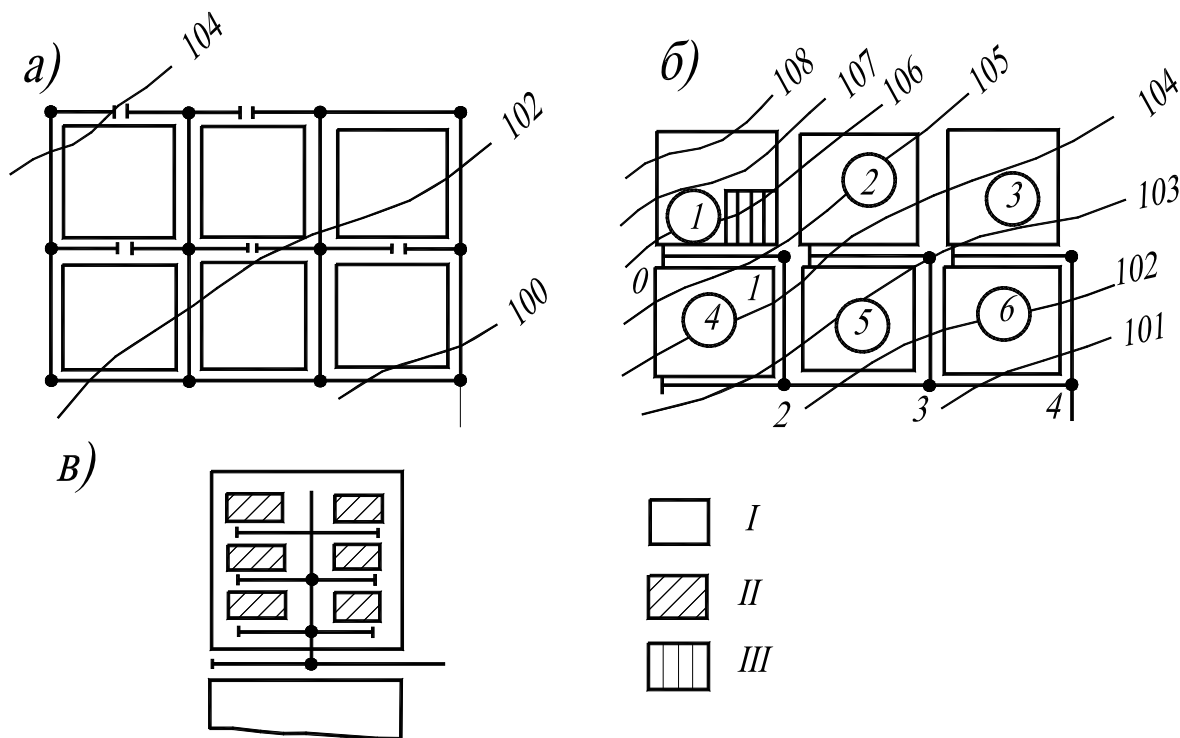


Рис. 2.9 – Схемы трассирования уличных сетей:

*а* – объемлющая; *б* – по пониженной стороне квартала; *в* – черезквартальная;

I – кварталы; II – здания; III – промышленные предприятия

## 2.6. Системы водоотведения малонаселенных мест и отдельно расположенных объектов

Применяются индивидуальные, локальные и групповые системы.

Как правило, малонаселенные и отдельно расположенные объекты (дачи, санатории, детские лагеря, дома отдыха...) не имеют централизованного водоснабжения, а ограничиваются индивидуальными системами водоснабжения – водозаборными скважинами, колодцами. Количество сточных вод поэтому невелико и их очистка происходит на индивидуальных очистных сооружениях – септиках, фильтрующих колодцах, биопрудах.

Близко расположенные друг к другу объекты могут объединяться в локальные системы, и уже тогда предусматривается центральное водоснабжение (когда появляются многоэтажные дома), а если обслуживаются несколько расположенных близко друг к другу объектов – групповая система водоотведения. При этом качество очистки сточных вод будет больше, а затраты меньше (Петровское, Старый Салтов). Такие системы практически ничем не отличаются от городских, разве что величиной. Разница лишь в том, что сети чаще засоряются, так как расходы малы, а самоочищающаяся скорость менее 0,7 м/с. Поэтому эти сети укладываются с большими уклонами (не менее 0,008) и предусматриваются устройства для периодической промывки.

Проектирование и расчет водоотводящей сети *малых населенных пунктов, зон отдыха и других объектов* следует производить с учетом СНиП 2.04.03-85 "Канализация, наружные сети и сооружения". Применяются керамические, железобетонные, бетонные, асбестоцементные и пластмассовые трубы. Глубина заложения труб наружной сети принимается на 0,3 м меньше глубины промерзания, но не менее 0,7 м от верха трубы до поверхности грунта. Для осмотра и прочистки водоотводящей сети устраиваются смотровые колодцы (в местах присоединения, поворота трассы). Основной сложностью при эксплуатации водоотводящих сетей малых населенных пунктов являются частые засоры сети из-за того, что сложно выдержать самоочищающие скорости (не менее 0,7 м/с). Для обезвреживания малых количеств сточных вод применяют сооружения механической и биологической очистки.

В индивидуальных системах применяются септики, поля орошения или фильтрации. В локальных и групповых системах для механической очистки используются решетки, песколовки, отстойники. Для биологической очистки применяются поля орошения, биологические пруды, биофильтры. Обработка осадка сточной воды производится совместно с твердыми бытовыми отходами в специальных установках в анаэробных условиях с целью получения биогаза. Также возможно компостирование осадка совместно с ТБО. При этом температура может достигать 80-90°C, в результате чего получаем

стабилизированный осадок, который может использоваться как удобрение (куча, длинные компостные ряды), выдержка 30-60 сут. в зависимости от климатических условий.

Оптимальные размеры кучи –  $h = 1,5$  м;  $B = 2,5$  м, а длина неограниченна. Готовый компост имеет химический состав: органические вещества – 25-80%, азот – 0,4-3,5; фосфор – 0,1-1,6.

В последние годы разработано много компактных установок заводского изготовления для очистки сточных вод производительностью от 5 до 200 м<sup>3</sup>/сут.

## 2.7. Системы водоотведения промпредприятий

Системы водоотведения промышленных предприятий также подразделяются на *общесплавные* и *раздельные*. При выборе системы водоотведения необходимо учитывать следующие возможности:

- совместной или раздельной очистки отдельных видов сточных вод (от разных цехов);
- извлечение и использование ценных веществ, содержащихся в сточных водах;
- повторного использования производственных сточных вод без очистки или после частичной очистки в системе оборотного водоснабжения или для технических нужд другого цеха или производства;
- использование для орошения сельскохозяйственных культур.

Кроме этого надо знать, куда будут сбрасываться сточные воды от предприятий – непосредственно в водоем или в городскую сеть.

**Общесплавная система водоотведения** обычно применяется для небольших предприятий (с малым расходом воды), если производственные сточные воды близки по составу к бытовым сточным водам, имеют одну водоотводящую сеть и все стоки отводятся на единые очистные сооружения.

**Раздельные системы водоотведения** могут иметь несколько водоотводящих сетей для отвода производственных сточных вод от отдельных

цехов и называются они производственными (например, кислотосодержащие, нефтесодержащие). Бытовые и дождевые воды отводят также по самостоятельным сетям, называемым бытовой сетью и дождевой, но возможен и совместный отвод нескольких видов сточных вод.

Раздельная система водоотведения может быть:

1) с локальными очистными сооружениями, когда характер загрязнений очень разный. В сточных водах отдельных цехов содержащих спецпроизводственные загрязнения и для них целесообразно устраивать локальные;

2) с частичным оборотом производственных вод – для охлаждения;

3) с полным оборотом производственных вод – при большом расходе производственных сточных вод и небольшом расходе воды в реке;

4) с полным оборотом производственных и бытовых вод - бессточная система водопользования – целесообразно применять при нехватке воды в реке для целей водоснабжения.

Дождевые воды и бытовые сточные воды после соответствующей очистки смогут удовлетворять до 50% потребности промышленности в воде. Применение бессточных систем водопользования является решением проблемы охраны водных источников от загрязнения сточных вод. Коэффициент использования оборотной воды на предприятиях черной и цветной металлургии 0,8; на предприятиях химической промышленности – 0,83; на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности – 0,65.

## **2.8. Условия приема сточных вод в водоотводящие сети**

При строительстве водоотводящих сооружений применяется в основном бетон и железобетон, которые подвержены коррозии, а степень коррозии зависит от состава и свойств сточных вод. Поэтому в водоотводящие сети не могут приниматься сточные воды ускоряющие коррозию бетона и железобетона (кислоты, щелочи, соли), pH должно быть не ниже 6,5 и не выше

9. Температура сточной воды не должна быть выше 40°C. Не допускается сброс в водоотводящую сеть сточных вод, содержащих жиры, масла, бензин, нефтепродукты, ядовитые вещества, волокнистые примеси. Эти сбросы могут привести к разрушению труб, засорению сети, нарушить процесс биохимической очистки сточных вод ряда предприятий и могут быть приняты в водоотводящие сооружения только после предварительной очистки и обеззараживания (мясокомбинаты, кожевенные заводы).

Запрещается сброс в канализационные сети строительного мусора, хозяйственных отходов крупностью более 10 мм, ядовитых веществ, производственных сточных вод, содержащих опасные бактериальные загрязнения (больницы – необходима предочистка), радиоактивные вещества, взвешенные вещества должны содержать не более 500 мг/л; промышленные сточные воды, у которых ХПК превышает БПК более чем в 1,5 раза; не допускается объединение одним выпуском производственных сточных вод нескольких предприятий.

Не разрешается сброс снега перед дюкерами, насосными станциями и перепадами в виде стояков.

Нормами установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязнений сточных вод, поступающих на очистку (нефть – 25 мг/л; никель – 0,5 мг/л; СПАВ – 20-50 мг/л; хром – 2,5 мг/л; сульфиды – 1 мг/л; ртуть – 0,005 мг/л).

### 3. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ВОДООТВОДЯЩИХ СИСТЕМ

Системы водоотведения подразделяются на внеплощадочные, уличные, внутриквартальные и внутренние (внутри здания).

Внеплощадочная водоотводящая система состоит из коллекторов с сооружениями на них, насосных станций, очистных сооружений и выпусков сточных вод в водоемы.

При проектировании трубопроводов необходимо снижать их металлоемкость за счет максимального сокращения применения стальных и чугунных труб, заменяя на напорные железобетонные, полиэтиленовые, асбестоцементные и применять защиту внутренних и внешних поверхностей стальных труб от коррозии. Очистные сооружения и насосные станции проектируются по возможности из унифицированных изделий. Применять размеры сооружений необходимо кратными 3 м, а по высоте 0,6 м. В практике проектирование емкостных сооружений предусматривается сборно-монолитным: днище монолитное; стены, колонны – сборными. Имеются "Унифицированные сборные железобетонные конструкции водопроводных и канализационных сооружений".

До начала проектирования систем водоотведения необходимо провести инженерные изыскания, которые подразделяются на топографические, гидрологические, геологические и гидрогеологические. *Топографические* – съемка участка, площадки сооружений, коллектора. *Геологические* и *гидрогеологические* изыскания определяют геологическое строение трасс водоводов и коллекторов, площадок сооружений; физико-механические свойства грунтов; положение уровня грунтовых вод; дают сведения об агрессивности грунтов и грунтовых вод по отношению к металлу и бетону; определяют сейсмичность района, оползневые явления. От качества и полноты изысканий зависит и качество проектных работ и дальнейшая эксплуатация сооружений.

Поэтому инженерным изысканиям уделяется особое внимание.

Изыскания состоят из полевых, лабораторных и камеральных работ. Для их выполнения создаются экспедиции и партии.

При проектировании водоотводящих сетей требуется выполнять расчеты большого количества отдельных участков трубопроводов с различными условиями работы. Поэтому для расчета самотечных трубопроводов используют различные таблицы: таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле академика Н.Н.Павловского, Лукиных А.А. и Лукиных Н.А. и таблицы Федорова Н.Ф. и Волкова Л.Е. – Гидравлический расчет канализационных сетей. Таблицы Лукиных составлены с использованием формул Шези и Павловского, а таблицы Федорова – по формулам Дарси и постоянства расхода. В этих таблицах приведены расходы сточных вод, скорости при различных наполнениях трубопроводов для всех возможных в инженерной практике диаметров и уклонов труб.

Следовательно, при проектировании водоотводящих сетей в первую очередь необходимо определить расходы сточных вод. Уклоны трубопроводов принимают с учетом уклона поверхности земли, а расчет трубопроводов по таблицам сводится к подбору диаметров трубопроводов, обеспечивающих пропуск расчетного расхода при наполнении и скорости, удовлетворяющих требованиям табл. 16 [3].

Таким образом, для проектирования водоотводящих систем необходимы следующие исходные данные:

- генеральный план города в масштабе 1:5000 или 1:10000 с горизонталями через 1-2 м; расчетная плотность населения, чел/га, по пятнам застройки;
- удельные нормы водоотведения от населения по пятнам застройки;
- данные о водоотведении от наиболее водоемких предприятий;
- глубина промерзания грунта в районе укладки коллекторов;
- инженерная геология и гидрогеология по трассам сетей, коллекторов и площадкам расположения насосных станций.

### 3.1. Расходы сточных вод

Расчет водоотводящей сети и сооружений производится на расчетные расходы.

Под *расчетным расходом* сточных вод подразумевается наиболее возможный расход, который может поступить на сооружения и зависит он от удельного водоотведения, коэффициента неравномерности, плотности застройки и площади населенного пункта.

*Удельное водоотведение бытовых сточных вод* от города – это среднесуточный расход сточных вод в л/сут, отводимый от одного человека, пользующегося системой водоотведения. Зависит удельное водоотведение от степени благоустройства зданий, т.е. степени оборудования зданий санитарно-техническими устройствами (холодным и горячим водоснабжением, ваннами и т.д.).

Чем выше степень благоустройства, тем выше удельное водоотведение. Кроме того, удельное водоотведение зависит еще и от климатических условий: в южных районах с более теплым климатом оно выше, чем в северных.

Обычно удельное водоотведение практически равно удельному водопотреблению в соответствии с табл. 1 [1]. Удельное водоотведение приведено в табл. 3.1.

Таблица 3.1 – Удельное водоотведение бытовых сточных вод от города

| Степень благоустройства районов жилой застройки                            | Удельное водоотведение на одного жителя, л/сут |
|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией: |                                                |
| без ванн                                                                   | 125-160                                        |
| с ваннами и местными водонагревателями                                     | 160-230                                        |
| с центральным горячим водоснабжением                                       | 230-350                                        |

В удельном водоотведении на 1 человека учитывается не только

количество стоков, поступающих из жилых зданий, но и количество бытовых стоков, поступающих от общественно-бытовых объектов (бани, прачечные, больницы, школы и т.д.).

В районах, не оборудованных сплавными системами, удельное водоотведение принимается 25 л/сут. на одного жителя. В период дождей и снеготаяния наблюдается неорганизованное поступление в водоотводящую сеть дождевых и талых вод. Поэтому следует определять дополнительный расход сточных вод, поступающих в водоотводящую сеть, по формуле

$$q_{ad} = 0,15L\sqrt{m_d} \quad (3.1)$$

где  $L$  - длина водоотводящей сети, км;

$m_d$  - максимальное суточное количество осадка в мм, которое определяется по СНиП 2.01.01-82.

Проверочный расчет самотечных трубопроводов на пропуск увеличенного расхода должен осуществляться при наполнении 0,95 высоты.

### 3.2. Коэффициенты неравномерности

Так как приток сточных вод в водоотводящую сеть колеблется по суткам и по часам в сутки, то важной характеристикой этого колебания является коэффициент неравномерности, с помощью которого определяются наибольшие возможные расходы, т.е. расчетные.

1) *Для населенных мест*

***Коэффициент суточной неравномерности:***

$$K_{сум} = \frac{Q_{\max}}{Q_{mid}}, \quad (3.2)$$

где  $Q_{\max}$ ,  $Q_{mid}$  - максимальный и средний суточный расход за год, м<sup>3</sup>/сут.

Коэффициент суточной неравномерности применяется для оценки колебаний притока только бытовых сточных вод от города. В зависимости от местных условий он равен 1,1-1,3.

**Коэффициент часовой неравномерности:**

$$K_q = \frac{q_{\max(m)}}{q_{\text{mid}(m)}}, \quad (3.3)$$

где  $q_{\max(m)}$ ,  $q_{\text{mid}(m)}$  – максимальный и средний часовые расходы в сутки с максимальным водоотведением, м<sup>3</sup>/ч.

**Общий максимальный коэффициент неравномерности:**

$$K_{\text{gen.max}} = K_{\text{сут}} \cdot K_q. \quad (3.4)$$

С учетом зависимостей (3.1) и (3.2) общий коэффициент неравномерности будет:

$$K_{\text{gen.max}} = \frac{24q_{\text{mid}(m)}}{24q_{\text{mid}}} \cdot \frac{q_{\max(m)}}{q_{\text{mid}(m)}} = \frac{q_{\max(m)}}{q_{\text{mid}}}, \quad (3.5)$$

где  $q_{\text{mid}}$  – среднечасовой расход в сутки со средним водоотведением.

Следовательно, общий коэффициент неравномерности представляет собой отношение максимального часового притока в сутки с максимальным водоотведением к среднечасовому притоку в сутки со средним водоотведением. Причем, с увеличением среднего расхода максимальный коэффициент неравномерности уменьшается, а минимальный увеличивается.

**Общий минимальный коэффициент неравномерности:**

$$K_{\text{gen.min}} = \frac{q_{\min(\min)}}{q_{\text{mid}}}, \quad (3.6)$$

где  $q_{\min(\min)}$  – минимальный часовой расход в сутки с минимальным водоотведением, м<sup>3</sup>/ч.

Таблица 4.2 – Общие коэффициенты неравномерности притока бытовых сточных вод города

| Общий коэффициент неравномерности | Средний расход сточных вод, л/с |      |     |      |      |      |      |      |        |
|-----------------------------------|---------------------------------|------|-----|------|------|------|------|------|--------|
|                                   | 5                               | 10   | 20  | 50   | 100  | 300  | 500  | 1000 | > 5000 |
| $K_{\text{gen.max}}$              | 2,5                             | 2,1  | 1,9 | 1,7  | 1,6  | 1,55 | 1,5  | 1,47 | 1,44   |
| $K_{\text{gen.min}}$              | 0,38                            | 0,45 | 0,5 | 0,55 | 0,59 | 0,62 | 0,66 | 0,69 | 0,71   |

## 2) Для промышленных предприятий

Неравномерность поступления сточных вод с территории промышленных предприятий в течение суток учитывается с помощью коэффициента часовой неравномерности –  $K_q$ ; понятие о суточном коэффициенте неравномерности в этом случае отсутствует (считается, что предприятие по суткам в течение года должно работать равномерно).

Значение коэффициента часовой неравномерности поступления производственных сточных вод  $K_q$  следует получать у технологов производства.

Значение коэффициента часовой неравномерности поступления бытовых сточных вод с территории промышленных предприятий зависит от удельного водоотведения  $n$  (л/см на 1 чел.), вида цеха и составляет:

- при  $n = 45$  л/см на 1 чел. (горячий цех) –  $K_q = 2,5$ ;
- при  $n = 25$  л/см на 1 чел. (холодный цех) –  $K_q = 3,0$ .

### 3.3. Определение расходов бытовых и производственных сточных вод

#### 3.3.1. Расход сточных вод от населения

**Среднесуточный расход**, м<sup>3</sup>/сут

$$Q_{mid} = \frac{N \cdot q_{\delta}}{1000} \quad (3.7)$$

**Средний секундный расход**, л/с

$$q_{mid.s} = \frac{N \cdot q_{\delta}}{86400} \quad (3.8)$$

**Расчетный расход**, л/с

$$q_{max.s} = q_{mid.s} \cdot K_{gen.max} \quad (3.9)$$

где  $N$  – расчетная численность населения:  $N = P \cdot F$ , человек;

$P$  – плотность населения, чел./га;

$F$  – площадь жилых кварталов, га;

$q_{\delta}$  – удельное водоотведение, л/сут. на одного жителя;

$K_{gen.max}$  – общий максимальный коэффициент неравномерности притока

сточных вод.

Для упрощения расчета притоков сточных вод в сети водоотведения в инженерной практике используют понятие "модуль расхода" или *модуль стока*.

Модуль стока определяется для селитебных территорий (для каждого района или квартала с различными плотностями населения и удельными нормами водоотведения). **Модуль стока** – расход сточных вод с единицы площади жилых кварталов, определяется по формуле

$$q_0 = \frac{q_{\delta} \cdot P}{86400}, \text{ л/с} \cdot \text{га} \quad (3.10)$$

Если модуль стока умножить на соответствующую площадь квартала, то получится средний приток сточных вод с этого квартала, л/с:

$$q_{mid.s} = q_0 \cdot F. \quad (3.11)$$

### 3.3.2. Расход бытовых сточных вод от промышленных предприятий

**Среднесуточный расход**, м<sup>3</sup>/сут

$$Q_{mid} = \frac{(25N_1 + 45N_2)}{1000}, \quad (3.12)$$

где  $N_1, N_2$  – число работающих в сутки соответственно в холодных и горячих цехах;

25 и 45 – удельное водоотведение бытовых сточных вод в л/см. на 1 работающего соответственно в холодных и горячих цехах.

**Расчетный расход**, л/с

$$q'_{max.s} = \frac{(25N_3K_1 + 45N_4K_2)}{T \cdot 3600}, \quad (3.13)$$

где  $N_3, N_4$  – число работающих в максимальную смену с удельным водоотведением соответственно 25 и 45 л на одного человека в смену;

$K_1, K_2$  – коэффициенты часовой неравномерности водоотведения, равные

3 и 2,5 при удельном водоотведении соответственно 25 и 45 л/смену на одного работающего;

T – продолжительность смены в часах.

### 3.3.3. Расход душевых сточных вод

Душ должен работать 45 мин.

**Максимальный расход за смену**, м<sup>3</sup>/см

$$Q_{\max.см} = \frac{q_{qc} \cdot m_q \cdot 45}{60 \cdot 1000}, \quad (3.14)$$

**Секундный расход**, л/с,

$$q_{\max.s}'' = \frac{q_{qc} \cdot m_q}{3600}, \quad (3.15)$$

где  $q_{qc}$  – расход воды через одну душевую сетку, равный 500 л в час;

$m_q$  – число душевых сеток, зависит от количества рабочих, пользующихся душами в максимальную смену. Количество человек, обслуживаемых одной душевой сеткой, принимается по табл. 6 [4] в зависимости от санитарной характеристики производственных процессов.

Таблица 4.3 – Количество человек, обслуживаемых одной душевой сеткой

| Группы производственных процессов | Санитарные характеристики производственных процессов                 | Количество человек на 1 душевую сетку |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| I                                 | Не вызывающие загрязнения одежды и рук                               | 25                                    |
|                                   | Вызывающие загрязнения одежды и рук                                  | 15                                    |
| II                                | С применением воды                                                   | 5                                     |
|                                   | С выделением большого количества пыли или особо загрязняющих веществ | 3                                     |

### 3.3.4. Расход производственных сточных вод

*Средний суточный расход сточных вод от технологических процессов, м<sup>3</sup>/сут*

$$Q_{mid} = M \cdot q_{np}, \quad (3.16)$$

*Расчетный расход производственных сточных вод, л/с*

$$q_{max.s}''' = \frac{M_1 \cdot q_{np}}{T \cdot 3,6} K_1, \quad (3.17)$$

где  $M$  и  $M_1$  – количество единиц выпускаемой продукции соответственно в сутки и в максимальную смену;

$q_{np}$  – удельное водоотведение, м<sup>3</sup>, на единицу продукции;

$K_1$  – коэффициент часовой неравномерности сброса производственных сточных вод.

#### 4. ОСНОВЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ВОДООТВОДЯЩИХ СЕТЕЙ

Движение сточных вод в водоотводящих сетях может быть равномерным и неравномерным, напорным и безнапорным, установившимся и неустановившимся.

Вода, поданная системами водоснабжения к санитарным приборам, расположенным в зданиях на различной высоте, обладает определенной потенциальной энергией. Поэтому оказывается возможным, используя эту энергию, осуществлять последующий самотечный отвод ее из зданий и затем за пределы обслуживаемых объектов. Лишь в конце водоотводящих сетей возникает необходимость в перекачке сточных вод – подъеме и транспортировке их на очистные сооружения или в другие бассейны, расположенные ближе к очистным сооружениям. В ряде случаев при больших уклонах поверхности земли вообще не требуется перекачка сточных вод.

Трубопроводы водоотводящих сетей проектируются на свободный (безнапорный) режим течения жидкости с частичным (не полным) наполнением сечения труб, благодаря чему обеспечивается:

- 1) резерв в сечении труб, необходимый для пропуска расхода, превышающего расчетный;
- 2) вентиляция водоотводящей сети, при которой по свободному сечению труб удаляют вредные газы и пары;
- 3) лучшие условия транспортирования нерастворенных примесей.

Сточные воды образуются и поступают в водоотводящую сеть неравномерно – в ночное время бытовых сточных вод образуется меньше, чем в дневное. Поэтому в водоотводящих сетях постоянно изменяется расход сточных вод и трубопроводы работают в условиях неустановившегося движения, при котором все параметры, характеризующие поток (наполнение, скорость и др.) непрерывно меняются.

Водоотводящие сети имеют сложную конфигурацию в плане. В местах

поворотов и соединения трубопроводов устраиваются смотровые колодцы, в пределах которых трубопроводы переходят в открытые полукруглые лотки. Смотровые колодцы выполняются также и в местах изменения уклонов трубопроводов и по длине через определенные расстояния для доступа к трубопроводам, наблюдениям за ними, ремонта, прочистки и др.

В смотровых колодцах возникают местные сопротивления, которые приводят к подпору, что является причиной изменения наполнения воды в трубопроводах до и после смотровых колодцев.

Свободная поверхность воды по трассе трубопровода представляет собой ряд последовательно расположенных кривых подпора и спада, соединенных между собой участками с постоянной глубиной.

Таким образом, в водоотводящих сетях наблюдается неравномерное движение, при котором параметры, характеризующие поток, меняются по длине трубопроводов. В гидравлике подробно рассматриваются расчеты трубопроводов в условиях неустановившегося и неравномерного движения, но они для инженерных расчетов очень сложны. Кроме того, в сточных водах содержатся нерастворенные примеси, которые должны транспортироваться потоком воды. Примеси органического происхождения с небольшой плотностью хорошо транспортируются потоком. В то же время примеси минерального происхождения с большой плотностью (песок и др.) транспортируются потоком лишь при определенных условиях ( $V$ ,  $h/d$ ). Поэтому водоотводящие сети должны рассчитываться так, чтобы эти условия в них обеспечивались. Только в этом случае система водоотведения будет сплавной.

#### **4.1. Гидравлический расчет самотечных водоотводящих сетей (определение расчетных расходов сточных вод на расчетных участках водоотводящей сети)**

Заключается в определении диаметра трубопровода, уклона и параметров его работы: наполнения в трубопроводе и скорости в зависимости от заданного

расчетного расхода.

В целях упрощения гидравлических расчетов водоотводящих сетей движение воды в них условно принимаем установившимся и равномерным и, тогда расчет можно производить по двум основным формулам: постоянства расхода  $q = \omega \cdot V$  и формуле Шези  $V = C\sqrt{Ri}$ , где  $q$  – расчетный расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с;  $\omega$  – площадь сечения, заполненного жидкостью (живого сечения), м<sup>2</sup>;  $V$  – скорость потока, м/с;  $C$  – коэффициент Шези;  $R = \frac{\omega}{\chi}$  – гидравлический радиус, м;  $\chi$  – смоченный периметр;  $i = \frac{h_1}{l}$  – гидравлический уклон, где  $h_1$  – потери напора по длине, м;  $l$  – длина трубы, м. Коэффициент Шези определяется по формуле академика Н.Н. Павловского –  $C = \frac{R^y}{n}$ , где  $n$  – коэффициент шероховатости, зависящий от состояния стенок трубы; а показатель степени  $y$  определяется по формуле

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,1).$$

Для упрощения расчетов составлены таблицы Лукиных [5], по которым и ведется гидравлический расчет водоотводящих сетей. Они составлены по формуле Н.Н. Павловского.

При расчете канализационных сетей наименьшей скоростью при расчетном наполнении принято считать незаиляющую скорость, т.е. скорость, при которой не наблюдается отложений (выпадения) взвешенных веществ в трубопроводах. Поэтому в настоящее время расчет трубопроводов производится на условие поддержания труб в чистом состоянии при максимальном расчетном расходе, а при минимальных расходах в трубопроводах допускаются отложения, но при увеличении расходов до расчетных трубопроводы должны самоочищаться. При расчетах используют понятие самоочищающая скорость, т.е. это минимальная скорость, которая должна обеспечиваться в водоотводящих сетях при расчетном расходе. СНиП [3] рекомендует применение  $V_{min}$  в зависимости от диаметра трубопроводов от

0,7 до 1,5 м/с и при этом должно соблюдаться наполнение труб от 0,6 до 0,8. Для этого необходимо применять и минимальные уклоны для укладки трубопроводов, которые определяются по формуле

$$i_{\min} = \frac{\alpha_i}{D}, \quad (4.1)$$

где  $\alpha_i$  - коэффициент зависимости от диаметра.

|            |     |         |           |      |      |      |
|------------|-----|---------|-----------|------|------|------|
| $D$ , мм   | 500 | 600-800 | 1000-1200 | 1400 | 1600 | 2000 |
| $\alpha_i$ | 1,0 | 1,1     | 1,3       | 1,5  | 1,7  | 2,0  |

Но  $i_{\min}$  принимаем в зависимости от допустимой  $V_{\min}$  движения сточных вод в трубах (табл. 16 [3]).

Таблица 4.1 – Наибольшие расчетные наполнения труб при наименьших скоростях

| Диаметр, мм | Скорость $v_{\min}$ , м/с, при наполнении $H/D$ |     |      |      |
|-------------|-------------------------------------------------|-----|------|------|
|             | 0,6                                             | 0,7 | 0,75 | 0,8  |
| 150-250     | 0,7                                             | -   | -    | -    |
| 300-400     | -                                               | 0,8 | -    | -    |
| 450-500     | -                                               | -   | 0,9  | -    |
| 600-800     | -                                               | -   | 1    | -    |
| 900         | -                                               | -   | 1,15 | -    |
| 1000-1200   | -                                               | -   | -    | 1,15 |
| 1500        | -                                               | -   | -    | 1,3  |
| Св. 1500    | -                                               | -   | -    | 1,5  |

Содержащиеся в сточных водах песок и др. минеральные примеси истирают трубопроводы. Причем пропорционально скорости потока, движущегося в трубопроводах. Чем выше скорость, тем истирание больше. Поэтому исходя из условий исключения истирания труб песком, нормы не рекомендуют принимать скорость в неметаллических (керамических, асбестоцементных, железобетонных) трубах более 4 м/с, а в металлических –

более 8 м/с.

В целях исключения подтопления трубопроводов при расчетных расходах наполнение трубопроводов принимается неполным, но тоже в зависимости от  $D$  труб от 0,6 до 0,8  $H/D$ . Неполное заполнение трубопроводов имеет преимущества перед напорным режимом (полное заполнение), так как через свободную от воды верхнюю часть сечения трубы осуществляется вентиляция всей водоотводящей сети. Из трубопроводов непрерывно удаляются выделяющиеся из воды газы, которые вызывают коррозию трубопроводов и сооружений на них.

Минимальные диаметры трубопроводов согласно СНиП [3] принимаются для внутриквартальной сети 150-200 мм, уличных 200-250 мм. Наименьшие уклоны трубопроводов следует принимать в зависимости от допустимой минимальной скорости движения сточных вод, а минимальную скорость принимаем в зависимости от принятого диаметра от 0,7 до 1,5 м/с (см. табл. 16 [3]). Максимальное наполнение в трубопроводах принимается от 0,6 до 0,8 тоже в зависимости от диаметра труб. Минимальная скорость в трубопроводах обеспечивается при максимальном расчетном расходе, при меньшем расходе и скорость будет меньше, и будет наблюдаться отложение (выпадение) взвешенных веществ в трубопроводах, но при увеличении расхода скорости тоже будут расти, и осадок будет смываться, отсюда и название скоростей при расчетных максимальных расходах – самоочищающие скорости.

Исходными данными для гидравлического расчета водоотводящей сети являются расчетные расходы в узлах сети и уклоны местности по трассе коллектора. Необходимо также учитывать и технологические требования, т.е. учитывать регламентируемые СНиПом [3] скорости движения сточной воды в трубопроводе и его наполнение.

Расчет геометрических и гидравлических параметров безнапорных трубопроводов на практике ведется по таблицам [5], которые составлены по формулам акад. Павловского. Расчет трубопроводов по этим таблицам сводится к подбору по заданным параметрам ( $q$ ;  $i$ ) искомых величин с учетом

нормативных требований, т.е.  $D$ ;  $H/D$ ;  $V$ . Следовательно, гидравлический расчет водоотводящих сетей начинается с определения расчетных расходов.

При определении расчетного расхода сточных вод используют понятия *транзитного*, *бокового*, *попутного* и *сосредоточенного* расходов.

**Транзитный расход** – расход на предшествующем рассчитанном участке; **боковой** – расход, поступающий с боковой ветки; **попутный** – расход, поступающий с прилегающего квартала; **сосредоточенный** – расход от предприятий.

Следовательно, расчетный расход сточных вод на отдельном участке сети находится как сумма транзитного, бокового и попутного расходов, умноженная на коэффициент неравномерности, плюс сосредоточенный расход (сумма расчетных расходов бытовых, душевых и производственных сточных вод от предприятий). В целях упрощения все расчеты выполняются в табличной форме.

Таблица 4.2 заполняется до графы 13. Затем строится продольный профиль – это вертикальный разрез – развертка верхнего слоя земли с запроектированным трубопроводом в направлении движения воды. И после этого производится гидравлический расчет трубопровода с использованием таблиц. Исходными данными для расчета являются расчетный расход сточных вод (графа 13), уклон поверхности земли. По существу гидравлический расчет сводится к выбору  $D$  и уклона трубопровода, обеспечивающего пропуск расчетного расхода при самоочищающей или большей скорости движения воды и наполнения не более регламентированного нормами. Расчет ведется методом подбора. Вначале задаемся диаметром и затем определяем, пропустит ли трубопровод при уклоне, равном уклону поверхности земли, расчетный расход при регламентированном наполнении и скорости. Если не пропускает, то задаемся большим диаметром или изменяем уклон.

Таблица 4.2 – Гидравлический расчет главного коллектора

| №№ участков | №№ кварталов | Модуль расхода, л/с·га | Площадь, га | Расходы, л/с |         |            |       | Коэффициент<br>неравномерности | Общий расход от<br>населения | Пром-<br>предприятия |                             | Расчетный расход, л/с | $D$ | $H/D$ | $V$ | $i$ | $l$ | Пропускная способность<br>при max $H/D$ в л/с | Примечание |
|-------------|--------------|------------------------|-------------|--------------|---------|------------|-------|--------------------------------|------------------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------|-----|-------|-----|-----|-----|-----------------------------------------------|------------|
|             |              |                        |             | попутный     | боковой | транзитный | итого |                                |                              | №№                   | Максимальный<br>расход, л/с |                       |     |       |     |     |     |                                               |            |
| 1           | 2            | 3                      | 4           | 5            | 6       | 7          | 8     | 9                              | 10                           | 11                   | 12                          | 13                    | 14  | 15    | 16  | 17  | 18  | 19                                            | 20         |

## 4.2. Расчет напорных трубопроводов

К напорным трубопроводам относятся трубопроводы, идущие от насосной станции и дюкера. Особенность их работы заключается в том, что они работают с полным заполнением сечения труб, а давление в них выше атмосферного. Течение воды в напорных трубопроводах от насосной станции происходит за счет давления создаваемого насосами, а в дюкерах – за счет перепада уровней воды до и после них.

Напорные трубопроводы имеют большую протяженность, поэтому основные потери напора в них составляют по длине трубопровода, а местные потери не превышают 5%.

Расчет напорных трубопроводов заключается в определении диаметра труб и потерь напора. Диаметр можно рассчитать по формуле

$$D = \sqrt{\frac{4q}{\pi V}}, \quad (4.2)$$

но для упрощения расчетов есть таблицы, по которым в зависимости от скорости в напорном трубопроводе подбирается диаметр. Скорость движения воды в трубопроводах принимаем такой, чтобы обеспечить оптимальный режим работы системы насосы-трубопроводы. Эта скорость должна быть равна 1,5-2,5 м/с. В таблицах приводятся потери напора на единицу длины. Потери по длине равны:

$$h_l = i \cdot l, \quad (4.3)$$

а местные потери напора определяются по формуле

$$h_m = \sum \gamma \frac{V^2}{2q}, \quad (4.4)$$

где  $\gamma$  – коэффициент сопротивления, вызванный местным сопротивлением (задвижка, колено и т.д.). Также существуют таблицы, по которым определяется этот коэффициент.

Общие потери напора:

$$H = il + \sum \gamma \frac{V^2}{2q}, \text{ м.} \quad (4.5)$$

Разность отметок лотка труб в начале и конце трубопроводов принимаем равной этим потерям.

## **5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВНЕШНЕЙ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СЕТИ**

### **5.1. Расположение трубопроводов водоотводящих сетей в пределах проездов**

При разработке проектов водоотводящей системы должен решаться вопрос о прокладке трубопроводов в пределах проездов. Расположение канализационных трубопроводов обязательно должно увязываться с размещением других подземных сооружений и расположенных рядом наземных сооружений.

Расположение канализационных трубопроводов в пределах проездов диктуется необходимостью соблюдения санитарных условий и требований окружающей среды, а главное требование – обеспечение в водоотводящих сетях оптимальных гидравлических условий течения сточных вод, при которых исключаются подтопление и снижение скорости течения, что исключает заиливание трубопроводов, т.е. их самоочищение.

Наземная и надземная прокладка канализационных трубопроводов на территории населенных пунктов не допускается, а за пределами населенных пунктов возможна прокладка трубопроводов надземная и наземная [3].

Расположение канализационных трубопроводов в пределах проездов должно удовлетворять и технологическим требованиям. Располагать их можно посередине проезда либо по краям, но целесообразнее все же их располагать с той стороны проезда, с которой больше подключений. При ширине проезда более 30 м желательно строить два трубопровода по краям проезда. При этом подключения от внутриквартальных сетей будут минимальными и пересечения с другими трубопроводами будут меньше, чем при расположении канализационного трубопровода посередине улицы.

При пересечении с водопроводными трубопроводами канализационные сети, как правило, должны укладываться ниже водопроводов, а расстояния между стенками труб должно быть не менее 0,4 м. Если невозможно проложить канализационные трубопроводы ниже водопроводных, то

необходимо их прокладывать в кожухах и обязательно из металлических труб. При параллельной прокладке самотечных трубопроводов на одном уровне с водопроводами расстояния между стенками труб должно быть не менее 1,5 м при водопроводах  $D = 200$  мм и не менее 3 м при водопроводах большего диаметра. При параллельной прокладке с газопроводами расстояние в плане между стенками труб должно быть не менее:

- для газопроводов:

- низкого давления (до 5 кПа) – 1 м;

- среднего давления (0,3 МПа) – 1,5 м;

- высокого давления (0,3-0,6 МПа) – 2 м;

- высокого давления (0,6-1,2 МПа) – 5 м;

- расстояния водоотводящих сетей от теплосети – 1-1,5 м; от силовых кабелей – 0,5 м; от кабелей связи – 1 м;

- расстояние от самотечной водоотводящей сети до фундаментов зданий должно быть не менее 3 м, а от напорных трубопроводов – 5 м.

Эти расстояния обеспечивают возможность монтажа и ремонта труб при аварии на одной из них.

В крупных городах с большим количеством инженерных сетей устраивают проходные тоннели.

Возможен способ прокладки внутриквартальных подземных коммуникаций в проходных каналах из объемных железобетонных секций. Каналы эти оборудуют электроосвещением, вентиляцией. При этом улучшаются условия эксплуатации, так как доступ для осмотра обеспечен ко всем трубопроводам и на всем протяжении трассы.

Допускается прокладка нескольких трубопроводов в одной траншее, но с соблюдением необходимых расстояний между трубопроводами (канализация, теплосеть, электрокабели, газопроводы и водопроводы).

В городах с напряженным движением городского транспорта инженерные сети выносят в зеленую зону или в техническую полосу улиц.

## 5.2. Минимальная и максимальная глубина заложения трубопроводов

Минимальную глубину назначают, исходя из следующих трех условий:

- 1) исключения промерзания труб;
- 2) исключения разрушения труб под действием внешних нагрузок;
- 3) обеспечения присоединения к трубопроводам внутриквартальных сетей и боковых веток.

По опыту эксплуатации минимальная глубина принимается равной в начальной точке

$$h_{\min} = h_{np.} - a, \quad (5.1)$$

где  $h_{np.}$  – глубина промерзания грунта;

$a$  – величина, зависящая от диаметра трубопровода: при диаметре до 500 мм –  $a = 0,3$  м, при диаметре  $> 500$  мм –  $0,5$  м.

А для того, чтобы трубопровод не был раздавлен внешними нагрузками (транспорт и т.д.) глубина заложения трубопровода должна быть не меньше  $0,7$  м до верха трубопровода, т.е.  $h_{\min} = 0,7 + D$ .

При присоединении внутриквартальной сети к внешней водоотводящей сети минимальная глубина заложения лотка трубопровода в диктующей точке должна быть не меньше определенной по формуле:

$$H_{нач.} = h'_{\min} + i_{\min}(L + l) + Z_1 - Z_2 + \Delta d, \quad (5.2)$$

где  $h'_{\min}$  – минимальная глубина заложения трубопровода в начале внутриквартальной сети (определяется исходя из первых двух условий, при этом принимается большая из них);

$i_{\min}$  – минимальный уклон трубопровода внутриквартальной сети;

$L + l$  – длина внутриквартальной сети;

$Z_1$  и  $Z_2$  – отметки поверхности земли в начале и конце внутриквартальной сети;

$\Delta d$  – разница в диаметре труб внешней и внутриквартальной сети.

Определение минимальной глубины заложения уличной водоотводящей

сети приведено на рис. 5.1.

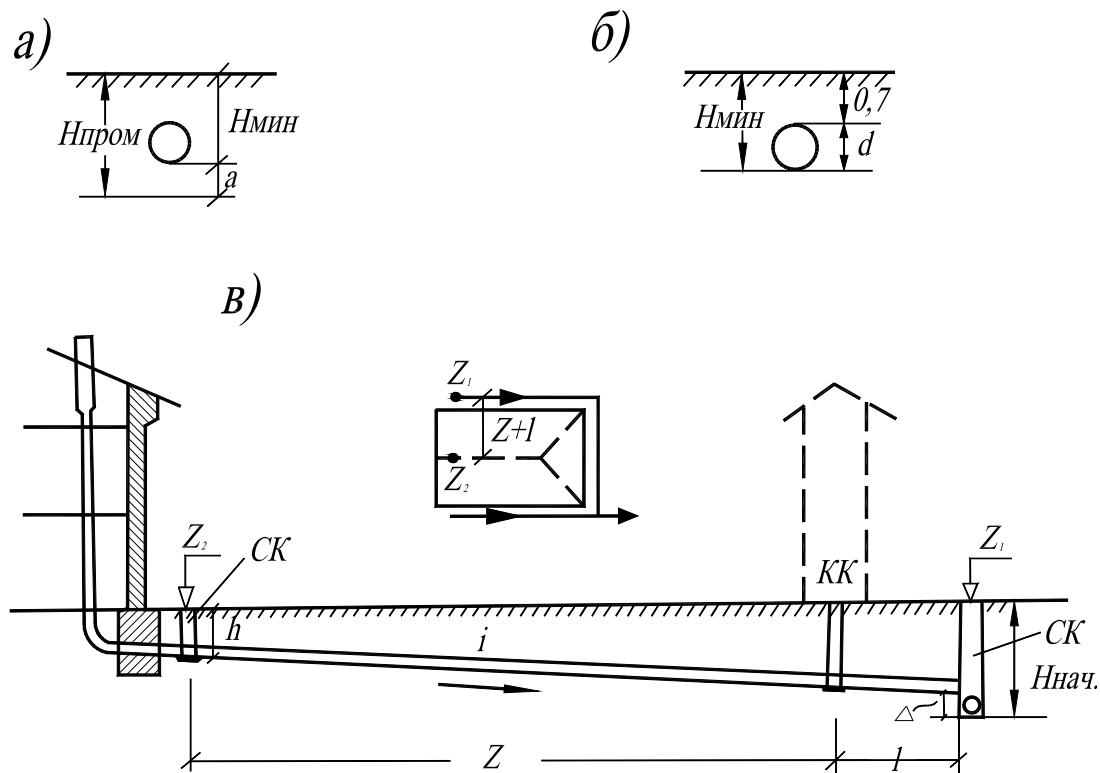


Рис. 5.1 – Определение минимальной и начальной глубины заложения уличной водоотводящей сети

Максимальная глубина заложения трубопроводов при открытом способе производства работ принимается равной в грунтах: скальных – 4-5 м, мокрых плавунных – 5-6 м, сухих нескальных – 7-8 м.

При закрытых способах заложения трубопроводов (щитовом и др.) глубина прокладки коллектора устанавливается в основном с учетом геологических и гидрологических условий. Применение щитового метода строительства с глубоким заложением коллекторов позволяет сокращать число районных насосных станций, что повышает надежность систем.

### 5.3. Соединение труб в колодцах

При построении продольного профиля трубопровода необходимо решить вопрос о соединении труб по высоте. В инженерной практике применяется два метода соединения труб: «шелыга в шелыгу» и «по уровням воды». При

соединении трубопроводов «шелыга в шелыгу» совмещаются по высоте верхние части труб, называемые шелыгами. Если соединение труб выполняется «по уровням воды», то совмещаются по высоте расчетные уровни воды (рис. 5.2).

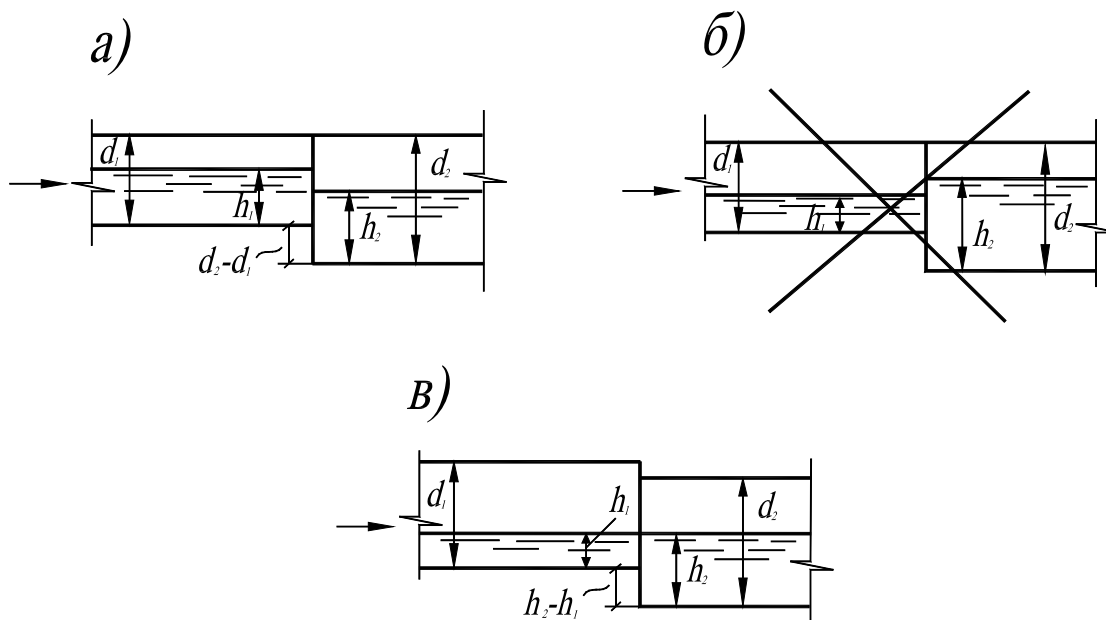


Рис. 5.2 – Схемы соединения (сопряжения) трубопроводов:

*a* – по шелыге труб; *б* – недопустимое соединение (подпор по воде); *в* – по уровню воды в трубах; *d* – диаметр трубы; *h* – высота слоя воды в трубе

## 6. УСТРОЙСТВО КАНАЛИЗАЦИОННОЙ СЕТИ

Основным элементом водоотводящей системы являются трубопроводы – внутриквартальные, уличные, главные коллектора, напорные трубопроводы. На трубопроводах устанавливают следующие сооружения: колодцы различного назначения, дождеприемники, ливнеспуски, разделительные камеры, регулирующие резервуары, выпуски сточных вод в водоем, пересечения трубопроводов с препятствиями (ж/д, автодорогами, водными препятствиями).

### 6.1. Колодцы, устраиваемые на канализационной сети

На канализационной сети устраивают колодцы различного технологического назначения – смотровые, перепадные, промывные, а также соединительные камеры.

*Смотровые колодцы* служат для наблюдения и контроля за состоянием канализационной сети и используются при работах по очистке и ремонту сети. С учетом места устройства смотровые колодцы подразделяются на: *поворотные, узловые и линейные*. Располагаются они в местах изменения диаметра, уклона трубопроводов, направлений их в плане и при присоединении к ним боковых веток. На прямолинейных участках труб их устраивают на расстоянии в зависимости от диаметра (при  $D = 200$  мм – 50 м,  $D = 500$  мм – 75 м,  $D = 1000$  мм – 150 м).

На самотечных трубопроводах в пределах колодцев трубопроводы переходят в открытые лотки. В плане колодцы могут выполняться круглыми и прямоугольными. Основные элементы колодца: рабочая камера с внутренним диаметром  $D = 1000-1200$  мм и высотой 1,8 м; горловина диаметром  $D = 700$  мм; переходная часть между ними и люк с крышкой над горловиной. Рабочая камера и горловина оборудованы скобами для спуска в колодец (рис. 6.1).

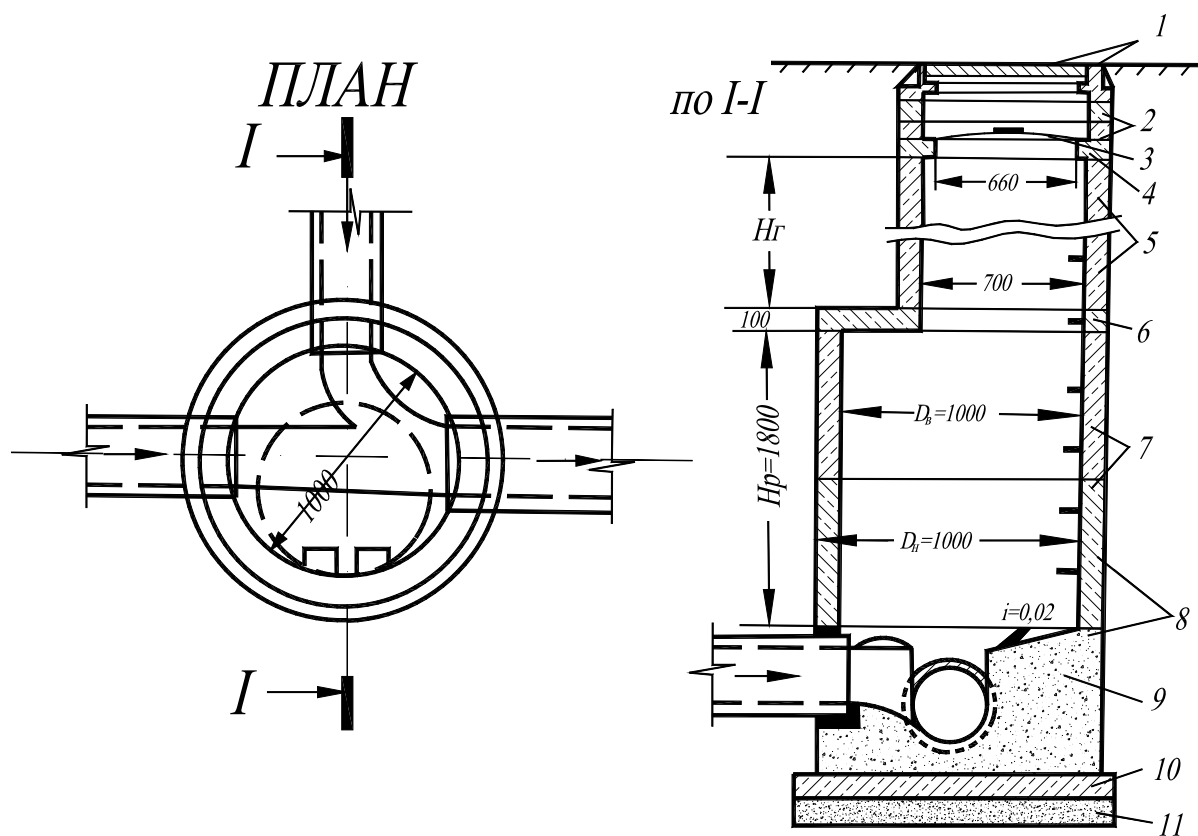


Рис. 6.1 – Схема устройства смотрового колодца:

- 1 – чугунный люк с крышкой; 2 – регулировочные камни (или кирпич);  
 3 – внутренняя крышка колодца; 4 – опорное кольцо; 5 – железобетонные стеновые кольца (КС) горловины колодца; 6 – плита перекрытия (ПП);  
 7 – железобетонные стеновые кольца (КС) рабочей камеры; 8 – ходовые скобы;  
 9 – набивной лоток из бетона М200 с железнением поверхности;  
 10 – железобетонная плита дна (ГЩ); 11 – песчаная или щебеночная подготовка

**Перепадные колодцы** устраиваются для сопряжения трубопроводов, уложенных на различной глубине. Устраивают их в следующих случаях:

- при присоединении боковых веток к коллекторам или внутриквартальных сетей к уличным трубопроводам;
- при больших уклонах поверхности земли для исключения превышения максимально допустимой скорости движения сточных вод.

Перепад в этих колодцах предусмотрен в виде стояка из металлических

труб или ж/б конструкций. Сечение стояка должно быть не менее сечения подводящего трубопровода. В основании стояка устраивается приямок, обеспечивающий создание водяной подушки, смягчающий удар подающего потока в основание сооружения. Поэтому днище укрепляют стальной плитой. Перепадные колодцы выполняют круглыми, прямоугольными из кирпича, бетона, ж/б.

**Промывные колодцы** устраивают в верхних участках сети и служат для промывки сети от осадков, которые образуются при малых скоростях движения сточных вод.

**Соединительные камеры** устраивают на всех системах канализации в местах соединения нескольких канализационных линий в один общий коллектор.

## **6.2. Пересечение трубопроводов с препятствиями**

Трубопроводы часто пересекаются с различными естественными и искусственными препятствиями. К естественным препятствиям относятся ручьи, реки, овраги. К искусственным – автомобильные и железные дороги, подземные коллекторы и др. сооружения.

При прокладке коллекторов через реки и овраги устраивают дюкера и переходы. Дюкер состоит из напорных трубопроводов, верхней и нижней камер. Напорные трубопроводы дюкера выполняются не менее чем из 2-х линий стальных труб с антикоррозионной изоляцией. Укладывается дюкер в траншее по дну русла. Обе линии дюкера должны быть рабочими. Верхняя (входная) камера должна иметь два отделения – мокрое и сухое. Эти отделения разделяются между собой водонепроницаемой перегородкой. Нижняя камера дюкера устраивается в виде одного отделения, где напорные трубопроводы переходят в открытые лотки, в начале которых устанавливаются щитовые затворы. В верхней камере в сухом отделении устанавливаются задвижки.

Движение воды в дюкере происходит под напором, образующимся в результате разности уровня воды в его начале и конце.

Так как все линии дюкера принимаются рабочими, то расход на одну линию равен:

$$q_1 = \frac{q_p}{n}, \quad (6.1)$$

где  $q_p$  – расчетный расход через дюкер, л/с;

$n$  – число рабочих линий.

Диаметр определяется при скорости  $\geq 1$  м/с. Потери напора находятся путем суммирования потерь напора по длине труб и местных потерь напора:

$$H = h_l + \sum h_{местн.} = il + \sum \xi \frac{v^2}{2g}, \quad (6.2)$$

где  $h_l$  – потери напора по длине, м;

$v$  – скорость в дюкере, м/с;

$l$  – длина труб дюкера, м;

$\sum h_{местн.}$  – сумма потерь напора на местные сопротивления, м;

$\xi$  – коэффициент местных сопротивлений.

Расстояние между трубами дюкера в свету должны быть не менее 0,7 м, а глубина заложения подводной части дюкера от дна реки до верха трубы не менее 0,5 м. Аварийный выпуск может быть проложен из верхней камеры дюкера или из ближайшего колодца перед ним. Устройство выпуска должно быть согласовано со всеми органами, осуществляющими контроль за охраной и использованием водоема. Схема дюкера приведена на рис. 6.2.

Разность отметок лотков труб в начале и конце дюкера принимается равной потерям напора.

При пересечении трубопроводов с ж/д путями и автомобильными дорогами их прокладывают в стальном кожухе. Заглубление трубопроводов от подошвы рельса ж/д путей и от покрытия автомобильной дороги должно быть не менее 1 м до верхнего футляра при открытом способе производства работ и не менее 1,5 м при закрытом способе производства работ. Внутренний диаметр футляра принимается при открытом способе работ на 200 мм > наружного  $D$  прокладываемого трубопровода, а при закрытом способе – не менее 800 мм. С

обеих сторон перехода предусматриваются колодцы с установкой в них запорной арматуры (см. рис. 6.3).

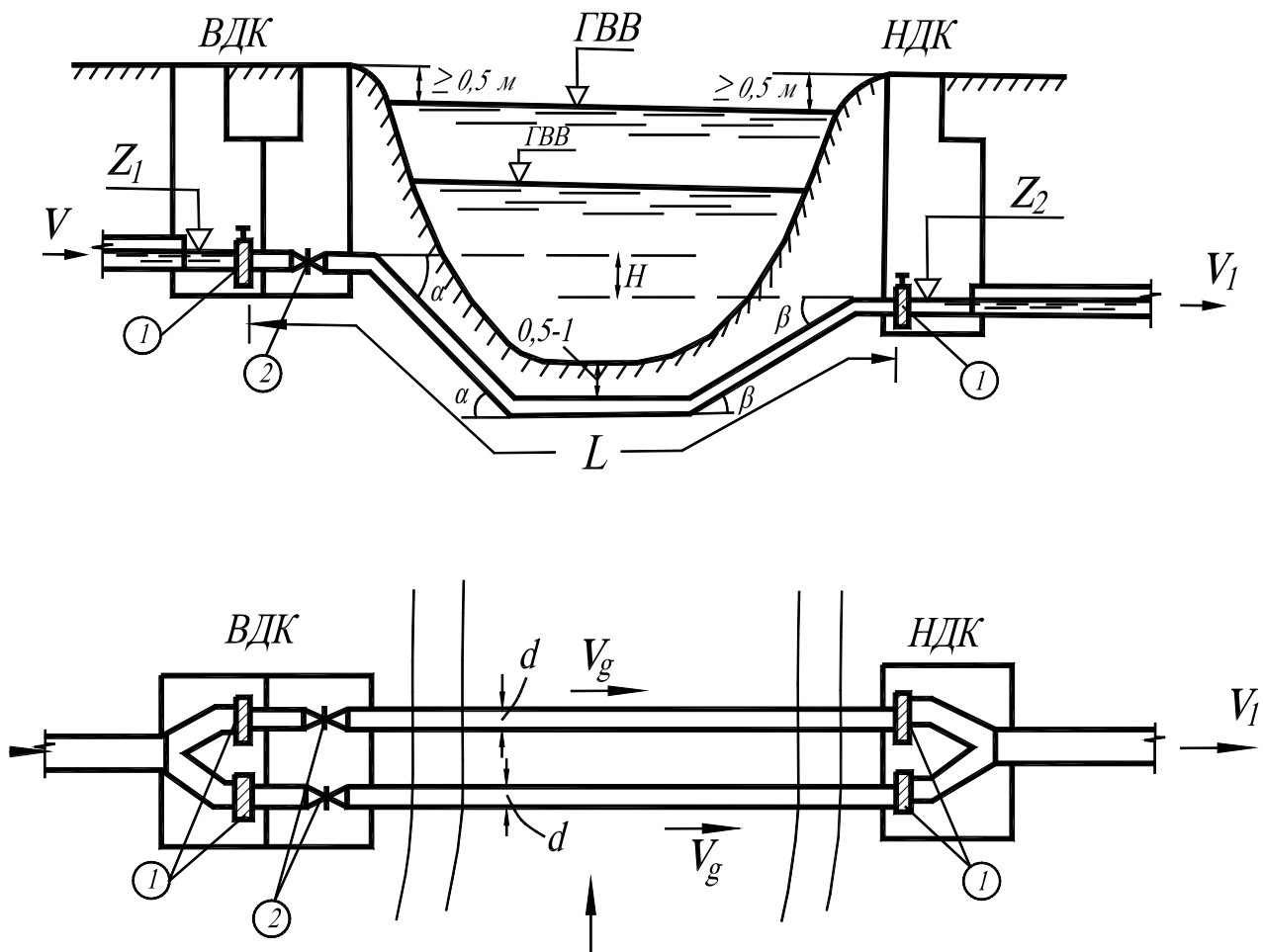


Рис. 6.2 – Схема устройства дюкера через реку:

1 – шиберы; 2 – задвижки

При прокладке трубопроводов через овраги, суходолы сооружают эстакады, которые используют и как пешеходные переходы. Трубы, укладываемые по эстакадам, должны утепляться с учетом местных климатических условий. Перед эстакадой устраивается аварийный выпуск, а через 40-50 м устанавливаются ревизии.

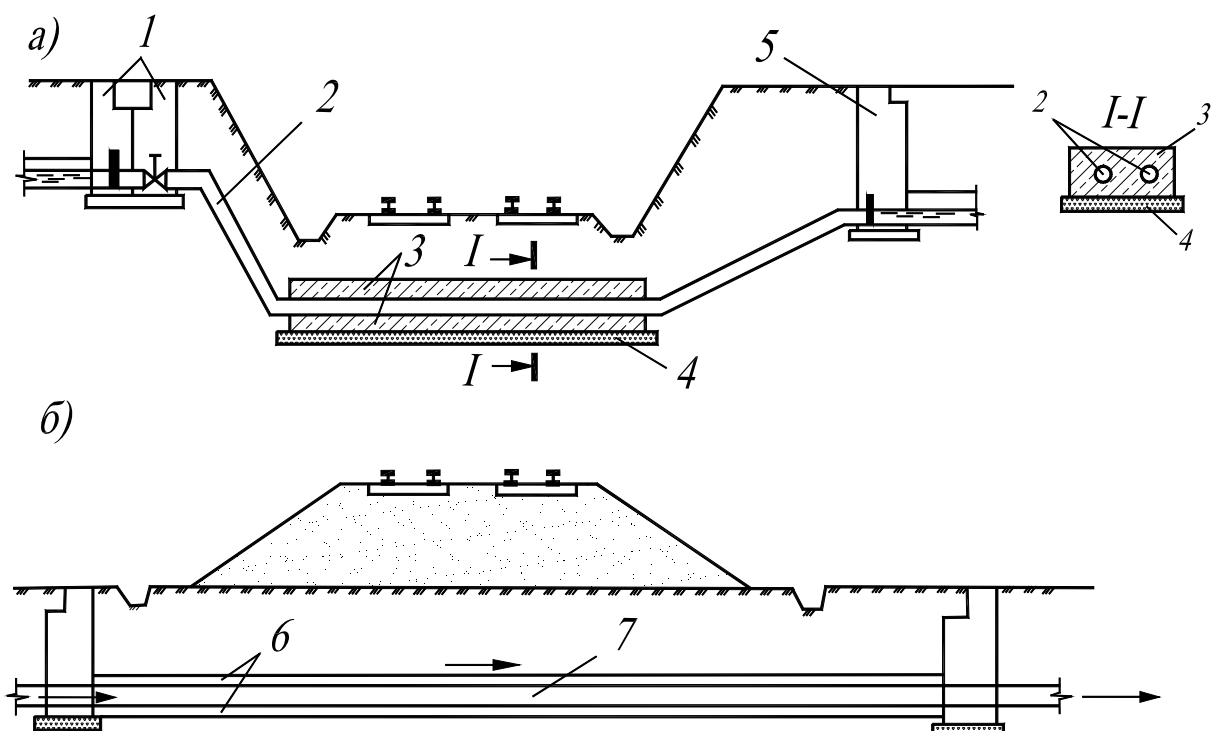


Рис. 6.3 – Схемы устройства пересечений водоотводящих трубопроводов с железнодорожными путями уложенными:

*а* – в выемках; *б* – на насыпях;

- 1 – входная (верхняя) дюкерная камера; 2 – трубы дюкера; 3 – железобетонный стул; 4 – основание под стул; 5 – выходная (нижняя) дюкерная камера;  
6 – футляр из стальных труб; 7 – самотечный трубопровод

### 6.3. Трубы

Трубы водоотводящей сети находятся под постоянным воздействием внешних и внутренних нагрузок, а также сточных и грунтовых вод. Технологические требования, предъявляемые к трубам:

- 1) трубы должны быть прочными и долговечными, хорошо противостоять внешним и внутренним нагрузкам (от веса грунта, от проезжающего транспорта, от внутреннего давления при засорении трубопроводов), хорошо противостоять коррозии и истиранию тяжелыми минеральными примесями, содержащимися в сточных водах;
- 2) трубы должны быть водонепроницаемыми, т.е. исключать

эксфильтрацию и инфильтрацию;

- 3) трубы должны быть стойкими к химическому воздействию сточных и грунтовых вод (которые могут быть агрессивными), а также хорошо сопротивляться температурным колебаниям сточных вод;
- 4) трубы должны иметь гладкую внутреннюю поверхность, чтобы обеспечивать наибольшую пропускную способность их и наилучшие гидравлические условия протекания воды по ним;
- 5) трубы должны изготавливаться из дешевых недефицитных материалов.

Этим требованиям удовлетворяют керамические, асбестоцементные, бетонные, железобетонные, чугунные и пластмассовые трубы.

**Керамические трубы** изготавливаются из пластичной огнеупорной глины с раструбом  $D = 150-600$  мм. Внутренняя и внешняя поверхность труб покрыта глазурью, что повышает их устойчивость против истирания и снижает их водонепроницаемость и шероховатость. Устойчивы против действия температурных воздействий и слабоагрессивных вод. Не рекомендуется применять их при просадочных грунтах. Они плохо воспринимают динамические нагрузки, поэтому эти трубы не применяют на проездах с интенсивным движением и при малых заглублениях. Соединение труб выполняется введением гладкого конца в раструб с заделкой стыка смоляной прядью и асфальтовой мастикой (рис. 6.4).

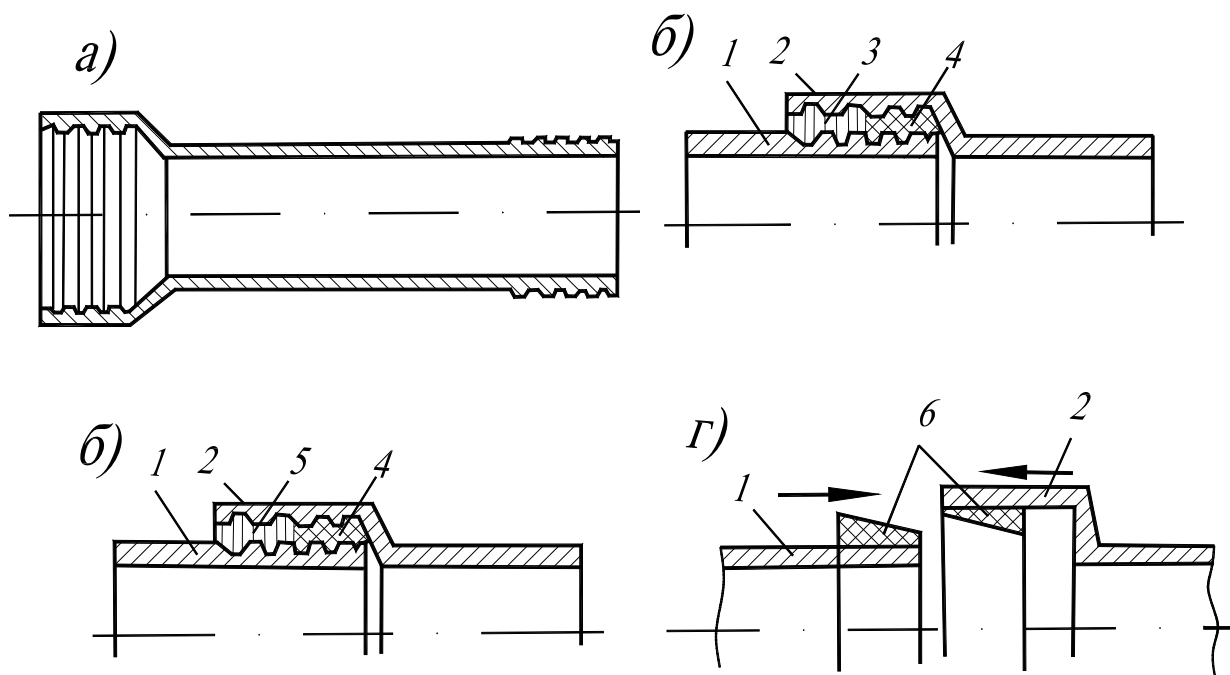


Рис. 6.4 – Керамические трубы и способы их соединения:

*а* - общий вид трубы; *б* – стык с асфальтовым замком; *в* – стык с асбестоцементным (или цементным) замком; *г* – гибкий стык на кольцах из пластизола; 1 – гладкий конец трубы; 2 – раструб трубы; 3 – асфальтовая мастика; 4 – просмоленная пеньковая прядь; 5 – асбестоцементный (или цементный) раствор; 6 – кольца из пластизола

**Асбестоцементные трубы** изготавливают с гладкими концами  $D = 100-400$  мм, а для их соединения выпускают специальные муфты. Эти трубы водонепроницаемы, имеют гладкую поверхность, малотеплопроводны, но они довольно хрупкие и слабо сопротивляются истиранию песком. При соединении применяют асфальтовые, асбестоцементные и цементные стыки (рис. 6.5).

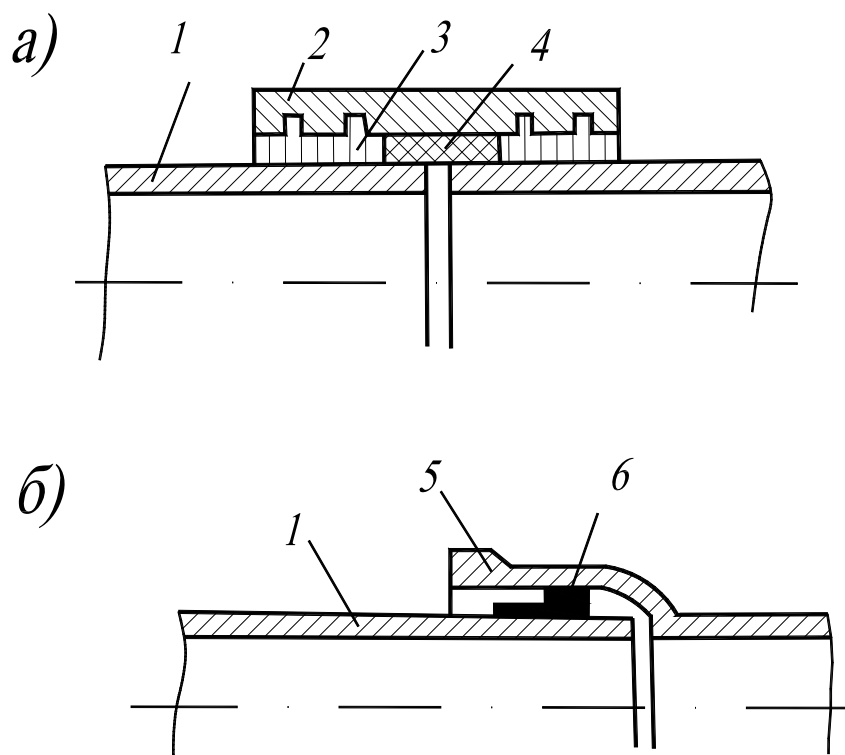


Рис. 6.5 – Соединение асбестоцементных и чугунных безнапорных труб:

*а* – стык асбестоцементных безнапорных труб с гладкими концами; *б* – стык безнапорных чугунных раструбных труб;

1 – гладкий конец трубы; 2 – асбестоцементная муфта; 3 – асфальтовая мастика; 4 – просмоленная пеньковая прядь; 5 – раструб чугунной трубы; 6 – резиновая накатная прокладка с кольцом

**Железобетонные трубы** изготавливают  $D = 400-2400$  мм. Эти трубы могут иметь стандартную и повышенную прочность. По прочности они подразделяются на пять классов. Эти трубы стойки к абразивным воздействиям, но подвержены коррозии внутренние поверхности труб. По способу соединения подразделяются на *раструбные* и *фальцевые*. Герметизация стыков осуществляется смоляной прядью или резиновыми кольцами. Замок стыка выполняется из цементного раствора или из асфальтовой мастики (рис. 6.6).

В настоящее время находят все большее применение **полиэтиленовые трубы**, которые выпускаются различных диаметров (63-1200 мм). Эти трубы долговечны, не корродируют, имеют малую шероховатость поверхности, а самое главное – высокую износостойкость – 50 лет (гарантийный срок службы).

Для транспортирования агрессивных сточных вод применяют **стеклопластиковые канализационные трубы** с гладкими концами.

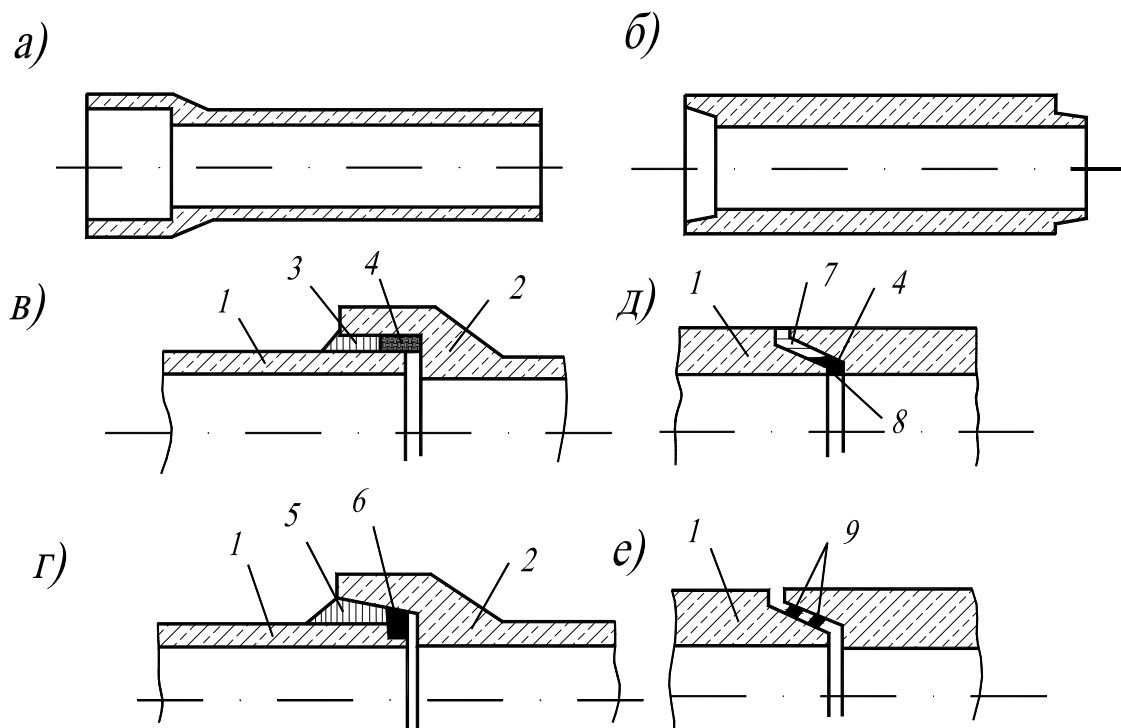


Рис. 6.6 – Бетонные и железобетонные трубы и способы их соединения:

- а* - общий вид раструбной трубы; *б* – общий вид фальцевой трубы;  
*в* – раструбный стык с асбестоцементным замком; *г* – раструбный стык с резиновыми кольцами; *д* – фальцевый стык с просмоленной пеньковой прядью;  
*е* – фальцевый стык с резиновыми кольцами; 1 – гладкий конец трубы;  
 2 – раструб трубы; 3 – асбестоцемент; 4 – просмоленная пеньковая прядь;  
 5 – цементный раствор; 6 – желобчатые резиновые кольца; 7 – цементный раствор или асфальтовая мастика; 8 – затирка цементным раствором;  
 9 – круглые резиновые кольца

Пластмассовые трубы изготавливаются из поливинилхлорида (ПВХ), полиэтилена (ПЭ), полипропилена (ПП). Соединяются эти трубы либо с помощью муфт, либо с помощью раструбов с уплотнительными резиновыми кольцами, а также при помощи сварки.

#### **6.4. Основания под трубы**

Надежность трубопровода в значительной степени зависит от качества основания. Конструкция основания зависит от вида грунта, его несущей способности, материала и диаметра труб, а также глубины их заложения.

Керамические, железобетонные, асбестоцементные трубопроводы в песчаных и глинистых грунтах укладываются на естественном основании. Засыпку на глубину 0,2 м над верхом труб выполняют песчаным грунтом с уплотнением. В глинистых грунтах укладку труб производят на песчаных подушках. При укладке трубопроводов в водонасыщенных грунтах устраивают искусственное песчано-гравийное, щебеночное или бетонное основание на песчаной, гравийной или щебеночной подготовке в зависимости от естественного состояния грунта толщиной 150-200 мм. В скальных грунтах основания под трубопроводы выравнивают слоем уплотненного мягкого грунта высотой 100-150 мм.

В просадочных грунтах перед укладкой труб грунт уплотняют трамбовкой на глубину 0,2-0,3 м с предварительным замачиванием его водой.

При укладке трубопроводов на насыпных грунтах в качестве основания следует устраивать монолитную ж/б плиту, а если присутствуют пливуны, лёсы, торфяные грунты – необходимо эти грунты заменить более качественными, а может даже устраивать свайное основание.

Для предохранения от повреждения случайно упавшими тяжелыми предметами уложенные трубы присыпают грунтом на высоту 0,3-0,4 м над шельгой трубы.

#### **6.5. Вентиляция водоотводящей сети**

Из сточных вод, движущихся по трубопроводам, выделяются пары воды и газа – сероводород, аммиак, двуокись углерода, метан, а также пары бензина, керосина, что затрудняет эксплуатацию водоотводящей сети. Смеси горючих

газов с воздухом могут взрываться, а сероводород, двуокись углерода вызывают коррозию бетона. Все это обуславливает необходимость вентиляции водоотводящей сети. Вытяжная вентиляция сети осуществляется через стояки в зданиях. Верхний стояк выводится через чердачное помещение за пределы зданий. Кроме того, воздух поступает в сеть через неплотности прилегания крышек к люкам смотровых колодцев по всей сети. Для защиты бетона от действия агрессивных сточных вод применяют цементы, не подвергающиеся коррозии, покрывают бетонные поверхности изоляцией.

### **6.6. Строительство водоотводящих сетей**

Строительство водоотводящих сетей связано с большими объемами земляных работ. Прокладывать их можно открытым или закрытым (щитовым) способами.

При открытом способе производства работ траншеи выполняют с откосами или с вертикальными стенками. Это зависит от глубины траншеи, свойств грунтов и наличия подземных вод.

Закрытым способом прокладывают сети под проездами с интенсивным движением транспорта и при большой глубине заложения трубопровода. Наиболее прогрессивным способом является щитовой способ проходки с помощью механизированного щита. Укладку труб ведут от нижнего колодца к верхнему. Последовательно с укладкой труб выполняют заделку стыков между ними.

При строительстве водоотводящих сетей следует строго соблюдать предусмотренный проектом уклон укладываемого трубопровода.

Гидравлическое испытание трубопровода производится на эксфильтрацию (при отсутствии подземных вод), т.е. на утечку воды из труб в грунт и при наличии грунтовых вод на инфильтрацию, т.е. на поступление подземных вод в водоотводящую сеть.

При приемке водоотводящих сетей в эксплуатацию проверяют, есть ли

акты скрытых работ, проверяют: прямолинейность укладки, отметки лотков в колодцах, есть ли акты испытаний трубопроводов на плотность.

В районах плотной застройки при большом количестве подземных коммуникаций и неблагоприятных геологических и гидрогеологических условиях, при больших заглублениях трубопроводов, когда прокладку коллекторов нельзя осуществить открытым способом, применяют щитовую проходку, используя щиты круглой формы.

Впервые строительство подземных коммуникаций щитовым способом началось в г. Туле в 1955 г., а в г. Харькове в 1966-67 гг.

Практика работы по сооружению подземных коммуникаций щитовым способом подтвердила его целесообразность и экономическую эффективность (можно отказаться от насосных станций). За это время построены тоннели специализированного назначения во многих городах – Минске, Таллинне, Вильнюсе, Донецке, Кривом Роге, Волгограде, Киеве.

Уклоны коллекторов, сооружаемых щитовой проходкой, следует принимать от 0,001 до 0,006. Скорость движения сточных вод должна быть в пределах 1,2-3,5 м/с. По трассе таких коллекторов устраивают технологические и строительные шахтные стволы. *Технологические стволы* предусмотрены для устройства перепадов, вентиляции и обслуживания в период эксплуатации. *Строительные стволы* предусмотрены для спуска и подъема материалов и рабочих в процессе строительства, для устройства поворотных камер, вентиляции и демонтажа проходческого оборудования. Следует максимально совмещать расположение строительных и технологических шахтных стволов. Расстояния между шахтными стволами принимают при D проходческого щита 2,1 м – 550 м; 2,6 м – 750 м; 3,2 м – 150 м; 4 м – 2000 м.

Шахтные стволы оборудованы лестничными клетками с ограждением.

В период эксплуатации коллекторы должны защищаться от газовой коррозии путем применения принудительной вентиляции. Предельная концентрация агрессивных газов в коллекторах не должна превышать по:

- сероводороду  $H_2S$  – 0,01 мг/л;

- углекислому газу  $\text{CO}_2$  – 0,5% свободного объема коллектора;
- метану  $\text{CH}_4$  – 2% свободного объема коллектора.

Перед началом работ по щитовой проходке оборудуют шахтную площадку, с которой осуществляют проходку шахтного ствола до отметки заложения коллектора. Диаметр шахтных стволов зависит от наружных диаметров проходческих щитов  $D = 2,56 \div 3,2 - 3,7$  м. Щиты  $D$  до 3 м спускают в шахту полностью собранными, а  $> 3$  м – в виде отдельных узлов. Щит имеет металлический цилиндр, который воспринимает на себя давление от окружающего грунта. Для передвижения щита в грунте используют гидравлические домкраты, упирая их в облицовку туннеля. Разрабатываемый грунт отвозят по туннелю вагонетки к шахтам и поднимают на поверхность. Непосредственно за передвижным щитом туннель облицовывают керамическими или бетонными блоками. Каждый блок прижимается к предыдущему щитовыми домкратами. Уплотнение стыков производится специальными мастиками. Пустоты за обделкой заполняют раствором для повышения водонепроницаемости обделки. Внутренняя обделка коллектора состоит из сборной или монолитной железобетонной рубашки с устройством лотка.

Проходческий комплекс состоит из щита, гидросистемы, маслостанции, шахтных вагонеток, тележек для перевозки блоков обделки, механизма для разгрузки блоков, инвентарного рельсового пути, электровоза, растворонагнетателя и контейнеров. Проходческий щит представляет собой подвижную крепь, состоящую из корпуса щита, щитовых и забойных домкратов и гидравлического блокоукладчика.

Технологический цикл строительства тоннеля начинается с разработки породы в забое с одновременным продвижением щита на заходку, равную ширине кольца крепи.

Отбитая порода при помощи перегружателя грузится в вагонетки, отвозится к стволу и поднимается на поверхность. Впереди подаваемого под загрузку состава вагонеток на блоковозках подается комплект блоков на одно

кольцо крепи. Блоки с блоковозок специальным механизмом разгружаются и подаются к блокоукладчику, который укладывает блок в собираемое кольцо обделки. После того как крепь возведена, начинается выработка очередной заходки, равной ширине кольца крепи, т.е. проходческий цикл повторяется. Процесс не прерывается до окончания строительства.

Одновременно с возведением обделки тоннеля закрепленное пространство тампонируется.

## **7. ДОЖДЕВАЯ ВОДООТВОДЯЩАЯ СЕТЬ**

### **7.1. Общие сведения**

Дождевая канализация предназначена для отвода дождевых вод с крыш жилых зданий, крупных общественных зданий и промышленных предприятий. Дождевая вода, выпавшая на поверхность дворов и кварталов, а также стекающая с крыш, отводится в основном открытой сетью лотков к улице, где по уличным лоткам протекает до ближайшего дождеприемника. Отвод же дождевой воды по улицам канализационного объекта производится по закрытой системе водостоков, по которой сплавляется в ближайшие естественные водоемы. Как правило, отвод дождевых вод в водоемы производится самотеком и лишь в редких случаях, при особо неблагоприятных условиях рельефа местности прибегают к перекачке дождевых вод.

Недостаточное внимание к современному отведению атмосферных осадков приводит к затоплению территорий, перерывам в работе промпредприятий и транспорта и даже к гибели людей. Ущерб, вызванный сильными ливнями можно сравнить с уроном, нанесенным крупным пожаром. Современные системы поверхностного водоотведения призваны обеспечить нормальную жизнь населенных пунктов во время выпадения дождей, не создавая трудностей для населения и транспорта. Перед сбросом поверхностных вод в водоемы они, как правило, должны быть очищены до такой степени, чтобы не вызывать загрязнения воды в водоемах. В случаях, когда это экономически оправдано, поверхностный сток целесообразно накапливать и использовать для водоснабжения или орошения полей.

Строительство сооружений для отведения с застроенных территорий атмосферных осадков началось еще раньше, чем строительство трубопроводов, предназначенных для сбора бытовых сточных вод.

Расчеты сетей для отведения поверхностных вод более сложные, чем расчет сетей бытовой канализации. Это объясняется тем, что расчетный расход

дождевых вод определяется продолжительностью выпадения дождя, которая считается зависящей от времени протекания дождевой воды по поверхности земли и по трубам, т.е. является функцией скорости течения воды. Поскольку эта скорость в начале расчета неизвестна, расчетные параметры приходится определять методом подбора.

## 7.2. Схемы и системы водоотведения

Дождевая водоотводящая сеть служит для организованного и быстрого отведения дождевых и талых вод с территории населенных мест и промышленных предприятий. Иногда в дождевую сеть сбрасываются условно-чистые производственные воды.

Дождевая сеть делится на *внутреннюю* и *наружную*.

**Внутренняя дождевая сеть** устраивается в пределах зданий различного назначения и служит для отвода атмосферных вод с крыш больших по площади зданий (обычно это промышленные здания, реже жилые и общественные здания). Из внутренней дождевой сети вода отводится в наружную дождевую сеть.

**Наружная дождевая сеть** предназначена для отвода атмосферных осадков, стекающих с территории населенных мест и промышленных предприятий в ближайшие водоемы, овраги и др. Она устраивается за пределами зданий. Наружная водоотводящая сеть может быть *открытой* (в виде лотков и канав), *закрытой* (в виде подземных трубопроводов) и *смешанного типа*.

**Открытая сеть** состоит из лотков и канав, по которым собранные дождевые и талые воды самотеком удаляются за пределы населенных мест и промышленных предприятий и без очистки сбрасываются в водоемы. В настоящее время открытые водостоки устраиваются лишь в небольших населенных пунктах с малой плотностью населения, низкой степенью благоустройства и небольшим количеством атмосферных осадков (до 200 мм в

год).

В современных благоустроенных населенных пунктах, как правило, устраивают *закрытую (подземную) дождевую водоотводящую сеть*. В этом случае (рис. 7.1) дождевые воды, стекающие с кварталов и улиц, собираются в уличные и внутриквартальные лотки 1, входящие в конструкцию городских улиц и тротуаров, и через специальные колодцы (дождеприемники) 2 поступают в сеть подземных трубопроводов 3, проложенную внутри кварталов и по улицам; по подземной сети труб, собранные дождевые воды, сплавляются в ближайшие водоемы или овраги, либо без предварительной очистки, либо после очистки.

В тех случаях, когда в части кварталов отсутствует подземная дождевая сеть, устраивают сеть смешанного типа, состоящую из открытых уличных лотков и труб, проложенных под землей.

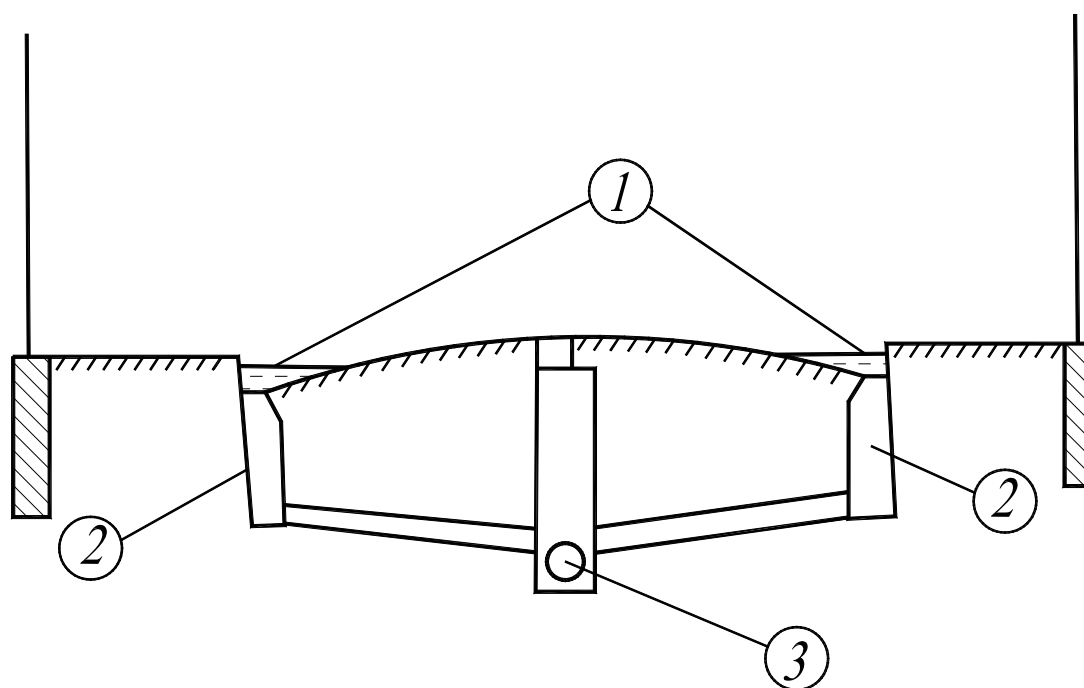


Рис. 7.1 – Схема отведения дождевой воды, стекающей с уличного проезда в подземную уличную дождевую сеть:

1 – открытый уличный лоток; 2 – дождеприемник; 3 – подземная уличная дождевая сеть

В зависимости от степени благоустройства объекта водоотведения, рельефа местности, расходов сточных вод по категориям, их загрязненности, климатических условий, вида и мощности водных объектов, в который сбрасываются дождевые сточные воды, применяют *раздельную* (полную и неполную), *полураздельную*, *комбинированную* и *общесплавную* системы водоотведения.

При *полной раздельной системе* укладываются две сети труб – одна для бытовых и производственных сточных вод, другая – для отведения поверхностного стока, т.е. дождевых, талых и поливочных вод. При *неполной раздельной системе* поверхностный сток отводится по открытым лоткам и каналам. *Полураздельная система* отличается от полной раздельной тем, что в ее составе предусмотрено устройство общесплавного главного коллектора, который обычно располагается вдоль реки. По этому коллектору сточные воды всех категорий – бытовые, производственные и поверхностные стоки поступают на очистные сооружения. Для уменьшения диаметра труб главного коллектора и снижения требуемой мощности очистных сооружений в точках примыкания к нему уличных коллекторов, предназначенных для отведения поверхностного стока, устраивают *разделительные камеры*. При сильных ливнях вода из уличных дождевых коллекторов через разделительные камеры полностью или частично сбрасывается в реку без очистки. Вода, собираемая уличными дождевыми коллекторами при небольших дождях и первые порции наиболее загрязненных дождевых вод при любых дождях, через разделительные камеры попадают в главный общесплавный коллектор и отводятся на очистные сооружения. При *общесплавной системе* все виды сточных вод отводятся по одной сети трубопроводов. Специальных коллекторов для удаления поверхностного стока при этой системе не устраивают.

В зависимости от рельефа местности, расположения объекта водоотведения и водоема, требований к очистке поверхностного стока применяют *различные схемы* размещения дождевых коллекторов. Так же как и

при отведении бытовых сточных вод применяют *перпендикулярную схему*, *зонную* или *пересеченную*. При трассировке уличных коллекторов для уменьшения глубины заложения их прокладывают перпендикулярно к горизонталям. Прокладываются уличные дождевые коллекторы в зависимости от рельефа местности по объемлющим квартал линиям или по пониженной грани квартала.

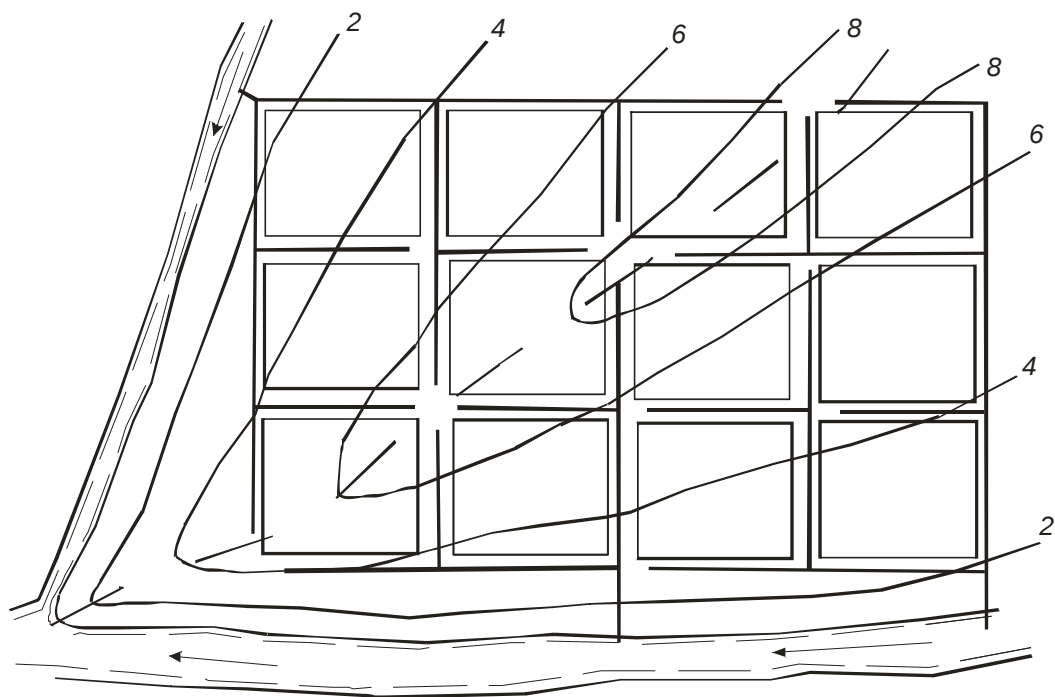


Рис. 7.2 – Схема устройства подземной дождевой сети населенного пункта

Для защиты населенных мест и промпредприятий от дождевых и талых вод, стекающих с вышерасположенных территорий, устраивают *перехватывающие водоотводные каналы*.

В современных благоустроенных жилых кварталах на улицах и внутри кварталов на внутриквартальных проездах располагают *дождеприемники*. Длина присоединений от дождеприемников до колодцев на внутриквартальной сети или до колодцев на уличных магистралях не должна превышать 40 м. Диаметр трубы присоединения принимается не менее 200 мм, а ее уклон 0,02.

При невысокой степени благоустройства квартала (одно-двухэтажная застройка), а также на территории садов и парков при условии крутого уклона поверхности земли  $\geq 0,01$  дождеприемники внутри кварталов не

предусматривают – *открытый тип водоотведения*.

Внутри квартала вода собирается в отрытые внутриквартальные лотки, откуда попадает в уличные лотки и по ним стекает в дождеприемники. Глубина воды в этих лотках при расчетном дожде должна быть не более 6 см. Уличные магистрали в этом случае трассируют по пониженной грани.

Дождеприемники обязательно устанавливают на перекрестках улиц, не доходя до полосы перехода ("зебры") их пешеходами.

Схемы дождевых сетей и размещение дождеприемников на площадках промпредприятий зависят от расположения зданий, проездов и сооружений, рельефа местности.

### 7.3. Основные расчетные параметры, характеризующие дождь

Количество выпадающих осадков зависит от климатических и географических условий. Общее количество осадков, выпадающих в том или ином районе, определяют по годовому их слою в мм. Так среднегодовой слой осадков для Киева равен 590 мм, Харькова – 500 мм, Одессы – 380 мм; Москвы – 600 мм; Баку - 180 мм и т.д. Наибольшее количество осадков выпадает в районе экватора (в Индонезии > 4000 мм).

Для полной характеристики дождя необходимо знать его *продолжительность, интенсивность и повторяемость*.

**Продолжительность** или длительность дождя измеряют в часах или минутах по лентам самопишущих дождемеров.

Под **интенсивностью** дождя понимают количество осадков, выпавших на единицу поверхности в единицу времени. Различают интенсивность выпадения дождей по слою  $i$  и по объему  $q$ . *Интенсивностью по слою  $i$*  называют отношение высоты  $h$  в мм выпавших осадков к продолжительности  $t$  в минутах их выпадения.

$$i = \frac{h}{t}, \text{ мм/мин} \quad (7.1)$$

*Интенсивность по объему*  $q$  называют количество выпавших осадков в л/с на 1 га площади, и она увязана с интенсивностью дождя по слою:

$$q = \frac{i \cdot a \cdot b}{\delta \cdot 60} = \frac{i \cdot 10000 \cdot 1000}{1000 \cdot 60} = 166,7i, \text{ л/с на 1 га} \quad (7.2)$$

где  $a = 10000$  – количество  $\text{м}^2$  в га;

$b = 1000$  – количество л в  $\text{м}^3$ ;

$\delta = 1000$  – количество мм в м;

60 – число секунд в минуте;

166,7 – переводной модуль от интенсивности дождя по слою к интенсивности дождя по объему.

Обобщение статистических данных о выпадении дождей привело к следующей общей зависимости для интенсивности дождя по объему

$$q = \frac{A}{t^n}, \text{ л/с на 1 га} \quad (7.3)$$

где  $A$  и  $n$  – величины, зависящие от метеорологических условий (от географического положения объекта),

$t$  – продолжительность дождя, мин.

**Повторяемость** дождя – период времени в годах, в течение которых дождь определенной продолжительности и интенсивности выпадает один раз. Дожди большой интенсивности повторяются реже, дожди малой интенсивности, но большей продолжительности – чаще.

Существует закономерность: чем интенсивнее дождь, тем он менее продолжителен, и, наоборот, чем менее интенсивен дождь, тем он более продолжителен. С увеличением интенсивности дождей частота их повторения уменьшается.

Выпадающие дожди характеризуются еще и вероятностью повторения, которое выражается через период однократного превышения расчетной интенсивности дождя.

#### 7.4. Период однократного превышения расчетной интенсивности дождя

Дождевую сеть можно рассчитать по разному, например, на очень сильный (кратковременный) дождь (ливень), который выпадает очень редко; при этом дождевая сеть получится очень больших диаметров и будет стоить очень дорого, но так как такие ливни повторяются редко, то дождевая сеть большую часть времени не будет заполнена водой полностью. Если же дождевую сеть рассчитать на небольшие дожди, то её диаметры будут меньше и стоить она будет дешевле, но в случае выпадения более сильных дождей, рассчитанная таким образом сеть, не справится с водоотводом, переполнится, вода может излиться из сети на поверхность, подтопить часть территории, подвалы, в которых может быть расположено ценное оборудование и т.д., что нанесет значительный ущерб.

Поэтому расчет дождевой сети производят на некоторый *расчетный дождь* определенной интенсивности и продолжительности, а также с определенной повторяемостью; но при этом учитывают возможность переполнения рассчитанной таким образом сети при выпадении более сильных дождей и ущерб, который при этом будет нанесен.

При расчете дождевой сети вводят понятие о периоде однократного превышения расчетной интенсивности дождя; его обозначают через  $P$  и выражают в годах.

Под *периодом однократного превышения расчетной интенсивности дождя*  $P$  понимают промежуток времени в годах, в течение которого произойдет однократное (один раз) переполнение дождевой сети.

Правильный выбор величины  $P$  имеет очень большое значение при проектировании дождевых сетей. Чем больше будет принято значение  $P$ , тем больших размеров получится сеть, но тем реже будет возможность переполнения ее и подтопления территории.

Выбор величины  $P$  следует производить с учетом обеспечения минимальных затрат на строительство и эксплуатацию системы водоотведения

и устранение ущерба возможного при переполнении дождевой сети; величину  $P$  следует принимать по табл. 5, 6 и 7 [3], исходя из конкретных местных условий. Для населенных мест и промышленных предприятий величина  $P$  может находиться в пределах от 0,33 до 20 лет.

### 7.5. Коэффициент стока

При выпадении дождя, не вся вода попадает в водоотводящие сети, так как часть воды фильтруется в грунт и испаряется, часть уходит на смачивание поверхности и заполнение ее неровностей. Поэтому при расчете стока с застроенных территорий эти потери воды учитывают, вводя **коэффициент стока**

$$\psi = \frac{q_e}{q}, \quad (7.4)$$

где  $q$  – интенсивность дождя, выпавшего на поверхность, определяемая по формуле (7.3);

$q_e$  – интенсивность дождя, достигшего водоотводящей сети.

Коэффициент стока всегда  $< 1$ . Причем коэффициент стока зависит от вида поверхности, интенсивности и продолжительности дождя и формула имеет вид

$$\psi_{mid} = Z_{mid} q^{0,2} t^{0,1} = \frac{Z_{mid} \cdot A^{0,2}}{t^{0,2n-0,1}}, \quad (7.5)$$

где  $Z_{mid}$  – средневзвешенное значение коэффициента покрова.

### 7.6. Определение расчетных расходов дождевых вод

Расход дождевых вод в водоотводящих сетях определяется по формуле

$$q_r = \psi_{mid} \cdot q \cdot F, \text{ л/с} \quad (7.6)$$

где  $F$  – площадь стока, га.

Т.к. при больших площадях стока ( $> 500$  га) обнаруживаем

неравномерность выпадения дождя по площади, то в формулу (7.6) необходимо ввести поправочный коэффициент  $K$ , который зависит от площади стока  $A$  (чем больше площадь, тем меньше коэффициент  $K$ ) и, учитывая формулы (7.3) и (7.4), получим:

$$q_{\text{ч}} = q_{\text{с}} \cdot F \cdot K, \text{ л/с} \quad (7.7)$$

$$\text{или } q_{\text{ч}} = \psi_{\text{mid}} \cdot \frac{A}{t^n} \cdot F \cdot K, \text{ л/с} \quad (7.8)$$

Таким образом, расчетный расход дождевых вод определяется по формуле (7.7). Из формулы (7.4) следует, что

$$q_{\text{с}} = \psi_{\text{mid}} \cdot q, \text{ л/с.}$$

Если коэффициент стока изменяется, то с учетом формул (7.3 и 7.5)

$$q_{\text{с}} = \frac{Z_{\text{mid}} A^{1,2}}{t_{\tau}^{1,2n-0,1}} \cdot F, \text{ л/с} \quad (7.9)$$

а если коэффициент стока постоянен, то

$$q_{\text{с}} = \frac{\psi_{\text{mid}} \cdot A}{t_{\tau}^n} \cdot F, \text{ л/с.} \quad (7.10)$$

По рекомендациям [3], величину  $A$  следует определять по формуле

$$A = q_{20} \cdot 20^n \left( 1 + \frac{\lg P}{\lg m_r} \right), \quad (7.11)$$

где  $q_{20}$  – интенсивность дождя, л/с·га, для данной местности продолжительностью 20 мин. при  $P = 1$  год. Определяем по черт.1 [3];

$n$  – показатель степени, определяем по табл.4 [3];

$m_r$  – среднее число дождей в год, принимаем по табл.4 [3].

Общее количество дождевых вод, стекающих с территории города или бассейна за определенный период времени (расчетный период в течение одного дождя, за сутки, за год) определяем по формуле

$$W_g = 10H\psi_1 F, \text{ л/с} \quad (7.12)$$

где  $H$  – слой осадков, мм;

$F$  – площадь стока, га;

$\Psi_1$  – общий коэффициент стока, который рекомендуется принимать равным: при определении годового объема дождевого стока 0,3-0,4; при определении суточного объема дождевого стока (0,7-0,8) $\Psi_1$ .

Максимальный расход дождевых вод со всего бассейна равен:

$$Q_{\max} = \psi \cdot F \cdot q_t, \quad (7.13)$$

где  $F$  – расчетная площадь стока, га;

$\psi$  – коэффициент стока;

$q_t$  – максимальная интенсивность, отвечающая продолжительности  $t$ , равной времени добегания  $T$  от наиболее удаленной точки "а" площади стока, л/с на 1 га до расчетного сечения "б".

Подставляя в эту формулу значения формул (7.3) и (7.5), а также учитывая коэффициент  $\eta$  неравномерности выпадения дождя по площади, формула для определения максимального расхода дождевых вод принимает вид:

$$Q_{\max} = \frac{\eta \psi_{mid} AF}{t^n} = \frac{\eta z A^{1,2} F}{t_u^{1,2n-0,1}}, \quad (7.14)$$

где параметры  $A$  определяем по формуле (7.11), а значения  $n$ ,  $m$ ,  $\gamma$ , приведены в табл. 4 [3];

$z$  – средневзвешенное значение коэффициента покрова (вид поверхности).

## 7.7. Определение расчетной продолжительности дождя

Продолжительность  $t$  протекания дождевых вод по поверхности и трубам определяем по формуле

$$t_r = t_{con} + t_{can} + t_p, \text{ мин.} \quad (7.15)$$

где  $t_{con}$  – продолжительность протекания дождевых вод до уличного лотка или до уличного коллектора. Принимается равным 5-10 мин. при отсутствии внутриквартальных закрытых дождевых сетей и 3-5 мин. – при наличии;

$t_{can}$  – продолжительность протекания дождевых вод по уличным лоткам до дождеприемника, мин. Определяем по формуле

$$t_{can} = 0,021 \sum \frac{l_{can}}{U_{can}}, \text{ мин.} \quad (7.16)$$

где  $l_{can}$  – длина участков лотков, м;

$U_{can}$  – расчетная скорость м/с в лотке;

$t_p$  – продолжительность протекания дождевых вод по трубам до рассчитываемого сечения, мин. Определяем по формуле

$$t_p = 0,017 \sum \frac{l_p}{U_p}, \text{ мин.} \quad (7.17)$$

где  $l_p$  – длина расчетных участков коллектора, м;

$U_p$  – расчетная скорость течения на участке коллектора, м/с.

## 7.8. Удельный сток дождевых вод

Определить расчетные расходы дождевых вод по формулам, приведенным в п. 7.5, при гидравлическом расчете сети сложно, так как в этих формулах время протока воды по подземным трубам  $t_p$  от начала сети до каждого рассчитываемого участка сети будет разным.

Поэтому для упрощения гидравлического расчета дождевой сети определяют так называемый удельный сток дождевой воды –  $q_{y\partial.\partial.}$  в л/с с 1 га, т.е. сток с площади  $F = 1$  га, при расчетной продолжительности дождя, равной времени поверхностной концентрации стока (при  $t_u = t_{con}$ ), и определяется по формуле

$$q_{y\partial.\partial.} = \eta \frac{Z_{mid} \cdot A^{1,2}}{t_{con}^{1,2n-0,1}}, \text{ мин.} \quad (7.18)$$

Расход с площади стока  $F$  определяем по формуле

$$q_u = q_{y\partial.\partial.} \cdot F, \text{ л/с.} \quad (7.19)$$

## 7.9. Проектирование схем дождевой сети

Трассировку дождевой сети производят с учетом рельефа местности, характера планировки намечаемых мест выпусков дождевых коллекторов кратчайшим путем в ближайшие водоемы, насыщенности территории подземными коммуникациями. Закрытая подземная дождевая сеть устраивается при полной раздельной системе водоотведения. В нее не допускается сброс каких-либо загрязненных сточных вод. С помощью дождевой сети атмосферные (дождевые) воды отводятся либо непосредственно в водоемы, либо на очистные сооружения.

Дождевая сеть проектируется безнапорной (самотечной), но наполнение труб принимается полным.

Безнапорный режим работы сети и сброс воды без очистки в водоемы и определяют особенности проектирования схем дождевой сети. Принципы составления схем дождевой сети аналогичны принципам составления схем бытовой сети. Коллекторы и уличная сеть дождевой сети трассируются в соответствии с рельефом местности, причем направление течения воды в трубопроводах должно совпадать с уклоном поверхности земли.

При проектировании дождевой сети применяется обычно перпендикулярная схема. При очистке атмосферных вод на центральных очистных сооружениях возникает необходимость устройства главного коллектора для перехвата воды от уличных коллекторов. По главному коллектору воды поступают уже на очистные сооружения. Трассировку уличных трубопроводов осуществляют по следующим схемам: по пониженной грани, по объемлющей и по черезквартальной схеме.

Разбивку кварталов на части площадей, тяготеющих к соответствующим коллекторам следует производить с учетом рельефа местности. В целях сокращения длины подземной сети и уменьшения ее стоимости для отвода дождевых вод используют лотки мостовых. В зависимости от расчетного расхода дождевых вод и уклона улиц эти лотки могут обслуживать от одного до

трех кварталов и внутриквартальная сеть тогда не устраивается. В современных городах с большими размерами кварталов проектируются внутриквартальные дождевые сети и к ним же присоединяются и водосточные трубы зданий. Выпуск дождевых вод допускается в овраги, суходолы и маломощные водоемы, но необходимо провести поверочные расчеты, не произойдет ли затопление или заболачивание прилегающих территорий или повышение уровня воды в водоеме. Если земельные территории, прилегающие к обслуживаемому объекту, имеют более высокие отметки, чем сам объект, то для исключения стекания воды с окружающей местности, предусмотрены перехватывающие (нагорные) канавы с самостоятельными выпусками в водоемы.

С целью уменьшения и выравнивания расхода дождевых вод, т.е. регулирования стока, предусматриваются регулирующие резервуары или пруды.

Поэтому одновременно с выбором схемы дождевой сети следует решать вопрос об устройстве и определении мест расположения *регулирующих резервуаров*. При их устройстве сокращается расход отводимых дождевых вод в период интенсивных ливней. Задержанный объем воды постепенно удаляется из резервуара после снижения интенсивности дождя или после полного его прекращения. Благодаря чему сокращаются объемы сооружений. В качестве регулирующих резервуаров можно использовать существующие пруды, овраги и ложбины.

Регулирующие резервуары применяют в следующих случаях: в местах присоединения кюветов и канав, несущих значительные расходы дождевых вод к подземной сети; на дождевой сети промышленных предприятий перед присоединением их к уличной сети городов; перед насосной станцией для перекачки дождевых вод; перед очистными сооружениями. Регулирующие резервуары выполняются открытыми или закрытыми. Подземные закрытые резервуары можно устраивать в пределах застройки. Для удаления осадка необходимо предусматривать его смыв. Открытые регулирующие резервуары, как правило, устраивают за пределами жилой застройки. Очистку их от осадка

удобно выполнять бульдозерами для чего предусматривают съезды.

Вместимость регулирующих резервуаров определяют исходя из графика притока воды или по формуле

$$W = K_p \cdot q_r \cdot t_r, \text{ м}^3 \quad (7.20)$$

где  $q_r$  – расчетный расход (см. формулы (7.7), (7.8) и (7.19));

$t_r$  – продолжительность дождя (см. формулу (7.12));

$K_p$  – коэффициент, зависящий от условий компоновки резервуаров и принятой схемы, определяется по таблицам.

### **7.10. Нормативные требования для гидравлического расчета дождевой сети**

Согласно СНиП [3], нормативные требования для дождевой сети следующие:

1. Наполнение труб дождевой сети принимается полным, т.е.  $\frac{h}{d} = 1$ .
2. Минимальный диаметр внутриквартальной дождевой сети принимается 200 мм, а уличной – 250 мм.
3. Минимальные скорости движения воды в трубах должны быть не менее рекомендованных для бытовой сети.
4. Начальная глубина заложения труб дождевой сети  $H$  определяется аналогично бытовой сети по трем условиям, но при этом по условиям промерзания грунта она не должна быть менее глубины промерзания грунта (т.е.  $H \geq H_{\text{пром}}$ ).
5. Сопряжение (соединение) труб дождевой сети в смотровых колодцах производится по шельгам труб.

## **7.11. Сооружения на дождевой сети**

На ливневой сети устраивают дождеприёмники, колодцы различного технологического назначения, камеры, водоотводные канавы, ливнеспуски, разделительные камеры, выпуски в водоемы, насосные станции, очистные сооружения.

### **Дождеприемники**

Дождеприемники – это колодцы, перекрытые на уровне поверхности дорожного покрытия чугунными решетками с прозорами шириной 20-30 мм; обычно решетки устанавливают на 2-3 см ниже поверхности лотка дорожного проезда.

Дождеприемники устанавливают для предотвращения затопления дождевыми водами улиц и подвальных помещений. Размещают их в пониженных местах и в конце улиц с затяжными спусками, на перекрестках и у пешеходных переходов, внутри кварталов, на дворовых и парковых территориях, не имеющих стока поверхностных вод. Расстояние между дождеприемниками принимается в зависимости от продольного уклона улиц и глубины воды в лотке у дождеприемника, которая не должна превышать 6 см и ширина потока перед решеткой не должна превышать 2 м. Выполняют дождеприемные колодцы из железобетонных колец  $D = 0,7$  и 1 м, перекрытых решетками. Подбираются решетки по пропускной способности, которая зависит от глубины воды в лотке перед решеткой.

Схема дождеприемника приведена на рис. 7.3. В раздельной системе водоотведения устраивают дождеприемники без осадочной части (см. рис. 7.3, а), а в полураздельной и общесплавной системах – с осадочной частью глубиной 0,5-0,7 м (для сбора осадка) и гидравлическим затвором высотой не менее 0,1 м (см. рис. 7.3, б) для предотвращения выхода через них канализационных газов.

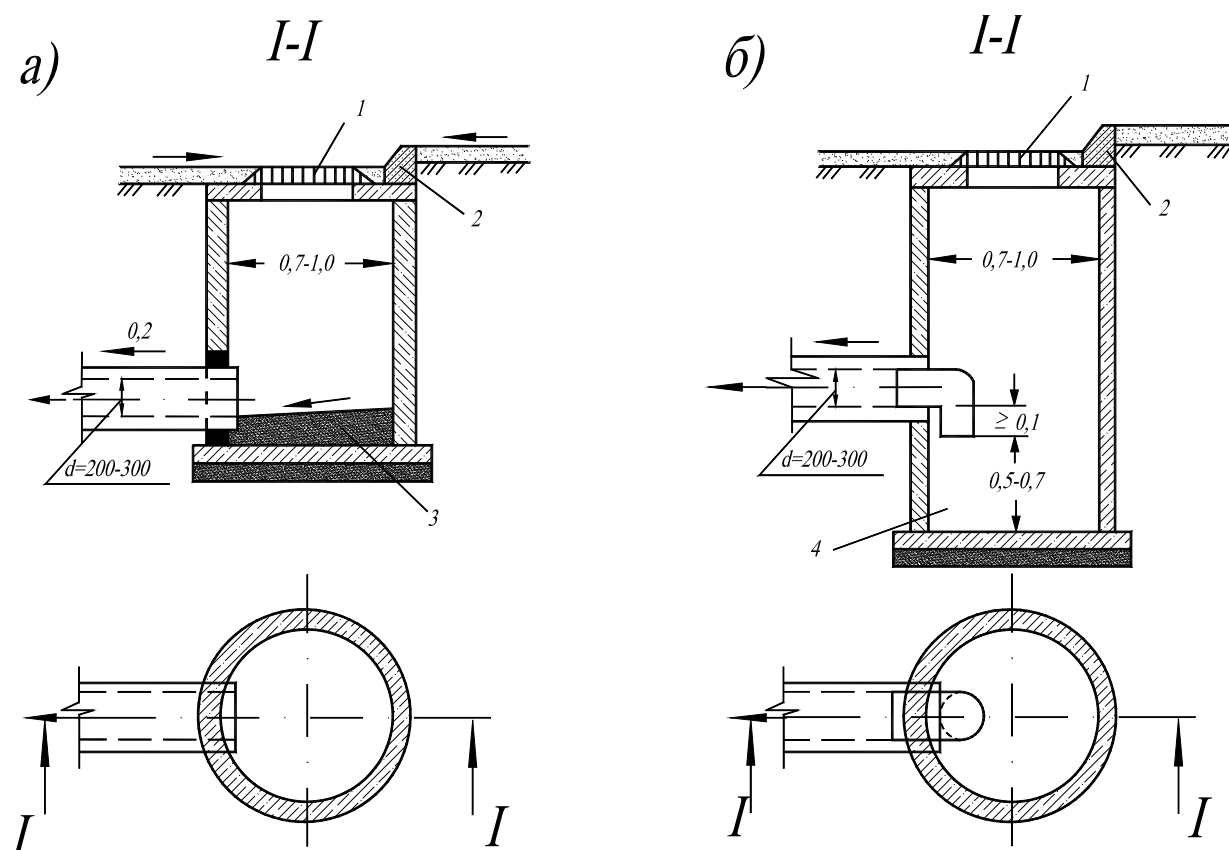


Рис. 7.3 – Схема устройства дождеприемников:

*а* – без осадочной части; *б* – с осадочной частью и гидравлическим затвором;  
 1 – дождеприемная решетка; 2 – бетонный поребрик; 3 – лоток набивной из бетона марки М200; 4 – осадочная часть колодца (прямоук); 5 – колено (или тройник с заглушкой на одном конце или какое-либо другое устройство) для создания гидравлического затвора

### Колодцы и камеры

На дождевых сетях в местах присоединения к коллектору, в местах изменения направления уклонов, диаметров трубопроводов устраивают смотровые колодцы. На прямых участках в зависимости от диаметра труб на расстоянии от 50 м (для диаметров 200-400 мм); до 250, 300 м для труб диаметром 2000 мм. В местах слияния двух или трех водостоков большого диаметра устраивают камеры. Выполняются колодцы и камеры из сборного или монолитного бетона и железобетона. Колодцы обычно состоят из рабочей части и горловины. Горловина колодца выполняется из стандартных железобетонных

колец  $D = 700$  мм. Сверху горловины устанавливают люк с крышкой. Причем верх люка должен быть на одном уровне с поверхностью проезжей части дороги, а в зеленой зоне возвышаться на 50-70 мм над поверхностью земли. Для спуска в колодец в стенки их заделываются ходовые скобы.

При необходимости понижения оси трубопроводов для приема потоков, а также во избежание возникновения в трубах скоростей, превышающих максимально допустимую при пересечении с другими подземными сооружениями устраиваются перепадные колодцы.

### **Трубы, каналы**

Для дождевых сетей (самотечных, безнапорных) применяют железобетонные, бетонные, керамические и асбестоцементные трубы, а для напорных сетей в зависимости от давления грунтовых вод и других местных условий – напорные железобетонные, асбоцементные, чугунные и пластмассовые трубы.

Бетонные безнапорные трубы выпускаются раструбными и фальцевыми. Раструбные трубы соединяются между собой на стыках, уплотняемых герметиками или резиновыми кольцами.

*Раструбные бетонные трубы* имеют  $D$  от 100 до 1000 мм и длину от 1 до 2 м. В качестве заполнителей стыков применяют просмоленную пеньковую прядь, законопаченную до половины пространства, образованного раструбом и гладким концом труб и затем в оставшееся пространство заливают асфальтовую мастику. Разрешается раструбную щель на всю глубину заделывать цементным раствором. Раструбные бетонные трубы могут соединяться и на резиновых кольцах.

*Фальцевые бетонные трубы* изготавливаются  $D$  300-800 мм и длиной 1,5-2 м. Стыки заделывают цементно-песчаным раствором, асфальтной мастикой, а также резиновой прокладкой и кольцами. Эти трубы сравнительно дешевы и не покрываются отложениями, но имеют большой вес и хрупкость. Поэтому

желательно применять железобетонные диаметром 400-2400 мм,  $l = 3-5$  м. Изготавливаются также раструбными и фальцевыми соединениями, как и бетонные. Трубы должны быть водонепроницаемыми.

*Асбестоцементные трубы* выпускают D 100-400 мм;  $l = 2,95$  и  $3,95$ . Соединения на асбестоцементных муфтах, а пространство между внутренней поверхностью муфты и наружной поверхностью труб заполняется просмоленным канатом или пеньковой пряжей и с двух сторон муфты заполняется асфальтовой мастикой или асбестоцементом. Используются для строительства внутриквартальных сетей и в районах, где попадание в воду песчаных частиц незначительное.

Керамические трубы применяют в основном для загрязненных стоков, когда отводится агрессивный дождевой сток с площадок промышленных предприятий или при прокладке их в агрессивной среде.

Выпускаются они D 150-600 мм,  $l = 1-1,5$  м, раструбные. Соединяют также как и асбестоцементные или бетонные трубы.

При отведении больших расходов дождевых вод применяют железобетонные каналы. Имеют они круглое сечение до 2 м и квадратное при больших сечениях.

Открытые дождевые сети выполняют в виде кюветов, канав или водоотводных открытых каналов, а также в виде борт-лотков. *Борт-лотки* устраивают из сборных железобетонных, бетонных элементов или из асбестоцементных труб, разрезанных пополам. Лотки бывают треугольного, прямоугольного или полукруглого сечения. Размеры лотков определяют по расчету. Глубина воды в лотке при расчетном дожде не должна превышать 0,06 м (6 см).

*Кюветы* размещают по сторонам проезжей части дороги сразу за обочинами или за бортовыми камнями. Стенки кюветов укрепляют по дну или по всему периметру мощенным камнем, бетонными плитами.

*Водоотводные канавы* для перехвата дождевых вод с вышерасположенных территорий выполняют аналогично кюветам.

Максимальная глубина кюветов и канав в населенном месте не должна превышать 1 м. Запас глубины канав над расчетным горизонтом воды должен быть не менее 0,2 м.

### **Основания под трубы**

Основания под трубы принимаются в зависимости от диаметра труб, гидрогеологических условий, вида грунтов и их несущей способности. В нормальных плотных грунтах с допускаемым давлением на грунт не менее 1,5 атм. трубы всех типов укладываются на естественное ненарушенное основание. Если под трубами залегают глинистые, суглинистые породы, либо гравий, галечник или скальные породы, то устраивается песчаная подушка толщиной не менее 0,1 м. Если трубы укладывают в торфяных или илистых грунтах, то основание может быть железобетонным на бетонной плите, либо железобетонное свайное (ростверки). В просадочных грунтах трубы укладывают на грунт, который предварительно замачивают водой и уплотняют на глубину 0,2-0,25 м.

### **Ливнеспуски, разделительные камеры**

Количество дождевых вод во время расчетного дождя во много раз превышает количество бытовых и производственных сточных вод, поэтому на общесплавной сети необходимо устройство ливнеспусков для сброса в водоемы части расхода сточных вод в основном дождевых.

*Ливнеспуски* служат для автоматического сброса из коллектора излишков бытовых и дождевых сточных вод после определенного разбавления бытовых сточных вод дождевыми.

Устраивают их в виде водосливного отверстия в коллекторе общесплавной системы канализации. Бывают ливнеспуски с односторонним и двухсторонним боковыми водосливами.

При полной раздельной и полураздельной системах водоотведения на

дождевой сети устраивают *разделительные камеры* для сброса части дождевых вод при интенсивных дождях в водоем: при полной раздельной системе – на дождевой сети перед очистными сооружениями, при полураздельной – на дождевой сети перед присоединениями ее к общесплавным коллекторам и перед очистными сооружениями для временного сброса части стоков в регулируемые резервуары для последующей подачи их на очистные сооружения.

### **Выпуски в водоемы**

Атмосферные осадки, выпавшие на поверхность земли, собранные и отведенные за пределы обслуживаемых объектов сбрасывают в водоемы. Сброс осуществляют через специальные сооружения – *выпуски*. По типу водоема выпуски подразделяются на: речные, озерные и морские; по месту расположения на: береговые, русловые и глубинные; по конструкции на: сосредоточенные и рассеивающие. Береговые сосредоточенные выпуски выполняются в виде труб, открытых каналов, быстротоков и оголовков различных конструкций. Эти выпуски не обеспечивают начального разбавления дождевых вод с водой водоема.

*Русловой выпуск* – трубопровод, выдвинутый в русло реки и оканчивающийся затопленным оголовком. При одном оголовке выпуск называют сосредоточенным, а при нескольких – рассеивающим.

*Глубинные выпуски* – аналогичны русловым и применяются при выпуске в озера, водохранилища и моря. Они отличаются большим заглублением. Трубопроводы русловых и глубинных выпусков выполняют из стальных труб с усиленной антикоррозионной изоляцией и укладывают их либо в траншее, либо по дну, но закрепляют якорями.

При наличии в населенном пункте благоустроенных набережных и глубоких водотоков рекомендуется делать затопленные выпуски. Такие выпуски применяются в первую очередь по эстетическим соображениям, так

как сброс даже очищенных поверхностных вод в водный объект производит на жителей неблагоприятное впечатление. При устройстве затопленных выпусков обычно предусматривают устройство *перепадных колодцев*, которые размещены не далее 10 м от водотока. Затопленный выпуск реже повреждается при ледоставе и ледоходе.

В местах выпуска воды из открытой сети (канав, лотков) в закрытую дождевую сеть, а также в местах выпуска дождевых вод в суходолы, овраги устраивают оголовки из дерева или бетона, монолитного или сборного или каменной кладки.

### Дождемеры

Измерение количества выпадающей дождевой воды производится на метеорологических станциях с помощью специальных приборов.

Установки для измерения количества атмосферных осадков, выпавших за некоторые промежутки времени называют *дождемерами*.

Они бывают *обыкновенные* (простые) и *самопишущие* (автоматические). Дождемер простого типа представляет собой металлическое ведро в виде цилиндра, площадь поперечного сечения которого равна  $500 \text{ см}^2$ , а высота 40 см. Устанавливается он на столбе на высоте 2 м от поверхности земли на расстоянии 20-25 м от зданий. Для измерения жидких осадков, поступающих в дождемер, их сливают в измерительный, градуированный стакан с делениями, по которому определяют выпавшую на площадь  $500 \text{ см}^2$  за время  $t$  толщину слоя дождя,  $h_1$ , выраженную в долях м. Таким дождемером определяют только среднюю величину интенсивности дождя. Непрерывные во времени измерения количества осадков производятся с помощью *плювиографа*. Состоит этот прибор из трех основных узлов: системы для сбора осадков, механизма для измерения количества осадков и регистраторов сумм осадков во времени. Плювиографы бывают поплавковые, весовые, челночные, клапанные и резисторные. Наиболее простыми являются поплавковые, которые состоят из

камеры с поплавком, куда через воронку поступает вода. Плювиограф имеет масштаб записи: вертикальный (наименьшее деление на ленте 1 мм соответствует 0,1 мм слоя осадка), горизонтальный (наименьшее деление на ленте 2,6 мм соответствует 10 мин. продолжительности).

### **Насосные станции**

Дождевые воды обычно отводятся самотеком, но бывает, что по топографическим особенностям территории возникает необходимость перекачки поверхностных вод насосной станцией – в основном это при плоском рельефе в сочетании с неблагоприятными грунтовыми условиями. Строительство насосной станции при этом позволяет уменьшить глубину заложения сети водостоков и этим самым снизить строительную стоимость.

В основном насосные станции для перекачки дождевых вод мало отличаются от канализационных насосных станций. *Особенностью* их является периодичность работы, в основном, в теплое время года. Целесообразно устраивать приемные резервуары перед насосной станцией большой емкости, чем достигается более равномерный сброс стока после дождя и уменьшается количество работающих насосов. Т.к. высота подачи дождевых вод небольшая, то целесообразно принимать вертикальные осевые насосы, а также шнековые, которые отличаются простотой и устойчивым коэффициентом полезного действия при колебании притока в широких масштабах. И, кроме того, перед шнековыми насосами не надо устанавливать решетки, предусматривается небольшое заглубление насосных станций (практически не глубже подводящего коллектора), простота обслуживания и автоматизации. Но подъем воды шнековые насосы дают не более 6-8 м. При необходимости подъема воды на большую высоту устраивают двухступенчатые станции.

Насосные станции дождевых вод сооружают (также как и канализационные) прямоугольной и круглой формы. Насосы устанавливают в основном тоже под заливом, т.е. ниже уровня воды в приемном резервуаре.

## 7.12. Гидравлический расчет дождевой воды

Гидравлический расчет начинают после составления схемы водоотведения. Уличная сеть разбивается на расчетные участки, границами которых являются перекрестки улиц, а бассейны разбивают на площади стока, тяготеющие к отдельным участкам уличной сети. Каждый квартал нумеруется, а отдельные его части обозначают буквами и для упрощения расчетов составляют ведомость площадей с их нумерацией и значением площади в га. Нумеруются все участки сети, и определяется точка, от которой и начинается расчет трубопроводов. Результаты расчетов сводятся в табл. 7.1.

В зависимости от уклона поверхности земли задаются скорости  $U_{can}$  или  $U_p$ , которые должны быть немного больше самоочищающих. Расчетную продолжительность дождя  $t_r$  (графа 8) определяют по формуле (7.12). Интенсивность дождя  $q_e$  (графа 9) определяют по формуле (7.9) или (7.10). Расчетный расход  $q_{\text{ч}}$  (графа 10) рассчитывают по формуле (7.7). Графы 11-13 заполняются по табл. Лукиных [5] с учетом расхода и уклона, т.е. дальше все расчеты выполняют, как и при проектировании бытовой сети.

При определении начального заглубления трубопровода необходимо выполнить следующие условия:

- исключить промерзание труб;
- исключить разрушение труб от движущегося транспорта;
- обеспечить присоединение к первому расчетному участку внутриквартальных сетей.

Начальное заглубление первого дождеприемника внутриквартальной сети следует принимать равным глубине промерзания грунта.

Площади стока (графы 3 и 4) определяют по схеме дождевой сети. Территории парков, не оборудованные дождевой сетью, в расчетной величине площади стока и при определении коэффициента стока не учитываются.

Таблица 7.1 – Гидравлический расчет дождевой сети

| №№ участков | Длина участка<br>$l$ , м | Площадь<br>стока $F$ , га |          |       | Скорость<br>протока $v$ , м/с | Продолжитель-<br>ность протока<br>$l/(v \cdot 60)$ , мин. | Расчетная<br>продолжитель-<br>ность дождя $t_d$ ,<br>мин. | Интенсивность<br>дождя $q_6$ , л/с·га | Расчетный<br>расход $q_4$ , л/с | Диаметр труб<br>$D$ , мм | Уклон лотка<br>труб $i$ | Пропускная<br>способность,<br>л/с |
|-------------|--------------------------|---------------------------|----------|-------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
|             |                          | собствен.                 | притоков | общая |                               |                                                           |                                                           |                                       |                                 |                          |                         |                                   |
| 1           | 2                        | 3                         | 4        | 5     | 6                             | 7                                                         | 8                                                         | 9                                     | 10                              | 11                       | 12                      | 13                                |

### 7.13. Загрязненность поверхностного стока и его влияние на состояние водоемов

Поверхностный сток, формирующийся на территории населенных пунктов и промплощадок, в значительной степени загрязнен и оказывает отрицательное влияние на водные объекты. Загрязнение поверхностного стока зависит от многих факторов. Основные факторы – климатические условия, санитарное состояние бассейна водосбора и приземной атмосферы и закономерности движения поверхностного стока в сети дождевой канализации.

*К климатической характеристике местности*, влияющей на состав атмосферных вод относится: интенсивность и продолжительность дождя, частота его выпадения и количество осадков, продолжительность таяния снега.

*Состояние бассейна водосбора* характеризуется благоустройством и родом поверхностного покрова, степенью загрязнения территории и атмосферы, интенсивностью движения автотранспорта. Для сокращения загрязненности поверхностного стока необходимо регулярно убирать территорию, своевременно проводить ремонт дорожных покрытий, ограждать зоны озеленения бордюрами и т.д.

Поверхностный сток смывает и выносит с потоком растворимые и нерастворимые примеси. Кроме того, атмосферные воды сорбируют на своей поверхности частицы пыли, газа и др. примесей, находящихся в воздухе, начинают загрязняться еще в воздухе.

Основными загрязнениями поверхности стока являются взвешенные вещества. Их концентрация колеблется от нескольких мг до десятков г в литре

воды. Большие колебания наблюдаются и по размеру частиц примесей. Основное количество нерастворенных примесей это мелкодисперсные частицы, в основном, это частицы пыли. 80% по весу взвешенные вещества имеют размеры частиц не  $> 0,05$  мм. Органические вещества в поверхностном стоке содержатся в растворенном и нерастворенном состоянии. Скорость окисления органических веществ в поверхностном стоке ниже, чем в хозяйственно-бытовых сточных водах. Содержание нефтепродуктов в поверхностном стоке определяют, в основном, интенсивным движением транспорта. Кроме того, в поверхностном стоке могут содержаться биогенные элементы, соединения тяжелых металлов, специфические примеси, выбрасываемые в атмосферу промпредприятиями и бактериальные загрязнения. В районах, где имеются выбросы двуокиси серы, выпадают кислые дожди.

Поверхностный сток с городских территорий и с промышленных площадок, поступая в водные объекты, вызывает их загрязнение и затопление. Донные отложения нарушают жизнедеятельность микроорганизмов, а окисление органических примесей этих донных отложений приводит к ухудшению кислородного режима водоема. Так как поверхностный сток является одним из источников загрязнения окружающей среды, то отведение и обезвреживание является важнейшим требованием охраны природных вод.

Концентрация примесей в дождевом стоке зависит от интенсивности выпадения осадков, продолжительности периода сухой погоды и предшествующего дождя. Концентрация примесей в дождевом стоке меняется во времени. Она быстро возрастает до максимума и далее уменьшается к концу дождя. Наиболее существенно изменяется содержание взвешенных веществ, нефтепродуктов и органических веществ, выраженных ХПК. Причем изменяться они могут в процессе притока стока в несколько раз.

Установлено, что основную массу загрязнений выносят часто повторяющиеся дожди относительно малой интенсивности. Дожди же большой интенсивности – ливни, хотя и образуют поток с большим расходом воды, повторяются очень редко и не наносят большого ущерба водоемам ввиду

относительно малой загрязненности. Для определения концентрации загрязняющих веществ дождевого стока составлены таблицы в зависимости от различной степени благоустройства (для взвешенных веществ и нефтепродуктов). БПК<sub>20</sub> в дождевом стоке изменяется от 40-90 мг/л, соединения азота до 5-6, а фосфора до 1 мг/л. Солесодержание дождевого стока колеблется от 20-900 мг/л. Щелочность от 2 до 9 мг-экв/л, а общая жесткость от 2,5 до 13 мг-экв/л. Кроме того, имеются таблицы с подробной характеристикой дождевого стока для ряда городов СНГ.

В ряде случаев удобно при определении концентрации загрязняющих веществ дождевой канализации пользоваться удельным выносом примесей, которые приводятся для 1 га в зависимости от величины слоя осадка и продолжительности предшествующего периода сухой погоды и плотности населения. Так рекомендуется принимать при плотности населения 100 чел. на 1 га взвешенные вещества – 2500 кг/год; ХПК – 1000; БПК<sub>20</sub> – 140; нефтепродукты – 25; соединения азота – 6; фосфора – 1,5; минеральных солей – 400 кг/год·га. Для малоэтажной застройки и низком уровне благоустройства удельный вынос взвешенных веществ следует увеличить на 20%.

Физико-химический состав поверхностного стока с территорий промышленных предприятий зависит от характера технологических процессов, а концентрация и удельный вынос зависят от санитарного и технического состояния водосборного бассейна, режима уборки территорий и эффективности работы систем газо- и пылеулавливания. Для различных предприятий (например, угольных шахт, металлургических заводов, нефтеперерабатывающих заводов и др.) имеются таблицы по физико-химическому составу поверхностного стока с их территорий.

#### **7.14. Динамика изменения загрязненности поверхностного стока**

Мы установили, что загрязненность зависит от многих факторов, основными из которых является загрязненность территории и воздушного

бассейна, характер выпадения дождей, продолжительность периода сухой погоды. Изменяется загрязненность в течение одного дождя и различна в одно и то же время у дождеприемников и в разных точках дождевой сети. Загрязненность дождевых вод складывается из двух составляющих: основной загрязненности, определяющейся смыыванием накопленных на поверхности загрязнений и фоновой, возникающей из-за эрозии (размыва) самих поверхностей.

В течение периода, предшествующего выпадению осадка, происходит накопление загрязнений на поверхности водосбора. Количество этих загрязнений определяют уровнем благоустройства территорий, ее санитарным состоянием, интенсивностью транспортной нагрузки, степенью загрязнения атмосферы осаждающимися частицами.

Количество загрязнений в килограммах, накопленных за время  $T$  на единице площади в гектарах, определяют по формуле

$$M = M_{\max} (1 - e^{-K_z T}), \quad (7.21)$$

где  $M_{\max}$  – максимально возможное количество накапливаемых загрязнений, кг;

$K_z$  – коэффициент динамики накопления загрязнений;

$T$  – продолжительность периода без стока, сут;

$e$  – основание натурального логарифма.

Значение  $M_{\max}$  и  $K_z$  для определения загрязненности дождевого стока по взвешенным веществам принимается:

- для районов современной застройки с высокой степенью благоустройства и малой транспортной нагрузкой  $M_{\max} = 10-20$  кг на 1 га;  $K_z = 0,4-0,5$ ;
- для административно-торговых центров с высокой транспортной нагрузкой  $M_{\max} = 100-140$ ;  $K_z = 0,3-0,4$ ;
- для промышленных районов и зон, прилегающих к крупным магистралям  $M_{\max} = 200-250$ ;  $K_z = 0,2-0,3$ .

Количество смыываемых загрязнений  $M_{см}$  зависит от продолжительности выпадения  $t$  и средней интенсивности дождя, и определяют по формуле

$$M_{cm} = M(1 - e^{-K_c qt}), \quad (7.22)$$

где  $K_c$  – константа смыва загрязнений и зависит от характера бассейна водосбора и принимается 0,003-0,008. Причем меньшие значения  $K_c$  соответствуют менее загрязненным территориям.

Концентрация взвешенных веществ в дождевом стоке у дождеприемника равна:

$$K_{B.B.} = \frac{1000M_{cm}F}{W_q}, \quad (7.23)$$

где  $W_q$  – объем дождевого стока с площадью  $F$  за время выпадения осадков  $t$ . Определяется  $W_q$  по величине слоя осадков.

В начальный период дождя, когда расход мал, и наполнение и скорость течения тоже малы, часть загрязнений, поступивших в канализационную сеть через дождеприемники, выпадает в осадок и уменьшает загрязненность дождевых вод. При увеличении расходов, скорость в трубах тоже увеличивается и происходит размывание и транспортирование по трубам ранее выпавших в осадок загрязнений и общая концентрация загрязнений увеличивается.

При сбросе неочищенного дождевого стока в водоемы существенно ухудшается качество воды в них, особенно во время выпадения интенсивных дождей (происходит засорение рек плавающими предметами). На поверхности воды образуется пленка нефтепродуктов, резко возрастает концентрация взвешенных веществ. Но уже через несколько часов после прекращения поступления дождевого стока содержание примесей в воде снижается и постепенно восстанавливается фоновое качество воды по всем показателям, кроме концентрации растворенного кислорода. Ухудшение кислородного режима воды реки после дождя связано с увеличением потребления кислорода органической частью донных отложений, внесенных поверхностным стоком.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 2.04.02-84. Строительные нормы и правила. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.
2. СНиП 2.04.01-85. Строительные нормы и правила. Внутренний водопровод и канализация зданий. – М.: Стройиздат, 1986. – 56 с.
3. СНиП 2.04.03-85. Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1986. – 72 с.
4. СНиП 2.09.04-87. Строительные нормы и правила. Административные и бытовые здания. – М.: Стройиздат, 1988. – 15 с.
5. Лукиных А.А., Лукиных Н.А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н.Н. Павловского. Справочное пособие. – 5-е изд. – М.: Стройиздат, 1987. – 152 с.
6. Федоров Н.Ф., Волков Л.Е. Гидравлический расчет канализационных сетей: Расчетные таблицы. – 4-е изд. – Л.: Стройиздат, 1968. – 208 с.
7. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю.М., Калицун В.И. Водоотведение и очистка сточных вод. Учебник для ВУЗов. – М.: Стройиздат, 1996. – 392 с.
8. Дикаревский В.С., Курганов А.М., Нечаев А.П., Алексеев М.И. Отведение и очистка поверхностных сточных вод. – Л.: Стройиздат, 1990. – 223 с.
9. Абрамович И.А. Сети и сооружения водоотведения. Расчет, проектирование, эксплуатация. – Харьков, 2005. – 288 с.
10. Калицун В.М. Водоотводящие системы и сооружения. – М., 1987. – 335 с.
11. Временная инструкция по проектированию сооружений для очистки поверхностных сточных вод СН 496-77.