

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.

Федеральное агентство по образованию

Дальневосточный государственный технический университет
(ДВПИ им. В.В. Куйбышева)

Е.М. Малинина, Т.Ю. Попова

Реконструкция инженерных систем и сооружений

Учебно-методический комплекс



Издательство
ДВГТУ

Владивосток • 2007

УДК 628.32.001.7
М 19

Рецензенты:

Т.А. Ещенко, гл. специалист
ООО “Дальрыбпроект”;

Г.И. Сомова, зав. сектором отопления и вентиляции
ООО “Дальрыбпроект”

Малинина, Е.М.

Реконструкция инженерных систем и сооружений: уч.-метод. комплекс / Е.М. Малинина, Т.Ю. Попова; Дальневосточный государственный технический университет. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. – 256 с.

ISBN 978-5-7596-0785-4

Учебно-методический комплекс дисциплины (УМКД) содержит рабочую учебную программу, методические указания к практическим занятиям, методические указания по выполнению самостоятельной работы, конспект лекций и тесты для текущей и итоговой аттестации.

УМКД предназначен для студентов очной и заочной форм обучения специальности 270112 “Водоснабжение и водоотведение”.

ISBN 978-5-7596-0785-4

© Дальневосточный государственный
технический университет, 2007

РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

Введение

В последние десятилетия требования к качеству питьевой воды повысились, поэтому существующие и построенные по старым проектам сети и сооружения не всегда обеспечивают высокое качество очищенной воды. Кроме того, в большинстве населенных пунктов из года в год растет потребность в воде, в результате приходится увеличивать пропускную способность как всей системы водоснабжения, так и станций водоочистки и водоподготовки.

1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является подготовка будущих специалистов, умеющих:

- разрабатывать проекты реконструкции инженерных систем и сооружений водоснабжения и водоотведения населенных мест и промышленных предприятий;
- осуществлять строительные работы по реконструкции и интенсификации, работы инженерных сетей и сооружений;
- рационально использовать ресурсы в системах водоснабжения и водоотведения.

В итоге изучения дисциплины будущие специалисты должны знать:

- законы об охране окружающей природной среды, об основах градостроительства и другие законы, в которых рассматриваются вопросы охраны водоемов от загрязнений;
- нормативно-технические документы (ГОСТы, СНиПы, указания на проектирование реконструкции систем водоснабжения и водоотведения, очистных сооружений и их конструкций);
- величины и параметры, характеризующие работу инженерных сетей и сооружений водоснабжения и водоотведения, рациональному использованию водных ресурсов и обезвреживанию сточных вод.

2. Начальные требования к освоению дисциплины

Для изучения данной дисциплины необходимы знания общеобразовательных и специальных дисциплин, которые должны предшествовать изучению данной дисциплины: черчения, математики, физики, теоретической механики, химии, геодезии, геологии и гидрологии, гидравлики, инженерной геологии, строительных материалов, насосов и насосных станций, технологии и

организации строительного производства экологии, водоснабжения и водоотведения и др.

3. Требования к уровню освоения содержания дисциплины

В итоге изучения дисциплины будущие специалисты **должны знать:**

- законы об охране окружающей природной среды, об основах градостроительства и другие законы, в которых рассматриваются вопросы охраны водоемов от загрязнений;
- нормативно-технические документы (ГОСТы, СНиПы, указания на проектирование реконструкции систем водоснабжения и водоотведения, очистных сооружений и их конструкций);
- величины и параметры, характеризующие работу инженерных сетей и сооружений водоснабжения и водоотведения, рационального использования водных ресурсов и обезвреживанию сточных вод.

Будущие специалисты **должны уметь:**

- разрабатывать проекты реконструкции инженерных систем и сооружений водоснабжения и водоотведения населенных мест и промышленных предприятий;
- осуществлять строительные работы по реконструкции и интенсификации работы инженерных сетей и сооружений;
- рационально использовать ресурсы в системах водоснабжения и водоотведения.

4. Объём дисциплины и виды учебной работы

4.1. Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам
		9 сем.
Общая трудоёмкость дисциплины	59,5	59,5
Лекции	34	34
Лабораторные занятия	—	—
Практические занятия	17	17
Всего самостоятельная работа	8,5	8,5
В том числе: курсовое проектирование	—	—
Другие виды (РГЗ, рефераты и др.)	—	—
Вид итогового контроля (экзамен, зачёт)	Зачет	

4.2. Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по курсам
		6
Общая трудоемкость дисциплины	60	60
Лекции	8	8
Лабораторные занятия	–	–
Практические занятия	–	–
Всего самостоятельная работа	52	52
В том числе: курсовое проектирование	–	–
Контрольные работы	1	1
Вид итогового контроля (экзамен, зачет)	Экзамен	

5. Содержание дисциплины

5.1. Распределение учебного материала по видам занятий

Наименование раздела дисциплины	Распределение по видам (час)			
	Лек	ЛЗ	ПЗ	СРС
1. Водоснабжение	16	–	7	4,5
2. Водоотведение	18	–	8	4

5.2. Содержание лекционного курса (наименование раздела, темы, краткое содержание)

Раздел 1. Водоснабжение

Тема 1. Водопроводные сети.

Краткий обзор развития инженерных сетей и сооружений водоснабжения. Интенсификация работы водонапорных башен в системе водоснабжения. Современное состояние систем водоснабжения. Оценка безотказности и прогнозирование долговечности труб.

Тема 2. Водозаборные сооружения.

Химические качества воды в местах водозабора. Диагностика технологического оборудования и строительных конструкций водозаборных сооружений. Соблюдение нормативных условий в зонах санитарной охраны.

Тема 3. Насосные станции.

Прогрессивные методы регулирования насосных агрегатов. Автоматизация управления насосными станциями.

Тема 4. Очистные сооружения.

Определение необходимой эффективности работы очистных сооружений в связи с изменением качества поступающей воды из источника, расхода, требования к воде. Выбор технологической схемы для реконструируемых сооруже-

ний и автоматизация их работы, организация работ при реконструкции сооружений.

Тема 5. Сооружения механической очистки.

Определение эффективности работы фильтров. Применение тонкослойного отстаивания. Мероприятия по увеличению коэффициента использования объема сооружений. Мероприятия по увеличению коэффициента использования объема сооружений. Реконструкция реагентного хозяйства и смесителей.

Тема 6. Сооружения физико-химической очистки.

Техническое состояние сорбционных и гиперфильтрационных установок. Принципы подбора технологических схем и режимов для реконструируемых сооружений. Установки заводской готовности.

Тема 7. Сооружения для обеззараживания воды.

Выбор оптимального метода обеззараживания. Новое оборудование для озонирования, ультрафиолетового излучения.

Тема 8. Внутренний водопровод.

Эксплуатация насосных станций 1-го подъема. Ревизия и ремонт центробежных насосов.

Раздел 2. Водоотведение

Тема 9. Водоотводящие сети.

Краткий обзор развития инженерных сетей и сооружений водоотведения. Бестраншейные методы реконструкции трубопроводов.

Тема 10. Канализационные насосные станции.

Реконструкция насосных станций перекачки. Автоматизированные системы автоматического управления (САУ).

Тема 11. Особенности проектирования реконструкции дождевой сети.

Дождевая канализация, водостоки. Дождевая канализация на большом участке с коттеджем. Регенерация дождевой воды. Реконструкция устройств и сооружений на действующих водоотводящих сетях.

Тема 12. Станции очистки сточных вод .

Изучение существующих схем очистки сточных вод, разработка проекта ее изменения при максимальном использовании новых приемов и технологий. Обработка сточных вод флотацией. Компактные очистные сооружения.

Тема 13. Механическая очистка сточных вод.

Модернизация конструкций решеток. Модернизация конструкций песколовков. Интенсификация работы отстойников. Интенсификация работы гидроциклонов.

Тема 14. Биологическая очистка сточных вод.

Возможные варианты реконструкции аэротенков. Современные системы аэрации сточных вод в аэротенках. Интенсификация и реконструкция сооружений биологической очистки на очистных сооружениях малой производительности.

Тема 15. Методы реконструкции сооружений доочистки. Глубокая очистка сточных вод.

Изучение работы сооружений доочистки сточных вод, разработка метода и способа реконструкции, варианты и выбор оптимального варианта. Обеззараживание сточных вод, использование новых способов дезинфекции. Глубокая очистка сточных вод нефтесодержащих примесей.

Тема 16. Обработка, обезвреживание и использование осадков.

Разработка методов и способов реконструкции сооружений по обезвреживанию осадков сточных вод. Оптимизация варианта реконструкции.

Тема 17. Внутренняя канализация.

Диагностика канализационных трубопроводов, насосных и технологических установок. Анализ засоряемости трубопроводов. Компактные и мобильные малые очистные сооружения.

5.3. Содержание практических и лабораторных занятий

№ п/п зан.	Номер раздела дисц.	Наименование лабораторной работы (практического занятия)
1	1	Выбор вариантов улучшения работы водозаборов при реконструкции (размещение оголовков, виды оголовков и береговых колодцев). По типовым проектам и курсовым проектам
2	1	Расчет производительности водопроводных насосных станций с учетом замены насосного оборудования, изменения производительности. По типовым проектам и курсовым
3	1	Рассмотрение возможности использования существующих запасно-регулирующих емкостей при изменении производительности насосов. По типовым проектам и экскурсия
4	1	Примеры расчетов сооружений станций водоочистки и водоподготовки при реконструкции и интенсификации сооружений. По типовым и курсовым проектам
5	2	Расчеты возможностей использования существующих КНС при увеличении производительности насосов и замены оборудования. По типовым и курсовым проектам
6	2	Примеры расчетов сооружений станций биологической очистки сточных вод при реконструкции и интенсификации. По типовым и курсовым проектам
7	2	Примеры расчетов сооружений станций биологической очистки сточных вод при реконструкции и интенсификации малой производительности
8	2	Примеры расчетов сооружений станций биологической очистки сточных вод при реконструкции и интенсификации сооружений производственных сточных вод

6. График изучения дисциплины

Вид учебных занятий	№ недели																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Лекции	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
ЛЗ																		
ПЗ		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
КПР																		
РГЗ, реф-т		+		+		+		+		+		+		+		+		
Аттестация (промежуточная)																		

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (рекомендуемая литература)

Основная

1. Порядин А.Ф. Устройство и эксплуатация водозаборов. – М.: Стройиздат, 1984. – 183 с.
2. Орлов В.О., Шевчук Б.И. Интенсификация работы водоочистных сооружений. – Киев: Будивельник, 1989. – 128 с.
3. Воронов Ю.В., Саломеев В.П. и др. Реконструкция и интенсификация работы канализационных очистных сооружений. – М.: Стройиздат, 1990. – 222 с.

Дополнительная

4. Пособие по проектированию сооружений для забора подземных вод (к СНиП 2.04.02-84). – М.: Стройиздат, 1989. – 272 с.
5. Пособие по проектированию сооружений для забора поверхностных вод (к СНиП 2.04.02-84). – М.: Стройиздат, 1990. – 256 с.
6. Пособие по проектированию сооружений для очистки и подготовки воды (к СНиП 2.04.02-84). – М.: Стройиздат, 1989. – 128 с.
7. Пособие по проектированию сооружений для очистки сточных вод (к СНиП 2.04.03-85). – М.: Стройиздат, 1990. – 192 с.

Программное обеспечение

Компьютерные программы WORD, EXELL.

8. Контрольные задания и методические рекомендации по изучению дисциплины

Контрольные задания приведены для студентов специальности 270112 “Водоснабжение и водоотведение” (дневной и заочной формы обучения) “Реконструкция инженерных систем и сооружений”.

9. Текущий и итоговый контроль по дисциплине

9.1. *Формы и методы для текущего контроля*

Формами текущего контроля являются выполненные практические задания, рефераты. Методами текущего контроля по дисциплине выступают вопросы по темам, защита практических работ и определение уровня посещаемости занятий студентами.

9.2. *Контрольные тесты для определения минимального уровня освоения программы дисциплины*

1. Причины, вызывающие реконструкцию наружных сетей водоснабжения:
 - 1) физический износ труб;
 - 2) необходимость в увеличении способности трубопроводов;
 - 3) замена воды на жидкое топливо;
 - 4) уменьшение глубины заложения трубопроводов.
2. Причины, вызывающие реконструкцию водозаборов поверхностных вод:
 - 1) физический износ;
 - 2) необходимость в увеличении производительности;
 - 3) превращение водозабора в насосную станцию 3-го подъема;
 - 4) превращение водозабора в насосную станцию 2-го подъема.
3. Методы интенсификации работы отстойников:
 - 1) добавление марганца;
 - 2) оснащение тонкослойными модулями;
 - 3) добавление коагулянтов;
 - 4) добавление флокулянтов;
 - 5) оснащение трубами отопления.
4. Интенсификации работы контактных осветлителей:
 - 1) изменение гранулометрического состава загрузки;
 - 2) устройство тонкослойных элементов;
 - 3) подача сжатого воздуха;
 - 4) добавление уксусной кислоты.
5. Методы интенсификации работы флотаторов:
 - 1) подача кислорода;
 - 2) добавление серной кислоты;
 - 3) увеличение диаметра подводящей трубы;
 - 4) добавление пены.

6. Причины, вызывающие реконструкцию наружных сетей канализации:
 - 1) физический износ труб;
 - 2) необходимость в увеличении пропускной способности трубопроводов;
 - 3) изменение глубины заложения трубопроводов;
 - 4) изменение состава сточных вод.
7. Причины, вызывающие реконструкцию водоочистных сооружений:
 - 1) превращение в бассейны;
 - 2) необходимость в увеличении производительности;
 - 3) превращение в канализационные очистные;
 - 4) изменение системы вентиляции.
8. Причины, вызывающие реконструкцию канализационной насосной станции:
 - 1) увеличение производительности;
 - 2) изменение эффекта очистки сточных вод;
 - 3) изменение вентиляционной системы;
 - 4) изменение системы отопления.
9. Причины, вызывающие реконструкцию водозаборов подземных вод:
 - 1) разрушение обсадных труб;
 - 2) превращение скважин в фонтаны;
 - 3) уменьшение глубины скважины;
 - 4) уменьшение производительности.
10. Методы интенсификации работы фильтров:
 - 1) замена загрузки;
 - 2) подача кислорода;
 - 3) подача флокулянтов;
 - 4) замена водораспределительной системы.

9.3. Перечень типовых экзаменационных вопросов (экзаменационные билеты)

1. Причины, вызывающие реконструкцию.
2. Основные этапы процесса реконструкции.
3. Особенности реконструкции наружных сетей водоснабжения.
4. Особенности реконструкции наружных сетей водоотведения.
5. Реконструкция водопроводных насосных станций.
6. Реконструкция канализационных насосных станций.
7. Реконструкция и увеличение производительности водозаборов.
8. Цели интенсификации работы водоочистных сооружений.
9. Реагентные схемы осветления и обесцвечивания воды.
10. Использование флокулянтов.
11. Применение хлора, гипохлорита натрия и озона.
12. Тонкослойные модули и отстойники.
13. Гидроциклоны и флотаторы.
14. Фильтры с плавающей пенополистирольной загрузкой.

15. Обезжелезивание воды на каркасно-засыпных и пенополистирольных фильтрах.

16. Реконструкция обычных отстойников в тонкослойные, для очистки сточных вод.

17. Использование гидроциклонов.

18. Аэротенки с флотационным илоотделением.

19. Интенсификация работы аэротенков с помощью ершовой загрузки.

20. Переоборудование аэротенков в биотенки.

21. Интенсификация работы биофильтров с помощью пластмассовой загрузки и тонкопленочного материала

22. Дисковые и барабанные биофильтры.

23. Физико-химическая очистка сточных вод.

24. Интенсификация процессов обработки осадков сточных вод.

25. Установки для обеззараживания очищенных сточных вод с помощью прямого электролиза.

10. Рейтинговая оценка по дисциплине

Распределение баллов по видам учебных работ

Наименование работ	Распределение баллов
1. Теоретический материал	30
2. Лабораторные работы	–
3. Практические занятия	20
4. Курсовое проектирование	–
5. Индивидуальные домашние задания (РГЗ, рефераты и т.д.)	10
6. Контрольные работы	–
7. Посещаемость	10
8. Экзамен/Зачет	30
Итого	100

Перевод баллов в пятибалльную шкалу

Оценка	Баллы
Отлично	85-100
Хорошо	71-84
Удовлетворительно	60-70
Неудовлетворительно	Менее 60

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению самостоятельной работы

для студентов специальности 270112

“Водоснабжение и водоотведение”

Цели и задачи дисциплины

Интенсификация работы очистных сооружений состоит в увеличении их мощности, улучшении качества очищенной воды и повышении экономической эффективности, заключающейся в снижении себестоимости воды, экономии реагентов, материалов, электроэнергии, оборудования.

Перед выбором пути интенсификации работы сооружений следует изучить технологию очистки воды на данных сооружениях, организацию их эксплуатации, технико-экономические показатели, установить строительные дефекты и недоделки, возможность получения материалов и оборудования для осуществления строительства. Те же проблемы возникают и в системах водоотведения, и должны решаться на основании таких же анализов работы с учетом новейших методов интенсификации процесса очистки сточных вод.

Целью изучения данной дисциплины является обучение будущих специалистов системному подходу при решении конкретных инженерных задач в области проектирования, строительства и эксплуатации комплексов водоснабжения и водоотведения при их реконструкции на базе современных достижений науки и техники, и перспектив их развития.

Задачи изучения дисциплины складываются из требований к знаниям и умению, которые определяются квалификационной характеристикой специалиста. При этом подразумевается, что основные базисные знания у студентов по ранее пройденным дисциплинам “Водоснабжение” и “Водоотведение” уже сформированы и закреплены курсовыми и практическими работами.

1. Начальные требования к освоению дисциплины (перечень предшествующих дисциплин, их разделов)

Изучение этой дисциплины требует от студента хорошей подготовки по ряду общетехнических дисциплин, особенно по гидравлике, электротехнике, инженерной геологии и гидрогеологии, строительным материалам, водоснабжению и водоотведению.

2. Требования к уровню освоения содержания дисциплины

Иметь представление: о тенденциях развития водопроводно-канализационного оборудования, технологических и конструктивных решениях сооружений водоснабжения и водоотведения.

Знать и уметь:

- проектировать (в том числе с использованием ПК) сооружения водоснабжения и водоотведения;

- производить расчеты сооружений систем водоснабжения и водоотведения с технико-экономическим обоснованием принципиальных решений;
- обеспечивать безотказную и эффективную работу реконструируемых сооружений.

1. Методические указания к выполнению контрольных работ и их оформлению

Каждая контрольная работа содержит четыре теоретических вопроса и одну задачу. Ответы на теоретические вопросы и задачи необходимо сопровождать схемами, выполненными без масштаба. Выполненные расчеты и пояснения к ответам должны быть представлены в следующей последовательности:

- исходные данные;
- обоснование ответа или решения, результаты решения.

Расчетные зависимости и методы расчета должны иметь краткое, четкое обоснование. Формулы и уравнения располагаются на отдельных строках и нумеруются арабскими цифрами. Буквенным обозначениям, входящим в формулу, дается объяснение и указывается размерность.

При повторном использовании формулы или обозначения пояснения не требуются. Выбор вариантов заданий см. в табл. 1.

Таблица 1

Наименование	№ варианта									
	1; 11; 21; 31	2; 12; 22; 32	3; 13; 23; 33	4; 14; 24; 34	5; 15; 25; 35	6; 16; 26; 36	7; 17; 27; 37	8; 18; 28; 38	9; 19; 29; 39	10; 20; 30; 40
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Задание № 1										
Вопрос №	13; 3	2; 5	6; 9	1; 12	10; 3	5; 8	11; 7	8; 4	3; 5	6; 12
Задание № 2										
Вопрос №	3.1;	1.5;	1.2;	1.8;	1.1;	2.1;	4.1; 7	2.10;	3.2; 6	2.11;
Задание № 2										
Вопрос №	2.7	2.1	5.1	3.4	2.8	5.2	7	1.6	6	4.1
Задание № 3										
Задача №	1	3	5	2	4	6	5	2	3	4

Задание № 1. Вопросы по водоснабжению.

1. Аэрирование как средство интенсификации процесса коагуляции природных вод.

Сущность метода и область применения.

Основные технологические параметры и необходимое конструктивное оформление.

Методика определения оптимальной дозы коагулянта и расхода воздуха.

2. Контактные камеры хлопьеобразования.

Сущность метода и область применения.

Технологические параметры контактных камер хлопьеобразования, встроенных в отстойники.

Применение контактных камер хлопьеобразования для интенсификации работы коридорных осветлителей со взвешенным осадком.

3. Отстойники и осветлители, оборудованные тонкослойными элементами.

Назначение и область применения.

Технологические схемы и конструктивные особенности тонкослойных отстойных сооружений.

Расчет тонкослойных осветлителей.

Примеры расчета тонкослойных элементов сооружений.

4. Напорная гидравлическая система смыва осадка в горизонтальных отстойниках.

Назначение и область применения.

Устройство и принцип работы системы.

Расчет системы смыва осадка.

5. Флотационные сооружения

Назначение и область применения.

Состав сооружений, их устройство и расчетно-конструктивные параметры.

Методика технологической обработки воды методом напорной флотации.

6. Водно-воздушная промывка фильтровальных сооружений.

Назначение и область применения.

Принципы действия, особенности и преимущества.

Система горизонтального отвода воды от промывки.

Режим и основные параметры промывки.

Устройства для подачи и распределения воды и воздуха.

Воздуходувное устройство.

Расчет распределительной системы для подачи воздуха в фильтровальных сооружениях с водо-воздушной промывкой.

7. Дренажи скорых фильтров из пористого полимербетона.

Назначение и область применения.

Конструкции и расчет дренажей.

Изготовление полимербетонного дренажа.

Монтаж дренажа.

Примеры гидравлического расчета дренажа.

8. Фильтры с плавающей пенополистирольной загрузкой.

Назначение и область применения.

Плавающая загрузка и ее приготовление.

Конструкции и принцип работы фильтров.

Расчет и конструирование фильтров.

9. Сооружения для очистки высокомутных вод с плавучим водозабором-осветлителем.

Назначение и область применения.

Состав сооружений, принцип действия и их особенности.

Плавучий водозабор-осветлитель.

Тонкослойный осветлитель системы АзНИИВП-2.

10. Установки для обезжелезивания подземных вод методом водовоздушного фильтрования.

Сущность метода и область применения.

Технологическая схема и состав сооружений.

Расчетные параметры сооружений и их конструктивные особенности.

Методика пробного обезжелезивания.

11. Очистка воды от сероводорода

Аэрационный метод.

Химический метод.

Биохимический метод.

12. Обесфторивание воды методом контактно-сорбционной коагуляции.

Сущность метода и область применения.

Состав сооружений и схема работы станции обесфторивания.

13. Установка типа “Струя” для очистки поверхностных и подземных вод.

Назначение и область применения.

Состав и технологические схемы работы установок.

Особенности размещения и привязки.

Выбор основных технологических параметров работы установок для очистки подземных вод.

Задание № 2. Вопросы по водоотведению

1. Сооружения для механической очистки сточных вод.

1.1. Усреднители, типы и конструкции усреднителей.

1.2. Отстойники.

1.3. Общие сведения.

1.4. Расчет отстойников.

1.5. Тонкослойные отстойники.

1.6. Реконструкция обычных отстойников в тонкослойные.

1.7. Примеры расчета отстойников.

1.8. Гидроциклоны.

2. Сооружения для биологической очистки сточных вод.

2.1. Аэротенки.

2.2. Аэротенки-смесители без регенераторов.

2.3. Аэротенки-смесители с регенераторами.

2.4. Аэротенки-вытеснители с регенераторами.

2.5. Аэротенки-вытеснители без регенераторов.

- 2.6. Системы аэрации.
- 2.7. Окситенки.
- 2.8. Аэротенки с флотационным илоотделением для очистки производственных сточных вод.
- 2.9. Аэротенки с флотационным разделением иловой смеси для очистки городских сточных вод.
- 2.10. Удаление из сточных вод соединения азота.
- 2.11. Удаление из сточных вод соединений фосфора.
- 3. Сооружения для физико-химической очистки сточных вод.**
- 3.1. Нейтрализация сточных вод.
- 3.2. Адсорберы.
- 3.3. Установки для ионообменной очистки сточных вод.
- 3.4. Установки для электрохимической очистки сточных вод.
- 4. Сооружения для обработки осадков.**
- 4.1. Аэробные стабилизаторы.
- 4.2. Флотационные илоуплотнители.
- 5. Обеззараживание сточных вод**
- 5.1. Установки для обеззараживания сточных вод жидким хлором.
- 5.2. Установки для обеззараживания очищенных сточных вод с использованием прямого электролиза.
- 6. Совместная обработка сточных вод и осадков водопроводных станций.**
- 7. Сооружения для регулирования и очистки поверхностного стока с территорий промышленных предприятий.**

Задание № 3. Задачи

Задача 1. Требуется определить гидравлическую крупность частиц для проектирования отстойника при очистке сточных вод прокатного производства.

Исходные данные: расход сточных вод $q_w = 850 \text{ м}^3/\text{ч}$; температура $T_w = 30^\circ\text{C}$; расход сточных вод постоянен в течение суток. Исходная концентрация тяжелых механических примесей – 200 мг/л; маслопродуктов – 50-60 мг/л; плотность тяжелых загрязнений – 5 г/см³; маслопродуктов – 0,8 г/см³; кинетики отстаивания механических примесей тяжелее воды расчетной концентрации в различных слоях воды показаны на рис. 1.

В очищенной воде содержание тяжелых примесей не должно превышать 60 мг/л, маслопродуктов – 25 мг/л. В проекте принимаются отстойники с рабочей глубиной отстаивания $H_{\text{set}} = 1,5 \text{ м}$.

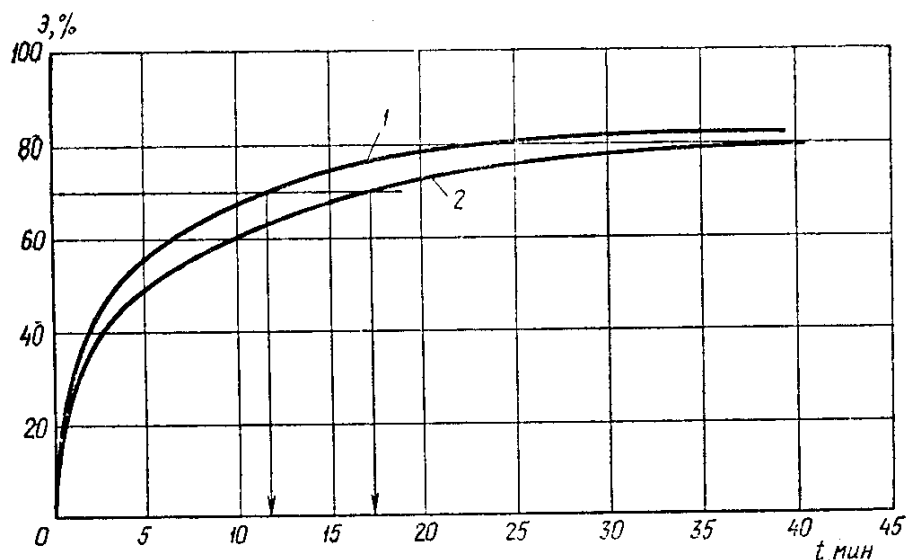


Рис. 1. Кинетика отстаивания сточных вод прокатных производств при исходной концентрации $C_0 = 200$ мг/л: 1 – $h = 200$ мм; 2 – $h = 500$ мм

Задача 2. Для очистки городских сточных вод требуется рассчитать отстойник с вращающимся сборно-распределительным устройством, который должен обеспечивать 60%-ное задержание механических загрязнений, при исходной концентрации 280 мг/л. Расчетная температура воды составляет 20°C , плотность осадка $2,6$ г/см³. Задаемся диаметром отстойника $D_{\text{set}} = 24$ м, в котором высота отстаивания $H_{\text{set}} = 1$ м.

Задача 3. Расчет тонкослойного отстойника, работающего по перекрестной схеме удаления осадка (рис. 2).

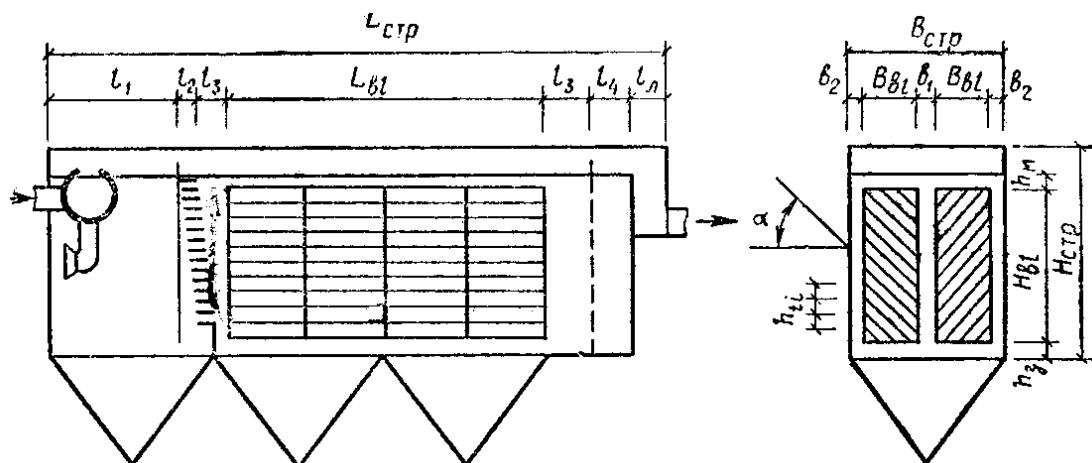


Рис. 2. Схема тонкослойного отстойника, работающего по перекрестной схеме удаления осадка

Исходные данные: расход сточных вод завода производства железобетонных изделий (ЖБИ) составляет 1300 м³/сут; коэффициент часовой неравномерности составляет 1,1; завод работает в две смены.

Исходная концентрация тяжелых механических примесей – 700 мг/л; мас-ло- и нефтепродуктов – 100-300 мг/л. Допустимая концентрация механических примесей в очищенной воде – 50 мг/л, нефтепродуктов – 25 мг/л.

Задача 4. Рассчитать тонкослойный отстойник, работающий по противоточной схеме удаления осадка (рис. 3).

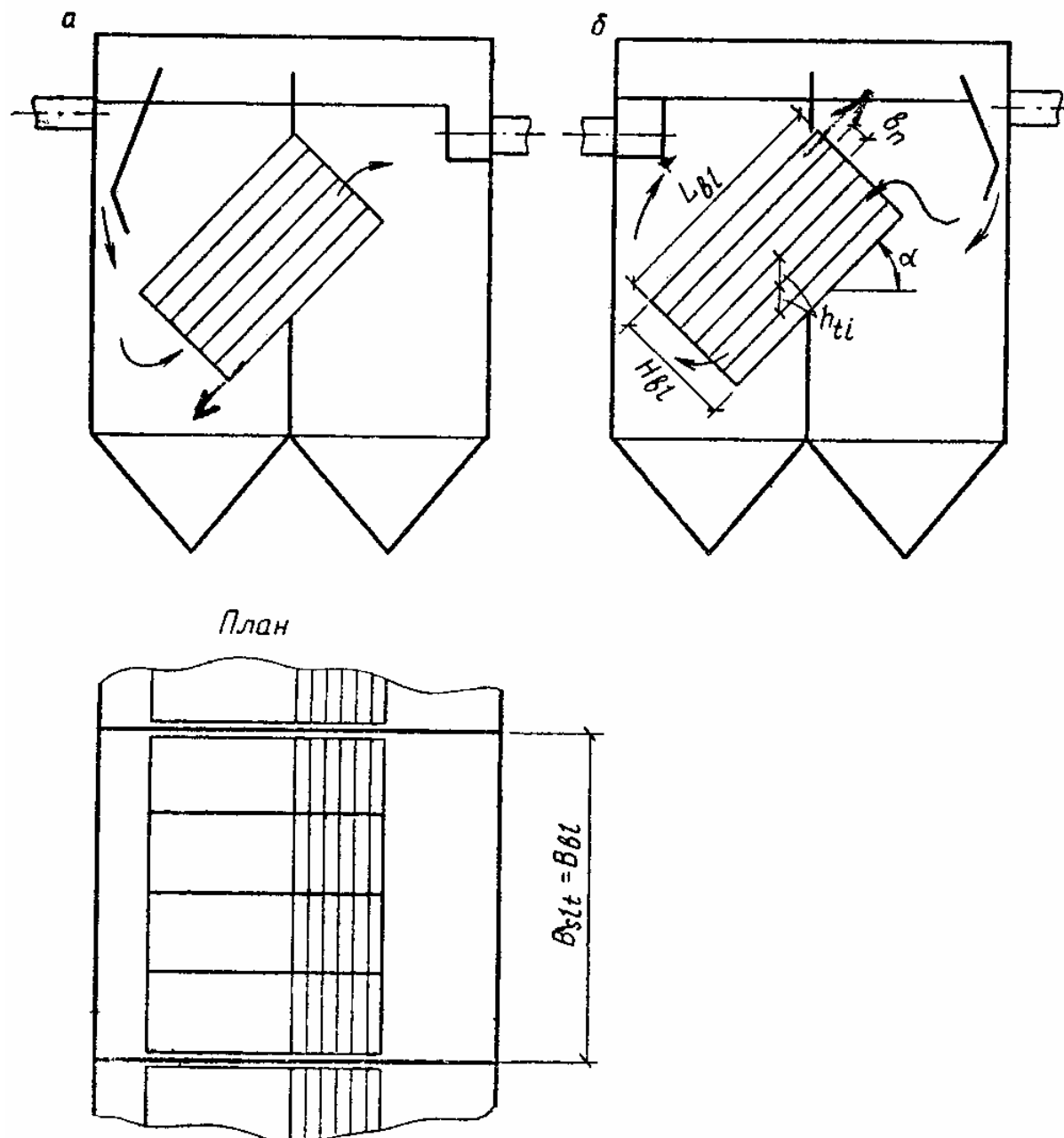


Рис. 3. Схема тонкослойного отстойника, работающего по противоточной схеме удаления примесей: а – тяжелых примесей; б – легких примесей (масла, нефтепродукты и т.п.)

Расчет ведется для случая очистки нефтесодержащих сточных вод НПЗ, когда для обеспечения снижения содержания нефтепродуктов до 50-70 мг/л из воды должны быть удалены глобулы нефти гидравлической крупностью $U^H_0 = 0,3$ мм/с, которая определена при отстаивании в слое воды $h = 100$ мм.

Расход сточных вод q_w постоянен и составляет $600 \text{ м}^3/\text{ч}$, температура воды 20°C .

Задача 5. Требуется рассчитать отстойник, работающий по противоточной схеме, показанной на рис. 4, для очистки коагулированных сточных вод литейного производства расходом $500 \text{ м}^3/\text{ч}$, сточные воды с концентрацией механических примесей 1000 мг/л образуются постоянно, температура сточных вод T_w (в среднем) 30°C . Экспериментально в заводской лаборатории установлено, что требуемая степень очистки (содержание взвесей $150\text{--}200 \text{ мг/л}$) обеспечивается при задержании частиц гидравлической крупностью $0,2 \text{ мм/с}$. Крупность определена по кривым кинетики отстаивания, полученным при температуре 20°C в слое 100 мм .

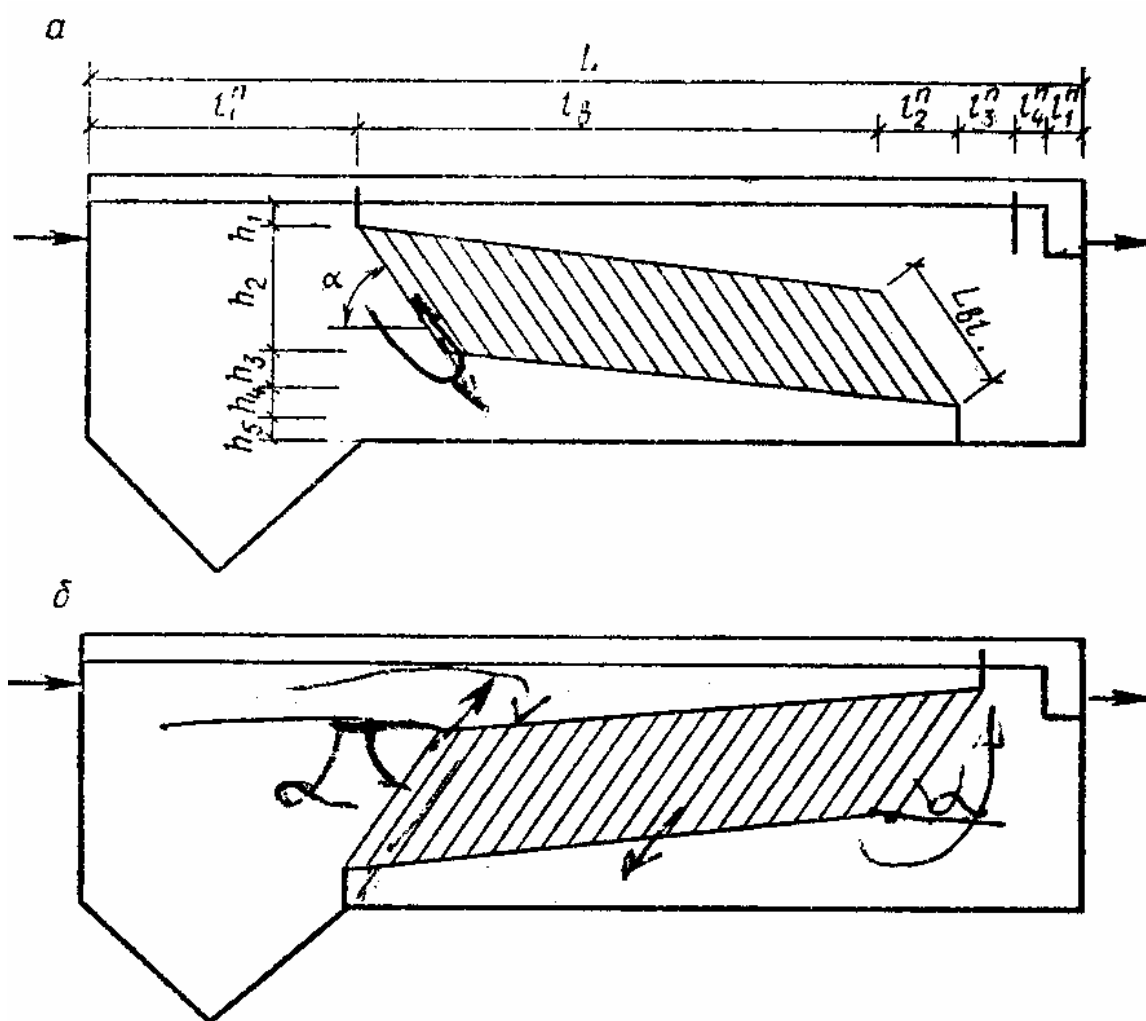


Рис. 4. Схема отстойника, оборудованного тонкослойными блоками, работающего по противоточной схеме удаления примесей: а – тяжелых примесей; б – легких примесей (масла, нефтепродукты и т.п.)

Задача 6. Необходимо повысить эффективность работы действующего радиального отстойника $D_{\text{set}} = 30 \text{ м}$, на который подается расход воды

$q_{\text{set}} = 1000 \text{ м}^3/\text{ч}$. При этой производительности в отстойнике задерживаются частицы гидравлической крупностью $U_0 = 1 \text{ мм/с}$, что не удовлетворяет предъявляемым требованиям. Анализ характеристики загрязнений показал, что требуемый эффект очистки обеспечивается при выделении примесей гидравлической крупностью $0,25 \text{ мм/с}$ и более.

Одним из путей интенсификации работы существующих отстойников является дополнение их тонкослойными блоками (модулями) (рис. 5).

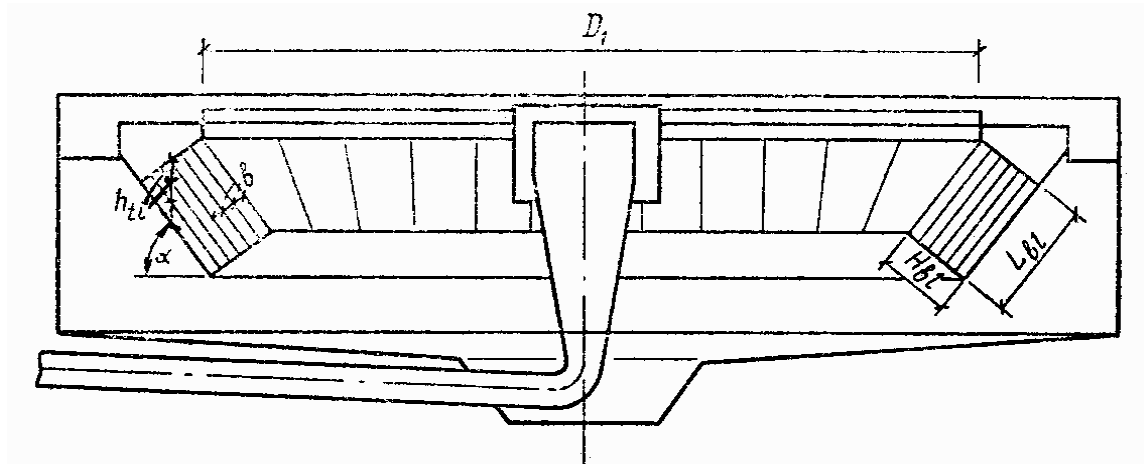


Рис. 5. Схема радиального отстойника, дополненного тонкослойными блоками (модулями)

2. Реконструкция обычных отстойников в тонкослойные.

Примеры расчетов отстойников

В случае дополнения горизонтальных отстойников тонкослойными блоками (при необходимости повышения их эффективности или для увеличения производительности), расчетными параметрами являются длина пластин $L_{\text{бл}}$ в блоке (модуле) и расстояние $L_{\text{б}}$, на котором устанавливаются блоки в отстойнике. Эти величины рассчитываются по формулам (18) и (21) [5]. Величина $B_{\text{бл}}$ численно равна ширине секции отстойника (пример 4).

При дополнении тонкослойными блоками вертикальных отстойников, при известных габаритах отстойника L_{set} и B_{set} или D_{set} заданной крупности задерживаемых частиц U_0 , расчетной величиной является длина пластин $L_{\text{бл}}$, которая при заданной высоте яруса $h_{\text{кл}}$ рассчитывается по формуле (18) [5] или высота яруса $h_{\text{кл}}$ рассчитывается по заданной длине пластин по той же формуле

$$q_{\text{set}} = 3,6 \cdot K_{\text{set}} \left(\frac{F_{\text{set}} \cdot H_{\text{бл}} \cdot U_0}{h_{\text{кл}}} \right) \quad (25)[5],$$

$$F_{\text{set}} = L_{\text{set}} \cdot B_{\text{set}} \quad \text{или} \quad F_{\text{set}} = 0,785 \cdot D_{\text{set}}, \quad H_{\text{бл}} = L_{\text{бл}} \cdot \sin \alpha \quad (26)[5].$$

Когда производительность отстойника известна и требуется лишь увеличить эффективность очистки $\mathcal{E}_{\text{гр}}$, по лабораторным анализам кинетики отстаивания изучаемой воды определяется гидравлическая крупность частиц. Далее, задаваясь высотой яруса $h_{\text{кл}}$, по формуле (25) [5] определяется высота $H_{\text{бл}}$, на которой должны быть расположены тонкослойные элементы, а затем по формуле

(26) [5] рассчитывается длина пластины и проверяется по формуле (18) [5] скорость потока в ярусе.

При дополнении существующих радиальных отстойников тонкослойными блоками (модулями) (рис. 5), когда известны геометрические размеры отстойника и его производительность, а требуемая степень очистки задана гидравлической крупностью частиц U_0 , которые необходимо выделить, расчетными параметрами являются длина пластины в блоке L_{bl} , высота блока H_{bl} и число ярусов в блоке n_{ti} . Величина L_{bl} рассчитывается по формуле (18) [5] при заданной высоте яруса h_{ti} . Высота блока H_{bl} рассчитывается по следующей зависимости:

$$H_{bl} = \frac{q_{set} \cdot h_{tl}}{3,6 \cdot K_{set} \cdot \pi \cdot D_1 \cdot L_{bl} \cdot U_0}, \quad (27)[5]$$

где K_{set} – коэффициент использования объема, определяется по табл. 31 СНиП 2.04.03.-85, как для радиальных отстойников; D_1 – диаметр расположения блоков (см. рис. 5). Затем определяется число ярусов в блоке (в модуле)

$$n_{tl} = \frac{H_{bl}}{h_{tl}} \cdot \cos \alpha. \quad (28)[5]$$

Пример 1. Требуется определить гидравлическую крупность частиц для проектирования отстойника при очистке сточных вод прокатного производства.

Исходные данные: расход сточных вод $q_w = 1000 \text{ м}^3/\text{ч}$; температура $T_w = 30^\circ\text{C}$; расход сточных вод постоянен в течение суток. Исходная концентрация тяжелых механических примесей – 200 мг/л ; маслопродуктов – $50\text{-}60 \text{ мг/л}$; плотность тяжелых загрязнений – 5 г/см^3 ; маслопродуктов – 08 г/см^3 ; кинетики отстаивания механических примесей тяжелее воды расчетной концентрации в различных слоях воды показаны на рис. 1.

В очищенной воде содержание тяжелых примесей не должно превышать 60 мг/л , маслопродуктов – 25 мг/л .

В проекте принимаются отстойники с рабочей глубиной отстаивания $H_{set} = 1,5 \text{ м}$. Определение расчетной гидравлической крупности, исходя из заданных параметров, производится в следующем порядке:

- по заданным величинам концентраций механических примесей в исходной и осветленной воде определяется требуемый эффект очистки $\mathcal{E}_{тр}$

$$\mathcal{E}_{тр} = \frac{100(200 - 60)}{200} = 70\%;$$

- по кривым кинетики отстаивания (см. рис. 1) определяется продолжительность отстаивания $t_1 = 15,5 \text{ мин}$ (810 с); $t_2 = 17,5 \text{ мин}$ (1050 с), при которых в слоях воды $h_1 = 200 \text{ мм}$ и $h_2 = 500 \text{ мм}$ достигается требуемый эффект.

После этого по формуле (6) [5] определяется показатель степени n_2

$$n_2 = \frac{(\lg 1050 - \lg 810)}{(\lg 500 - \lg 200)} = 0,3.$$

Затем по формуле (30) СНиП 2.04.03.-85 определяется гидравлическая крупность U_0 частиц взвесей, которые должны быть выделены в отстойнике, при этом $K_{set} = 0,5$ (по табл. 31 СНиП 2.04.03.-85), если температура сточных

вод, поступающих на отстойники, будет такая же, какая была обеспечена при экспериментальном определении кинетики отстаивания, например, $T_w = 20^\circ\text{C}$

$$U_0 = \frac{(1000 \cdot 1,5 \cdot 0,5)}{\left(1050 \left(\frac{0,5 \cdot 1,5}{0,5}\right)^{0,3}\right)} = 0,63 \text{ мм/с.}$$

Поскольку температура сточных вод, поступающих на отстойник $T_w = 30^\circ\text{C}$, требуется внести поправку

$$U_0 = \frac{0,63 \cdot 1,005}{0,801} = 0,79 \text{ мм/с.}$$

Таким образом, отстойники, принятые как сооружения для механической очистки сточных вод прокатных производств, должны рассчитываться на задержание частиц гидравлической крупностью 0,79 мм/с.

Пример 2. Для очистки городских сточных вод требуется рассчитать отстойник с вращающимися сборно-распределительными устройствами, который должен обеспечивать 60%-ное задержание механических загрязнений, при исходной концентрации 300 мг/л. Расчетная температура воды составляет 20°C , плотность осадка 2,6 г/см³.

Задаемся диаметром отстойника $D_{\text{set}} = 24$ м, в котором высота отстаивания $H_{\text{set}} = 1$ м.

По формуле (30) СНиП 2.04.03-85 определяется гидравлическая крупность частиц, которые требуется выделить для обеспечения заданного эффекта. При этом по табл. 30 и рис. 2 СНиП 2.04.03-85 определяется значение $h_1 = 0,5$; $t_{\text{set}} = 970$ с и $n_2 = 0,275$, входящие в эту формулу, а по табл. 31 СНиП 2.04.03-85 назначается значение коэффициента использования объема $K_{\text{set}} = 0,85$

$$U_0 = \frac{(1000 \cdot 0,85 \cdot 1,0)}{\left(970 \left(\frac{0,85 \cdot 1,0}{0,5}\right)^{0,2}\right)} = 0,76 \text{ мм/с.}$$

Внесение поправки на температуру не требуется, т.к. при лабораторных определениях кинетики отстаивания температура воды была той же, что в производственных условиях.

По формуле (33) СНиП 2.04.03.-85 определяется производительность одного отстойника

$$q_{\text{set}} = 2,8 \cdot 0,85(24^2 - 1^2)0,76 = 1042 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

По формуле (12) [5] определяется период вращения водораспределительного устройства

$$T = \frac{(1000 \cdot 0,85 \cdot 1,0)}{0,76} = 1118,4 \text{ с} = 18,6 \text{ мин.}$$

Определив по формуле (9) [5] величину $R_{\text{л}} = \frac{(24)}{2} - 0,15 = 11,85$ и задавшись значениями $m = \frac{1}{12}$; $b_3 = 0,15$ и $b_{\text{л}}$ по формулам (8) [5] и (11) [5], рассчитываем ширину распределительного лотка $B_{\text{р}}$ и высоту водослива $h_{\text{сб}}$ по створам. Для удобства результаты расчета сводим в табл. 2.

Таблица 2

$R_{\text{л}}, \text{ м}$	2	3	4	5	6	7
$B_{\text{р}}, \text{ м}$	0,973	0,955	0,929	0,895	0,851	0,796
$h_{\text{сб}}, \text{ м}$	0,030	0,039	0,047	0,055	0,062	0,069
$R_{\text{л}}, \text{ м}$	8	9	10	11	11,85	$R_{\text{л}}, \text{ м}$
$B_{\text{р}}, \text{ м}$	0,728	0,642	0,529	0,367	0	$B_{\text{р}}, \text{ м}$
$h_{\text{сб}}, \text{ м}$	0,075	0,081	0,087	0,093	0,097	$h_{\text{сб}}, \text{ м}$

Исходя из общего количества сточных вод и коэффициента неравномерности, рассчитывается количество отстойников, а по формуле (37) СНиП 2.04.03-85 определяется количество образующегося осадка и принимается способ его удаления.

Пример 3. Расчет тонкослойного отстойника, работающего по перекрестной схеме удаления осадка (рис. 2).

Исходные данные: расход сточных вод завода производства железобетонных изделий (ЖБИ) составляет 1200 м³/сут; коэффициент часовой неравномерности составляет 1,1; завод работает в две смены.

Исходная концентрация тяжелых механических примесей – 700 мг/л; масло и нефтепродуктов – 100-300 мг/л. Допустимая концентрация механических примесей в очищенной воде – 50 мг/л, нефтепродуктов – 25 мг/л.

По кривым кинетики отстаивания в слое воды, равном высоте яруса $h_{\text{и}} = 0,1$ м, находим, что гидравлическая крупность тяжелых механических взвесей, которые требуется выделить, составляет

$$U_0 = \frac{1000 \cdot h_{\text{и}}}{t} = \frac{0,1 \cdot 1000}{500} = 0,2 \text{ мм/с.}$$

Гидравлическая крупность нефтепродуктов

$$U_0 = \frac{0,1 \cdot 1000}{330} = 0,3 \text{ мм/с.}$$

Следовательно, расчет отстойника нужно вести на задержание частиц крупностью 0,2 мм/с.

Из условия количества загрязнений в сточных водах (700 мг/л) принимаем высоту яруса в отстойнике $h_{\text{и}} = 0,1$ м (табл. 31, СНиП 2.04.03-85). Для обеспечения условий сползания осадка по пластинам, угол наклона пластин α принимаем равным 45°. В качестве материала будет использована листовая сталь

$\delta = 3$ мм. Задавшись скоростью потока в ярусе отстойника (табл. 31 СНиП 2.04.03-85) $v_w = 7$ мм/с, определяем по формуле (13) [5] длину яруса

$$L_{bl} = \left(\frac{0,1 \cdot 7}{0,2} \right) 1,2 = 4,2 \text{ м.}$$

Из условия допустимого прогиба ($\Delta\delta = 3-5$ мм) наклоненной под углом 45° пластины принимаем ширину блока $B_{bl} = 0,75$ м. Таким образом, максимальная ширина пластины в блоке будет

$$B_{bl} \cos \alpha = 0,75 \cdot 1,41 = 1,060 \text{ м.}$$

Задаемся высотой блока с параллельными пластинами $H_{bl} = 1,5$ м.

По формуле (35) СНиП 2.04.03-85 определяем производительность одной секции тонкослойного отстойника с двумя рядами блоков (см. рис. 2)

$$q_{set} = 7,2 \cdot 0,75 \cdot 1,5 \cdot 0,75 \cdot 4,2 \left(\frac{0,2}{0,1 \cdot 1,2} \right) = 42,5 \text{ м}^3 / \text{ч.}$$

Проверяем скорость потока в ярусе отстойника при использовании поперечного сечения 75% $K_{set} = 0,75$ (табл. 31, СНиП 2.04.03-85)

$$v_w = \frac{q_{set}}{3,6 \cdot K_{set} \cdot H_{bl} \cdot B_{bl}} = \frac{42,5}{3,6 \cdot 0,75 \cdot 1,5 \cdot 2,0 \cdot 0,75} = 7 \text{ мм / с.}$$

Приведенный расчет показывает, что исходные величины выбраны верно. Строительная ширина секции отстойника рассчитывается по формуле (15) [5]

$$B_{стр} = 2 \cdot 0,75 + 0,2 + 2 \cdot 0,05 = 1,8;$$

$$H_{стр} = 1,5 + 0,3 + 0,1 + 0,3 = 2,2 \text{ м.}$$

Длина зоны грубой очистки l_1 по формуле (17) [5]

$$l_1 = \frac{42,5 \cdot 2}{60 \cdot 1,5 \cdot 1,8 \cdot 0,3} = 1,75 \text{ м.}$$

Строительная длина секции $L_{стр}$ по формуле (16) [5]

$$L_{стр} = 4,2 + 1,75 + 0,2 + 2 \cdot 0,2 + 0,15 = 6,7 \text{ м.}$$

Определяется часовой расход сточных вод с учетом коэффициента часовой неравномерности

$$q_w = \frac{(1200 \cdot 1,1)}{1,6} = 82,5 \text{ м}^3 / \text{ч.}$$

Исходя из общего количества сточных вод, определяется количество секций тонкослойного отстойника

$$N = \frac{82,5}{42,5} = 1,94 \approx 2 \text{ секции.}$$

В соответствии с п. 6.58 СНиП 2.04.03-85 уточняется количество секций: $N = 2$ секции.

Из условия выбранного материала для пластин (листовая сталь $\delta = 3$ мм) и облегчения массы блока, исходя из расчетной длины ярусного пространства ($L_b = 4,2$ м), принимаем длину блока (модуля) 1,06 м. Таким образом, в каждом ряду будет располагаться по 4 блока (модуля).

Количество выделяемого осадка влажностью $W = 96\%$ определяется по формуле (37) п. 6.65 СНиП 2.04.03-85

$$Q_{\text{mud}} = \frac{(700 - 50)82,5}{(100 - 96)} 1,9 \cdot 10 = 0,7 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Далее принимается метод удаления осадка из отстойника. В данном случае, т.к. тонкослойный отстойник рекомендуется располагать над поверхностью земли, целесообразно принять многобункерную конструкцию отстойника с удалением осадка под гидростатическим напором.

Пример 4. Рассчитать тонкослойный отстойник, работающий по противоточной схеме удаления осадка (см. рис. 3).

Расчет ведется для случая очистки нефтесодержащих сточных вод НПЗ, когда для обеспечения снижения содержания нефтепродуктов до 50-70 мг/л из воды должны быть удалены глобулы нефти гидравлической крупностью 0,3 мм/с, которая определена при отстаивании в слое воды $h = 100$ мм. Расход сточных вод q_w постоянен и составляет 600 м³/ч, температура воды 20°C.

Приняв по табл. 31 СНиП 2.04.03-85 высоту яруса $h = 0,1$ м и скорость рабочего потока $v_w = 5$ мм/с, определяем по формуле (18) [5] длину пластины в ярусе

$$L_{bl} = 5 \left(\frac{0,1}{0,3} \right) = 1,67 \approx 1,7 \text{ м}.$$

Задавшись углом наклона пластин, определенным экспериментально, $\alpha = 45^\circ$, определяем расстояние между пластинами

$$b_{\pi} = 0,1 \cdot 1\sqrt{2} = 0,07 \text{ м}.$$

Задаемся количеством ярусов в блоке (модуле) из условия простоты монтажа $n_{\text{т}} = 15$ шт. Определяем высоту блока по формуле (19) [5]

$$H_{bl} = 0,07 \cdot 15 = 1,05 \text{ м}.$$

Ширина блока B_{bl} определяется из условия ширины материала листа и условий монтажа. Назначаем ширину одной секции отстойника

$$B_{\text{set}} = B_{bl} = 6 \text{ м}.$$

Определяем производительность одной секции по формуле (36) СНиП 2.04.03-85, если коэффициент использования объема $K_{\text{set}} = 0,55$ (табл. 31 СНиП 2.04.03-85)

$$q_{\text{set}} = 3,6 \cdot 0,55 \cdot 1,05 \cdot 6 \cdot 5 = 62,4 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Толщиной пластин в блоке при технологическом расчете можно пренебречь.

Исходя из расхода сточных вод, определяем количество секций отстойника

$$N = \frac{600}{62,4} = 9,6 \approx 10 \text{ шт}.$$

Далее из конструктивных соображений и с учетом обеспечения гидравлического режима потоков воды, близкого к ламинарному, назначаются другие размеры секции отстойника. Например,

$$l_1 = l \sin \alpha + 0,5 = 1,7 \cdot 0,707 + 0,5 = 1,7 \text{ м};$$

$$\frac{H_{bl}}{\sin \alpha} = \frac{1,05}{0,707} = 1,48 \approx 1,5 \text{ м};$$

$h_1 = 0,5$ м из условия более равномерного сброса очищенной воды

$$l_2 = H_{bl} \cos \alpha + l \sin \alpha = 1,05 \cdot 0,707 + 1,7 \cdot 0,707 = 1,94 \text{ м},$$

$h_3 = 0,5$ м из условия равномерности распределения воды между ярусами блока. Таким образом $H_{об} = 0,5 + 1,94 + 0,5 = 2,94$ м.

Пример 5. Требуется рассчитать отстойник, работающий по противоточной схеме, показанной на рис. 4, для очистки коагулированных сточных вод литейного производства расходом $500 \text{ м}^3/\text{ч}$, сточные воды с концентрацией механических примесей 1000 мг/л образуются постоянно, температура сточных вод T_w (в среднем) 30°C . Экспериментально в заводской лаборатории установлено, что требуемая степень очистки (содержание взвесей $150\text{--}200 \text{ мг/л}$) обеспечивается при задержании частиц гидравлической крупностью $0,2 \text{ мм/с}$. Крупность определена по кривым кинетики отстаивания, полученным при температуре 20°C в слое 100 мм .

По формуле (31) СНиП 2.04.03-85 уточняем величину гидравлической крупности

$$U_0 = 0,2 \cdot 1,005/0,8007 = 0,22 \text{ мм/с}.$$

По формуле (18) определяем длину пластины в ярусе L_{bl} , задавшись предварительно по табл. 31 СНиП 2.04.03-85 высотой яруса $h_{ti} = 0,1 \text{ м}$; скорость потока в ярусе $v_w = 5 \text{ мм/с}$.

$$L_{bl} = \frac{(5 \cdot 0,1)}{0,25} = 2 \text{ м}.$$

Назначаем угол наклона пластин, определенный экспериментально: $\alpha = 50^\circ$.

Задаемся количеством секций отстойника $N = 5$ и определяем производительность одной секции

$$q_{set} = \frac{500}{5} = 100 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Задаемся шириной одной секции $B_{bl} = 3 \text{ м}$.

По формуле (21)[5] определяем длину зоны L_b тонкослойного отстаивания, если коэффициент использования её объема в соответствии с табл. 31 СНиП 2.04.03-85 K_{set} равен $0,5$

$$L_{bl} = \frac{100}{(3,6 \cdot 0,5 \cdot 5 \cdot 3)} = 3,7 \text{ м}.$$

Задаем длину зон тонкослойного отстойника (см. рис. 4): $l_1 = 1,5 \text{ м}$; $l_2 = 2 \sin (90 - 50^\circ) = 2 \cdot 0,64 = 1,28$; $l_3 = 0,3 \text{ м}$; $l_4 = 0,1 \text{ м}$; $l_d = 0,5 \text{ м}$, а затем по формуле (22) определяем общую рабочую длину отстойника

$$L_{стр} = 3,7 + 1,5 + 1,28 + 0,3 + 0,1 + 0,5 = 7,38 \approx 8 \text{ м}.$$

По формуле (23) [5] определяем общую глубину воды в отстойнике $H_{стр}$, предварительно задавшись высотой зон: $h_1 = 0,1$; $h_2 = 2\sin 50^\circ = 1,54$; $h_3 = 0,3$; $h_4 = 0,2$; $h_5 = 0,3$

$$H_{стр} = 0,1 + 1,54 + 0,3 + 0,2 + 0,3 = 2,44 \text{ см} \approx 2,5 \text{ м.}$$

Принимаем удаление осадка в приямок скребковым механизмом. По формуле (37) СНиП 2.04.03-85 определяется расход удаляемого осадка

$$Q_{муд} = \frac{(1000 - 200)500}{(100 - 96)2,6 \cdot 10} = 3,85 \text{ м}^3 / \text{ч.}$$

Пример 6. Необходимо повысить эффективность работы действующего радиального отстойника $D_{set} = 30$ м, на который подается расход воды $q_{set} = 1000 \text{ м}^3/\text{ч}$. При этой производительности в отстойнике задерживаются частицы гидравлической крупностью $U_0 = 1 \text{ мм/с}$, что не удовлетворяет предъявляемым требованиям. Анализ характеристики загрязнений показал, что требуемый эффект очистки обеспечивается при выделении примесей гидравлической крупностью $0,25 \text{ мм/с}$ и более.

Одним из путей интенсификации работы существующих отстойников является дополнение их тонкослойными блоками (модулями) (см. рис. 5).

Требуется определить размеры тонкослойных блоков, которыми должен быть оборудован радиальный отстойник.

Приняв по табл. 32 СНиП 2.04.03-85 скорость потока $v_w = 5 \text{ мм/с}$ и высоту яруса $h_{ti} = 0,07 \text{ м}$ по формуле (18) [5], определяем длину пластин в блоке $L_{bl} = 5 \cdot 0,07/0,25 = 1,4 \text{ м}$.

Задаввшись диаметром $D_1 = 27 \text{ м}$, на котором предполагается расположить блоки с параллельными пластинами, по формуле (27) [5] определяем высоту блока, при коэффициенте использования объема $K_{set} = 0,45$, определённого по табл. 31 СНиП 2.04.03-85.

3. Методы очистки сточных вод.

Примеры расчета различных сооружений

Как правило, для обеспечения требуемого эффекта очистки достаточно снизить основные показатели загрязнений $БПК_{полн}$ и концентрацию взвешенных веществ до 15 мг/л , т.е. выполнить механическую и полную биологическую очистку. В некоторых случаях необходима и глубокая очистка, обеспечивающая снижение основных показателей загрязнений до $7 \div 3 \text{ мг/л}$.

Малые очистные сооружения не являются уменьшенной копией больших, а имеют ряд принципиальных особенностей:

- обеспечение необходимого эффекта очистки;
- простота обслуживания сооружений;
- надежность сооружений;
- минимальная трудоемкость строительства.

Этим условиям удовлетворяют сооружения, основанные на естественных способах очистки: поля фильтрации, биопруды, сооружения подземной фильтрации. Однако эти сооружения находят ограниченное применение, в связи с неблагоприятными почвенными, гидрологическими, климатическими и другими условиями. Обычно их производительность не превышает $12 \div 25 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Использование классических капельных фильтров в суровом климате нашей страны оказывается, как правило, экономически невыгодным, т.к. холодными ночами биофильтры переохлаждаются или даже перемерзают. Для нормального функционирования биофильтры должны располагаться в здании, кроме того, громоздки и ненадежны системы водораспределения, поэтому наибольшее применение получили аэрационные установки на полное окисление (продленной аэрации) и аэрационные установки с аэробной стабилизацией.

Исследованиями установлено, что состояние активного ила зависит от количества органических загрязнений, приходящихся на единицу массы активного ила. В зависимости от этого развитие активного ила и, прежде всего, интенсивность его роста можно разделить на три фазы. В первой фазе – постоянного (логарифмического) роста, проходящей с высокими нагрузками, наличие большого количества органических веществ в сточной воде обеспечивает быстрое развитие микроорганизмов с непрерывным увеличением общего их количества. Во второй фазе – фазе замедленного роста – нагрузки значительно ниже и, из-за недостатка количества органических веществ, размножение микроорганизмов несколько сдерживается: устанавливается определенное соотношение между количеством поступивших органических загрязнений и приростом ила. В третьей фазе – эндогенного дыхания – размножение микроорганизмов ила замедляется из-за недостатка органических веществ. Ил как бы находится в голодном состоянии. Это заставляет микроорганизмы активного ила использовать в качестве питания не только органические вещества, поступившие со сточными водами, но и большую часть отмерших микроорганизмов, т.е. минерализовать органическую часть самого активного ила.

Для очистки сточных вод малых населенных пунктов представляет интерес переходная область между второй и третьей фазами, а также третья фаза развития активного ила. В переходной области между указанными фазами устанавливается постоянство числа живых клеток бактерий и микроорганизмов в результате равновесия между числом рождающихся и умирающих клеток т.е. прирост активного ила не наблюдается ($= 0$). Как и в третьей фазе развития активного ила, органические вещества отмерших клеток вновь используются микроорганизмами, за исключением биологически неразлагаемых веществ. Вследствие этого прирост активного ила все же наблюдается, но он настолько мал, что избыточный ил можно удалять лишь 1 раз в 1-4 месяца.

Высокая степень минерализации активного ила исключает необходимость предварительной обработки его до подсушки на иловых площадках или механического обезвоживания.

В целях упрощения технологии очистки можно отказаться и от первичного отстаивания.

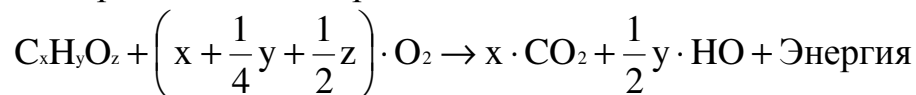
Таким образом, создавая условия для развития ила в этой фазе (между 2 и 3), можно получить чрезвычайно простую технологическую схему очистки сточных вод, что весьма важно для станций малой производительности. Этот способ назван методом полного окисления, т.к. в этом случае практически не получается отходов.

Исследования показали, что основным фактором, влияющим на состояние активного ила, является нагрузка на 1 г беззольного вещества активного ила. Для осуществления процесса полного окисления (продленной аэрации) нагрузка на активный ил должна быть не более 70 мг БПК₅ на 1 г беззольного вещества ила в сутки, что соответствует нагрузке 100 мг/г·сут на сухое вещество активного ила.

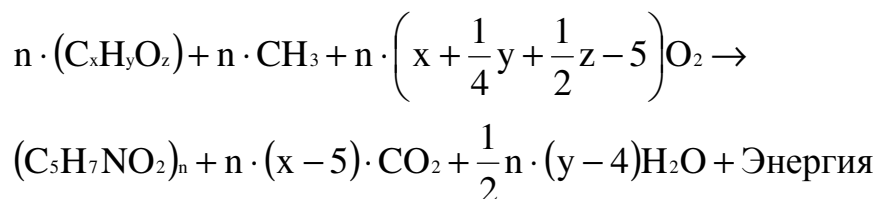
Характерна высокая нитрификация (содержание нитратов достигает 24 мг/л) и минерализация (зольность составляет 34%) активного ила. При этом активный ил характеризуется небольшим видовым составом микроорганизмов и их ограниченным числом. Так, простейших всего 6-8 видов, общее число микроорганизмов 7-8 тыс. на 1 мл.

Процесс очистки сточных вод в аэротенках может быть представлен в виде следующих реакций:

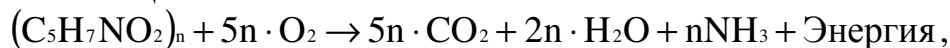
1. Окисление органических загрязнений



2. Синтез клеточного вещества



3. Окисление вещества ила



где $C_xH_yO_z$ – любое органическое вещество, $C_5H_7NO_2$ – органическое вещество клеток микроорганизмов активного ила.

При методе полного окисления третья реакция проходит со значительно большей скоростью, чем при очистке в аэротенке, работающего в классическом режиме, при этом расходуется большее количество кислорода.

Потребность в кислороде и является наиболее уязвимым моментом в работе любых аэрационных сооружений, и в частности в работе аэротенков на полное окисление. Во-первых, это значительная потребность в электроэнергии, во вторых, недопустимость значительных перерывов подачи кислорода, а следовательно, затраты электроэнергии.

Эти недостатки частично устраняются при применении биотенков на полное окисление. Биотенки – это аэрационные сооружения, где наряду со свободно плавающими в виде активного ила микроорганизмами, культивируются и

прикрепленные к загрузке микроорганизмы в виде активной пленки, т.е. соединения в одном сооружении признаков аэротенка и биофильтра, которые иногда называют аэротенками с загрузкой, биофильтраторами, биореакторами.

Преимуществом биотенков по сравнению с аэротенками является возможность значительно увеличить дозу ила в аэрационной системе: в аэротенке любой конструкции доза ила не может быть более $3,5 \text{ г/м}^3$, иначе нарушается работа вторичных отстойников и значительно увеличивается вынос активного ила с очистных сооружений, что ведет к резкому увеличению концентрации взвешенных веществ на выходе после очистных сооружений. В биотенке, благодаря тому, что в плавающем состоянии находится только часть ила, можно увеличить дозу ила за счет прикрепленных микроорганизмов в 2÷3 раза, а следовательно повысить окислительную мощность сооружения, снизив таким образом необходимое время аэрации и объем аэрационной емкости также в 2÷3 раза. В качестве загрузки применяют полиэтиленовую пленку с отверстиями, располагаемую вдоль стен емкости, пластмассовые листы, трубы, кирпичи, керамзит. Сотрудниками Макеевского инженерно-строительного института под руководством профессора Куликова предложена и внедрена новая форма заполнителя в виде ершей из полимерных материалов (стеклоершей, лавсановых и капроновых ершей) диаметром 50÷65 мм со значительно развитой системой для прикрепления микроорганизмов. Этот наполнитель обладает высокой коррозионной стойкостью, прочностью, большой грязеемкостью, 99% пористостью, незначительным гидравлическим сопротивлением, поддается управляемому регулированию на нем.

В качестве биореакторов для очистных сооружений производительностью 50÷700 $\text{м}^3/\text{сут}$ предложены 5-6-ступенчатые устройства с полупогружными вращающимися биобарабанами с ершовой загрузкой. Аналогичные установки выполняются с перфорированными дисками из пенопласта, пластмассы или рулонных материалов.

Результаты исследований показывают, что применение биотенков позволяет не только сократить необходимое время аэрации, но и снизить удельный расход воздуха по сравнению с аэротенками, т.к. наряду с аэробными прикрепленными микроорганизмами присутствуют анаэробные микроорганизмы, которые тоже вносят свой вклад в очистку. Успешное решение интенсификации биологической очистки в значительной степени определяется удачным выбором материала носителя. Материал загрузки должен иметь развитую поверхность, достаточную прочность, не быть токсичным, не подвергаться биохимической деградации, быть удобным в конструировании и иметь низкую стоимость.

Сравнительные исследования различных материалов показали, что на стадии полной биологической очистки лучшие результаты обеспечивает загрузка из керамзита, на стадии глубокой очистки – волокнистые материалы (ерши).

Для станций малой производительности рекомендуется применение биотенков на полное окисление. По такой технологии выполнены очистные сооружения по типовым проектам 902-3-91.90–902-3-94.90 производительностью от

100 до 700 м³/сут. Расчет их осуществляется по методике СНиП для аэрационных установок на полное окисление (6.166÷6.170 СНиП 2.04.03-85) с увеличением дозы ила до 6-9 г/л.

Применение аэрационных сооружений на полное окисление, как правило, наиболее экономично при производительности установок до 700 м³/сут, при производительности от 700 м³/сут до 1500 м³/сут стоимость сооружений на полное окисление и сооружений с аэробной стабилизацией в отдельно выделенных сооружениях и аэротенках классического типа примерно одинакова (емкость аэрационных сооружений на полное окисление несколько больше суммарной емкости аэротенка и аэробного стабилизатора, а площадь иловых площадок в первом случае значительно меньше). В связи со значительным упрощением конструкции сооружения и облегчением его эксплуатации такие сооружения бывает выгодно применять при производительности до 3000 м³/сут.

Таблица 3.1

Очистные сооружения малой производительности

Биологические очистные сооружения			
естественной очистки	типовые проекты	искусственной очистки	типовые проекты
Централизованные системы $Q = 50 \div 1500 \text{ м}^3/\text{сут}$			
1. Поля фильтрации	Расчет	Аэротенки продленной аэрации, биотенки продленной аэрации	902-3-91.91 902-3-92.91 902-3-89.90
2. –	Расчет	Биофильтры	902-3-66.87
3. Биологические пруды	Т.П. 902-3-6	Циркуляционные окислительные каналы	Т.П. 902-3-075.88
Децентрализованные системы $Q = 0,45 \div 50 \text{ м}^3/\text{сут}$			
1. Песчано-гравийные фильтры	902-3-32.84	Аэротенки	902-3-35.84 902-3-90.90
2. Фильтрующие траншеи, фильтрующие колодцы	902-3-074.87 902-3-73.1.87 902-3-072.87	Биофильтры	Расчет
3. Поля подземной фильтрации		Биологические пруды	Т.П. 902-3-6

В качестве сооружений механической очистки перед сооружениями надземной и подземной фильтрации предусматриваются септики или двухярусные отстойники. Перед сооружениями искусственной биологической очистки обычно предусматриваются решетки дробилки или решетчатые контейнеры. Если это оборудование имеется в канализационной насосной станции, расположенной на расстоянии не более 500 м, то дополнительно на очистных соору-

жениях они не предусматриваются. Следующей ступенью механической очистки обычно являются тангенциальные песколовки, отличающиеся простотой конструкции и высокими удельными нагрузками (нагрузка на 1 м² поверхности т-песколовки по СНиП составляет 110 м³/ч·м²). При производительности сооружений менее 100 м³/ч песколовки могут не предусматриваться.

В качестве первичных отстойников обычно применяются отстойники с нисходяще-восходящим потоком, двухъярусные отстойники или горизонтальные отстойники в блоке с аэрационными сооружениями. Отстойники могут вообще не предусматриваться, но при этом увеличивается нагрузка на аэрационные сооружения: при отсутствии первичных отстойников расчет ведется по БПК_{полн} неосветленных вод (из расчета 75 г/чел. сут), а при наличии отстойников по БПК_{полн} осветленной воды (из расчета 40 г/чел. сут).

В качестве сооружений глубокой очистки (снижение БПК_{полн} и взвешенных веществ до концентрации 7÷3 мг/л) в естественных условиях применяются биопруды и сооружения подземной фильтрации, в искусственных условиях это могут быть фильтры с зернистой загрузкой (т.п. 902-2-412.86÷902-2-414.86), а также аэрационные сооружения с ершовой загрузкой (т.п. 902-3-91.91÷902-3-94.91). Все обобщенные данные по выбору N типовых проектных решений приведены в табл. 3.1.

3.1. Очистные сооружения централизованных систем канализации

Применяются очистные сооружения с аэротенками продленной аэрации (полного окисления), как правило, при производительности до 700 м³/сут. Преимущество аэротенков продленной аэрации – упрощение конструкции и эксплуатации сооружений благодаря обработке (стабилизации) прироста активного ила в общем объеме со сточными водами, что достигается низкой нагрузкой на ил.

Пример расчета аэротенка продленной аэрации

Расход сточных вод $Q = 400 \text{ м}^3/\text{сут}$;

Исходная БПК_{полн} $L_{\text{en}} = 300 \text{ мг/л}$;

Очищенная БПК_{полн} $L_{\text{ex}} = 15 \text{ мг/л}$.

Период аэрации (формула 48 СНиП 2.04.03-85)

$$t_{\text{атм}} = \frac{L_{\text{en}} - L_{\text{ex}}}{a_i \cdot (1 - S) \rho},$$

где a_i – доза ила, г/л; (3,5 г/л); S – зональность ила (для бытовых сточных вод – 0,3);

ρ – удельная скорость окисления, мг БПК_{полн} на 1 г беззольного вещества ила в 1 ч (для аэротенков продленной аэрации – 6).

$$t_{\text{атм}} = \frac{300 - 15}{3,5(1 - 0,3)6} = 19,4 \text{ ч.}$$

Минимальный расход сточных вод (с учетом табл. 2 СНиП 2.04.03-85) – 6,3 м³/ч. Наибольший расход сточных вод за период аэрации составит 400 –

$6,3(24 - 19,4) = 371 \text{ м}^3$. Этот расход соответствует требуемому объему аэротенка.

При гидравлической глубине аэротенка 3,2 м, требуемая площадь его 116 м^2 . Принимаем аэротенк из двух секций, каждая размером в плане $6 \times 12 \text{ м}$. Принятый объем аэротенка 461 м^3 .

Степень рециркуляции активного ила в аэротенках

$$R_i = \frac{a_i}{\frac{1000}{J_i} - a_i},$$

где J_i – иловый индекс, $\text{см}^3/\text{г}$ (для бытовых сточных вод и аэротенков продленной аэрации с нагрузкой на ил $q_i = \rho \cdot 24 = 144 \text{ мг/г} \cdot \text{сут}$ иловый индекс = 115), $q_i = 6 \cdot 24 = 144 \text{ мг/г} \cdot \text{сут}$.

$$R_i = \frac{3,5}{\frac{1000}{115} - 3,5} = 0,68.$$

Максимальный расход сточных вод (с учетом табл. 2 СНиП 2.04.03-85) – $41,6 \text{ м}^3/\text{ч}$. Рециркуляционный расход активного ила $41,6 \cdot 0,68 = 28,3 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Удельный расход воздуха на очистку 1 м^3 сточных вод в аэротенке

$$q_{\text{air}} = \frac{q_0(L_{\text{en}} - L_{\text{ex}})}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_T \cdot K_3(C_a - C_o)} = 25,3 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где q_0 – удельный расход кислорода воздуха, мг/мг снятой БПК_{полн} (для аэротенков продленной аэрации – 1,25); K_1 – коэффициент, для среднепузырчатой аэрации $K_1 = 0,75$; K_2 – коэффициент, зависящий от глубины погружения аэраторов, при глубине погружения 3 м $K_2 = 2,08$; K_T – коэффициент, учитывающий температуру сточных вод, определяемый по формуле

$$K_T = 1 + 0,02(T_w - 20),$$

где T_w – среднемесячная температура воды за летний период; ($T_w = 20^\circ$); K_3 – коэффициент, зависящий от характера сточных вод, для бытовых сточных вод $K_3 = 0,85$; C_o – средняя концентрация кислорода в аэротенке (2 мг/л); C_a – растворимость кислорода в воде, определяемая по формуле

$$C_a = \left(1 + \frac{h_0}{20,6}\right) C_T,$$

где C_T – растворимость кислорода в воде при данных температурах и атмосферном давлении, C_T для конкретного случая = 11 мг/л.

$$C_a = \left(1 + \frac{3}{20,6}\right) 11 = 12,6 \text{ мг/л}.$$

Средний расчетный часовой расход воздуха

$$25,3 \frac{371}{19,4} = 484 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Требуемый напор воздуха $H = h_1 + h_2 + h_3$, где h_1 – потеря напора в аэраторе – 0,1 м вод. ст.; h_2 – потеря напора в трубопроводах и арматуре – 0,15 м вод. ст.; h_3 – глубина погружения аэратора – 3 м.

$$H = 0,1 + 0,15 + 3 = 3,25 \text{ м.}$$

См. Т.П. 902-3-90.90, Т.П. 902-3-89.90.

Пример расчета вторичных отстойников с нисходяще-восходящим потоком

Исходные данные: расчетный часовой расход сточных вод $q_0 = 41,6 \text{ м}^3/\text{ч}$; рабочая глубина отстойной части $H_{\text{set}} = 2,7 \text{ м}$; иловый индекс $J_i = 115 \text{ см}^3/\text{г}$; доза ила $a_i = 3,5 \text{ г/л}$; концентрация ила в осветленной воде $a_t = 15 \text{ мг/л}$.

Гидравлическая нагрузка на отстойники после аэротенков

$$q_{\text{SSa}} = \frac{4,4 \cdot K_{\text{SS}} \cdot H_{\text{set}}^{0,8}}{(0,1 \cdot J_i \cdot a_i)^{0,5 - 0,01 \cdot a_i}},$$

где K_{SS} – коэффициент использования объема зоны отстаивания, принимается для отстойника с нисходяще-восходящим потоком 0,35.

$$q_{\text{SSa}} = \frac{4,4 \cdot 0,35 \cdot 2,7^{0,8}}{(0,1 \cdot 115 \cdot 3,5)^{0,5 - (0,01 \cdot 15)}} = 0,96 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}).$$

Тогда общая требуемая площадь отстойников $S = 41,6 \cdot 0,96 = 40 \text{ м}^2$. Принимаем два отстойника с размерами в плане $6 \times 4,5 \text{ м}^2$. Принятая площадь отстойников 54 м^2 .

Пример расчета вторичных отстойников с загрузкой из тонкослойных блоков

(Расчет производится по методике ВНИИ ВОДГЕО для блоков, работающих по перекрестной схеме).

Использовано в Т.П. 902-3-92.91

Исходные данные: расчетный часовой расход сточных вод $q_p = 41,6 \text{ м}^3/\text{ч}$; угол наклона полок тонкослойных блоков – 60° ; расстояние между полками $h = 0,05 \text{ м}$; длина полок $l = 1,5 \text{ м}$; допустимая расчетная скорость (при содержании взвешенных веществ в осветленной сточной воде 15 мг/л) – $V = 3 \text{ мм/с}$ ($10,8 \text{ м/ч}$). Принимаем отстойник из двух отделений ($n = 2$). Тогда требуемая площадь отстаивания одного отделения

$$S = \frac{q}{V \cdot n} = \frac{41,6}{10,8 \cdot 2} = 1,92 \text{ м}^2.$$

Толщина материала полок (листы асбестоцементные) – 0,008 м. Ширину полки принимаем $b = 1 \text{ м}$. Тогда площадь отстаивания в одном слое (ярусе)

$$S_i = \frac{h}{\sin 60^\circ} \cdot b = \frac{0,05}{0,86} \cdot 1 = 0,058.$$

Требуемое количество ярусов в блоке

$$m = \frac{S}{S_i} = \frac{1,92}{0,058} = 33.$$

Общая длина блока

$$(0,05 + 0,008)33 = 1,9 \text{ м.}$$

Принятая длина отстаивания перед тонкостенными блоками 1,1 м.

Пример расчета эрлифта для перекачки циркулирующего активного ила

Исходные данные: расчетный часовой расход сточных вод $q_p = 41,6 \text{ м}^3/\text{ч}$; степень рециркуляции активного ила $R_j = 0,68$; глубина погружения форсунки от уровня воды в отстойнике $h_n = 2 \text{ м}$; КПД эрлифта $\eta_{\text{э}} = 0,6$; количество эрлифтов $n = 2$. Удельный расход воздуха эрлифтами для перекачки циркулирующего ила

$$W_{\text{уд}} = \frac{R_u}{23 \cdot \eta_{\text{э}} \cdot \lg \frac{h_n - h_u + 10}{10}} = \frac{0,7}{23 \cdot 0,6 \cdot \lg \frac{0,7 - 2 + 10}{10}} = 1 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Расход воздуха на 1 эрлифт

$$q_{\text{в}} = \frac{q_p \cdot W_{\text{уд}}}{2} = \frac{41,6 \cdot 1}{2} \approx 21 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Скорость подъема водо-воздушной смеси в стояке эрлифта принимаем $V_{\text{сн}} = 1,2 \text{ м/с}$. Тогда требуемое сечение стояка

$$F_{\text{тр}} = \frac{\frac{q_p}{2} + q_{\text{в}}}{3600} = 0,012 \text{ м}^2.$$

Принимаем стояк диаметром 125 мм.

Пример расчета биофильтров с пластмассовой загрузкой

Биофильтры применяются в станциях биологической очистки сточных вод производительностью $100 \div 700 \text{ м}^3/\text{сут}$. Биофильтры представляют собой каркасную конструкцию, внутри которой развешиваются перфорированная винипластовая пленка, являющаяся загрузкой. Смесь сточных вод и осадка распределяется по поверхности биофильтра с помощью водораспределительной системы. Вентиляция биофильтра естественная. Очищенная жидкость стекает с загрузки, смывая биопленку, и попадает в стабилизатор. Согласно СНиП 2.04.03.-85 максимальный эффект очистки достигается на биофильтрах и составляет 90%, БПК_{полн} исходной воды равен 300 мг/л. Для достижения полной биологической очистки концентрация загрязнений по БПК_{полн} в поступающей воде должна быть не более 150 мг/л. Для получения такой величины поступающая вода разбавляется очищенной, т.е. предусматривается рециркуляция. Требуемая степень разбавления определяется из соотношения

$$L_{\text{ex}_2} = \frac{Q_{\text{пост}} \cdot L_{\text{ex}_1} + Q_{\text{рц}} \cdot L_{\text{ен}}}{Q_{\text{пост}} + Q_{\text{рц}}},$$

$$Q_{p.б} = Q_{пост} \cdot \frac{L_{ex1} - L_{ex2}}{L_{ex2} - L_{en}},$$

где $Q_{пост}$ – расход поступающей сточной воды, $Q_{пост} = 200 \text{ м}^3/\text{сут}$; $Q_{p.б}$ – рециркулярный расход; L_{ex1} – БПК_{полн} поступающей воды; $L_{ex1} = 300 \text{ мг/л}$; L_{ex2} – БПК_{полн} после разбавления, $L_{ex2} = 150 \text{ мг/л}$; L_{en} – БПК_{полн} очищенной воды, $L_{en} = 15 \text{ мг/л}$;

$$Q_{p.б} = 200 \cdot \frac{300 - 150}{150 - 15} = 200 \cdot \frac{150}{135} = 222 \text{ м}^3/\text{сут};$$

L_{ex2} – задается исходя из требуемого конечного результата (L_{en}).

Общее количество воды, поступающей на биофильтры, – $Q_{пост} + Q_{p.б} = 422 \text{ м}^3/\text{сут}$. Требуемый объем биофильтров определяется исходя из гидравлической нагрузки $= 7,5 \text{ м}^3/\text{м}^3 \cdot \text{сут}$, при температуре сточных вод 12°C и высоте загрузки биофильтра $= 3 \text{ м}$ (см. СНиП 2.04.03-85 табл. 39).

Объем биофильтра равен

$$\frac{422 \text{ м}^3/\text{сут}}{7,5 \text{ м}^3/\text{м}^3 \cdot \text{сут}} = 56,27 \text{ м}^3.$$

Требуемая площадь: $56,27 \text{ м}^3/3 \text{ м} = 18,76 \text{ м}^2$

Количество биофильтров принято два. Размеры фильтра в плане приняты $2 \times 4,7 \text{ м}$, фактическая площадь всех биофильтров $18,8 \text{ м}^2$.

Количество избыточной биопленки, выносимой из биофильтров (по сухому веществу), – $28 \text{ г/чел} \cdot \text{сут}$, зольность избыточной пленки – 30% , зольность минерализованной биопленки – 47% . Количество избыточной биопленки при расчетном количестве жителей 800 чел . составляет: $G = 22\,400 \text{ г/сут}$.

Удельный расход кислорода на 1 г биопленки – $1,4 \text{ г } O_2/\text{г}$, а требуемое количество кислорода на стабилизации биопленки равно

$$G_{O_2} = \frac{(100\% - 30\%) - (100\% - 47\%)}{100\%} \cdot 1,4 = \frac{(70 - 53)}{100} \cdot 1,4 = 5331,2 \text{ г/сут}.$$

Если количество кислорода, расходуемое в стабилизаторе за один проход через него осадка, равно 5 мг/л , то расход сточных вод, необходимый для обеспечения стабилизатора кислородом, определяется по формуле

$$Q = \frac{G_{O_2}}{5},$$

$$Q = \frac{5331,2}{5} = 1066,2 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Объем стабилизатора (время стабилизации 10 суток, концентрация осадка – 7 г/л) равен

$$V_{ст} = \frac{G \cdot 10}{7 \cdot 1000} = \frac{22400 \cdot 10}{7000} = 32 \text{ м}^3.$$

Нагрузка на 1 м^2 поверхности отстойной зоны стабилизаторов или отстойников определяется по формуле

$$q_{\text{ssb}} = 3,6 \cdot K_{\text{set}} \cdot U_0,$$

где U_0 – гидравлическая крупность биопленки, при полной биологической очистке $U_0 = 1,4 \text{ мм/с}$; K_{set} – коэффициент, зависящий от типа отстойника, для горизонтальных – 0,5; для вертикальных – 0,35.

$$q_{\text{ssb}} = 3,6 \cdot 0,35 \cdot 1,4 = 1,76 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}.$$

Требуемая площадь поверхности отстойной зоны $11,8 \text{ м}^2$.

Данный тип биофильтра использован в Т.П. 902-3-64.87, 902-3-66.87, 902-3-68,87 и 902-3-70.87.

Биологические пруды

Процесс очистки в биологических прудах аналогичен процессам, происходящим при самоочищении водоемов. Для устройства биологических прудов могут быть использованы естественные впадины местности, заброшенные карьеры, а также специально созданные водоемы. Пруды применяют для биологической очистки и глубокой очистки городских, производственных и поверхностных сточных вод.

Биологическую очистку сточных вод в прудах с естественной аэрацией осуществляют в тех случаях, когда БПК_{полн} не превышает 200 мг/л, при большей БПК_{полн} необходимо проводить этот процесс в прудах с искусственной аэрацией. Если БПК_{полн} превышает 500 мг/л, то поступающие сточные воды следует предварительно очищать.

При глубокой очистке сточные воды направляются в пруды после их биологической или физико-химической очистки: в прудах с естественной аэрацией БПК_{полн} поступающих сточных вод не должна превышать 25 мг/л, а в прудах с искусственной аэрацией – 50 мг/л. После глубокой очистки БПК_{полн} сточных вод может быть доведена до 2-3 мг/л летом и 1-2 мг/л зимой.

Биологические пруды, устраиваемые на не фильтрующих или слабо фильтрующих грунтах, должны состоять не менее чем из двух параллельно работающих секций, включающих от двух до пяти последовательно расположенных ступеней. Эффект очистки в каждой секции следует принимать около 50-60%.

Конструктивные размеры каждой секции пруда с естественной аэрацией должны назначаться с учетом обеспечения гидравлического режима, близкого к идеальному вытеснению, гарантирующему движение жидкости по всему живому сечению пруда. Это достигается или соотношением длины секции и ее ширины не менее 20:1, или конструкциями впускных и выпускных устройств. Рабочая глубина прудов принимается равной 0,5-1 м.

В прудах с искусственной аэрацией форма пруда в плане зависит от типа аэратора, обеспечивающего скорость движения воды в любой точке пруда не менее 0,05 м/с.

Рабочая глубина пруда зависит от $\text{БПК}_{\text{полн}}$ поступающей сточной воды и не должна превышать 0,5; 1; 2 и 3 м соответственно при $\text{БПК}_{\text{полн}} > 100$, > 40 , > 20 и < 20 мг/л.

Применение биологических прудов рекомендуется для очистки сточных вод при их расходах до 5000 и 15 000 м³/сут соответственно в прудах с естественной и искусственной аэрацией; для глубокой очистки сточных вод при их расходах до 10 000 м³/сут в прудах с естественной аэрацией, а более 10 000 м³/сут с искусственной аэрацией.

Для повышения глубины очистки воды до $\text{БПК}_{\text{полн}} = 3$ мг/л и снижения содержания в ней биогенных элементов (азота и фосфора) рекомендуется разведение в последней ступени прудов высшей водной растительности – камыша, рогоза, тростника и др. Площадь, занимаемая высшей водной растительностью, обычно определяется нагрузкой по воде, составляющей 10 000 м³/сут на 1 га при плотности посадки 150-200 растений на 1 м².

Поля фильтрации и поля орошения

Поля фильтрации – это участки земли, предназначенные для полной биологической очистки предварительно осветленных сточных вод. При очистке сточных вод на полях фильтрации используется самоочищающая способность почвы: наиболее интенсивно процесс окисления органических загрязнений идет в верхних слоях почвы (0,2-0,3 м), где соблюдается благоприятный кислородный режим. Из этого и вытекают требования, предъявляемые к отводимой под поля фильтрации территории, к свойствам грунтов, а также к качеству и объему сточной воды, которая может быть очищена на 1 га площади полей.

Земледельческие поля орошения – это специально подготовленные и спланированные участки, на которых выращивают сельскохозяйственные культуры, а для орошения и удобрения используют сточные воды после их полной биологической очистки.

Применение почвенных методов очистки рекомендуется при расходах сточных вод до 5000-10 000 м³/сут.

Поля орошения и поля фильтрации состоят из карт, спланированных горизонтально или с незначительным уклоном и разделенных земляными ограждающими валиками. Сточная вода распределяется по картам оросительной сетью; вода, профильтрованная через слои почвы, отводится осушительной сетью. Для полей следует выбирать участки со спокойным рельефом местности. Естественный уклон на этих участках не должен превышать 0,02.

Наиболее предпочтительно устраивать поля на песчаных и супесчаных грунтах; можно устраивать их также на суглинистых грунтах и тощих глинах, однако нагрузку по сточным водам в этом случае снижают. Тяжелые суглинки и глины не пригодны для этих целей, т.к. поля заболачиваются. Торфяные грунты нуждаются в предварительном осушении.

Уровень подземных вод на территории, используемой под поля, должен находиться на глубине не менее 1,5 м от поверхности. При более высоком положении уровня подземных вод необходимо устройство дренажа.

Межполивной период для полей фильтрации колеблется от 5 до 10 дней; для полей орошения он устанавливается в соответствии с режимом полива выращиваемых культур.

При определении требуемой площади полей орошения и полей фильтрации исходят из так называемой нормы нагрузки, т.е. объема сточной воды, которая может быть подана на 1 га площади полей за определенный промежуток времени. Нормы нагрузки зависят от многих факторов: характера почвы, ее окислительной мощности, фильтрационной способности, пористости; от типа полей, рода выращиваемых на них культур; характера и концентрации загрязнений сточных вод; от климатических условий и др. (см. табл. 3.1). Нагрузки сточных вод на поля фильтрации в зависимости от вида грунта, климатических условий и глубины залегания подземных вод принимают по табл. 3.2 (СНиП 2.04.03-85).

Таблица 3.2

Зависимость нагрузок сточных вод от вида грунта

Грунты	Среднегодовая температура воздуха, °С	Нагрузка сточных вод (м ³ /га·сут), при залегании грунтовых вод на глубине, м		
		1,5	2	3
Легкие суглинки	От 0 до 3,5	—	55	60
	Св. 3,5 до 6	—	70	75
	6-11	—	75	85
	Св. 11	—	85	100
Супеси	От 0 до 3,5	80	85	100
	Св. 3,5 до 6	90	100	120
	6-11	100	110	130
	Св. 11	120	130	150
Пески	От 0 до 3,5	120	140	180
	Св. 3,5 до 6	150	175	225
	6-11	160	190	235
	Св. 11	180	210	250

Примечания: 1. Нагрузка указана для районов со среднегодовым количеством атмосферных осадков от 300 до 500 мм.

2. Нагрузку необходимо уменьшать для районов со среднегодовым количеством атмосферных осадков: 500-700 мм – на 15-25%; свыше 700 мм, а также для I климатического района и III А климатического подрайона – на 25-30%, при этом больший процент снижения нагрузки надлежит принимать при легких суглинистых, а меньший – при песчаных грунтах.

Расчет полей ведется по среднесуточной норме нагрузки, т.е. по количеству сточных вод, приходящихся на 1 га площади полей в среднем за сутки в течение года.

Полная расчетная площадь полей фильтрации

$$F_{\text{ф}} = F_{\text{ф.полн}} + F_{\text{ф.рез}} + k_{\text{ф.в}}(F_{\text{ф.полн}} + F_{\text{ф.рез}}),$$

где $F_{\text{ф.полн}}$ – полезная площадь полей фильтрации, га; $F_{\text{ф.рез}}$ – резервная площадь полей фильтрации, га, равная 10-25% полезной площади (СНиП, п. 6.183); $k_{\text{ф.в}}$ =

0,25÷0,35 – коэффициент, учитывающий увеличение площади в связи с устройством вспомогательных сооружений.

Полная расчетная площадь полей орошения

$$F_o = F_{o.пол} + F_{o.рез} + K_{o.в}(F_{o.пол} + F_{o.рез}),$$

где $F_{o.пол}$ – полезная площадь полей орошения, га; $F_{o.рез}$ – резервная площадь полей орошения, га; $K_{o.в} = 0,15 ÷ 0,25$ – коэффициент, учитывающий увеличение площади в связи с устройством вспомогательных сооружений.

Полезная площадь полей фильтрации

$$F_{ф.пол} = \frac{Q}{q_{ф}},$$

где Q – среднесуточный расход сточных вод, м³/сут; $q_{ф}$ – нагрузка сточных вод на поля фильтрации, м³/(га·сут).

Полезная площадь полей орошения

$$F_{o.пол} = \frac{Q}{q_o},$$

где q_o – нагрузка сточных вод на поля орошения, м³/(га·сут), определяемая как средневзвешенная величина из нагрузок на участки с различными видами сельскохозяйственных культур (см. табл. 3.3).

Для удобства эксплуатации поля разделяются валиками на отдельные карты. Размеры карт полей фильтрации определяют в зависимости от рельефа местности, общей рабочей площади полей, способа обработки почвы, количества очищаемой сточной жидкости. При обработке площадей тракторами площадь одной карты должна быть не менее 1,5 га. Длина карт принимается в 2-4 раза больше ширины. Площадь карт полей орошения принимается 5-8 га; ширина карт зависит от вида грунта: для песков 50 м, для супесей 80-100 м, для суглинков 120-150 м. Длина карт должна быть в 4-5 раз больше ширины. Общее число карт $N_{o.полн}$ зависит от принятых размеров одной карты. Поскольку при подготовке полей к летнему вегетационному периоду, при уборке урожая, в период дождей выпуск на поля орошения сточной воды не допускается, для приема сточных вод служат в это время резервные, не занимаемые под сельскохозяйственные культуры участки, выполняющие роль обычных полей фильтрации. Площадь этих полей, га, определяется по формуле

$$F_{o.рез} = \frac{Q \cdot a}{q_{ф}},$$

где a – коэффициент, учитывающий часть расхода сточных вод, поступающих на резервные участки (значения a для района со средней температурой воздуха до 5, 10 и 15°C принимаются соответственно 1, 0,75 и 0,5); $q_{ф}$ – норма нагрузки сточных вод на резервные фильтрационные поля, м³/(га·сут).

Ширина карт резервных фильтрационных участков принимается 50-100 м, а длина – в 2-4 раза больше ширины. В зимнее время после промерзания почвы фильтрация сточной воды практически прекращается и начинается постепенное

намораживание поступающей сточной воды. Требуемая для намораживания площадь

$$F_{\text{нам}} = \frac{Q \cdot t_{\text{нам}} \cdot (1 - \beta)}{(h_{\text{нам}} - h_{\text{ос}}) \cdot \rho \cdot 10^4},$$

где $t_{\text{нам}}$ – продолжительность зимнего намораживания, принимаемая равной числу дней со среднесуточной температурой воздуха ниже -10°C [принимается по изолиниям; β – коэффициент зимней фильтрации, зависящий от фильтрационной способности грунтов: для легких суглинков, супеси и песков он соответственно равен 0,3, 0,45 и 0,55; $h_{\text{нам}}$ – высота слоя намораживания, принимаемая не более 1 м (обычно 0,5-0,6 м); $h_{\text{ос}}$ – высота слоя зимних осадков, м; ρ – плотность льда, равная $0,9 \text{ т/м}^3$].

Таблица 3.3

Нормы нагрузки бытовых сточных вод на поля орошения для районов со среднегодовой высотой слоя атмосферных осадков 300-500 мм

Среднегодовая температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$	Нагрузки на поля орошения, $\text{м}^3/(\text{га} \cdot \text{сут})$, в зависимости от грунта	Нагрузки на поля орошения, $\text{м}^3/(\text{га} \cdot \text{сут})$, в зависимости от грунта		
		Суглинок	Супесь	Песок
До 3,5	Огородные	30	40	60
	Полевые	15	20	30
3,6-6	Огородные	35	50	75
	Полевые	20	25	40
6,1-9,5	Огородные	45	60	80
	Полевые	25	30	40
9,6-11	Огородные	60	70	85
	Полевые	30	35	45
Более 11	Огородные	70	80	90
	Полевые	35	40	45

Сточные воды подают в наивысшую точку полей в распределительный колодец, откуда вода по сети распределительных каналов поступает в отдельные карты. Для распределения воды внутри карт полей орошения перед поливами устраивают временную оросительную сеть в виде полос или борозд. Для равномерного заполнения водой карты планируют с продольными и поперечными уклонами; размер уклона зависит от водопроницаемости грунта. Продольные и поперечные уклоны равны: для легких суглинков 0,001 и 0,002, для супесей 0,002 и 0,003, для песков 0,003 и 0,004. Оросительная сеть должна быть запроектирована так, чтобы сточная вода подавалась самотеком в любой из участков обслуживаемой этой сетью территории. Земельные каналы устраивают трапецеидального сечения, каналы и лотки – прямоугольного сечения с облицовкой. Ширина по верху оградительных разделительных валиков должна быть не менее 0,7 м. Крутизну их откосов принимают в зависимости от грунта: в супесях и

суглинках она должна быть не более 1:1,5, а в песках – 1:2. Размеры лотков и трубопроводов определяют расчетом, наименьшие размеры лотков 0,2 на 0,2 м, а наименьший диаметр труб 100 мм.

Магистральный канал рассчитывают по общему максимальному секундному расходу, а распределительный канал – по максимальному секундному расходу, который зависит от числа карт $N_{од}$, одновременно орошаемых и при-
мыкающих к данному распределительному каналу

$$N_{од} = \frac{N_{о.полн}}{t_{од}},$$

где $t_{м.п}$ – продолжительность межполивного периода, назначаемая 5-10 сут в зависимости от водно-воздушного режима полей, фильтрационной способности грунтов, уровня подземных вод.

Расход воды, поступающей на одну карту, л/с

$$q_{\max}^1 = \frac{q_{\max}}{N_{од}}.$$

Каналы рассчитывают по обычным формулам гидравлики для равномерного движения жидкости с соблюдением допустимых скоростей потока и уклонов каналов. Минимальная незаиливающая скорость для картых оросителей, распределительных и магистральных каналов принимается равной 0,3, 0,4 и 0,5 м/с. Наименьший уклон для картых оросителей принимают 0,001, а для распределительных и магистральных каналов – 0,0005. При неблагоприятных грунтовых условиях на полях орошения и полях фильтрации устраивают осушительную водоотводящую сеть, которая состоит из дренажа, сборной сети, отводящих линий и выпусков. Дренаж позволяет своевременно отводить лишнюю влагу из почвы и способствует прониканию воздуха в осушаемый деятельный слой, без чего не может проходить аэробный окислительный процесс. Устройство дренажа обязательно при залегании подземных вод на глубине менее 1,5 м от поверхности карт. В зависимости от характера грунтов дренажную сеть устраивают в виде открытых осушительных канав или закрытого дренажа: в слабопроницаемых грунтах (суглинках) – закрытый дренаж; в сильнопроницаемых грунтах (песок, супесь) – открытые осушительные канавы.

Циркуляционные окислительные каналы

Циркуляционные окислительные каналы (ЦОК) следует предусматривать для биологической очистки сточных вод в районах с расчетной зимней температурой наиболее холодного периода не ниже минус 25°C. ЦОК представляет собой проточный бассейн трапецеидального сечения, имеющий замкнутую форму в плане и оборудованный механическим аэратором, обеспечивающим циркуляционное перемещение, перемешивание и насыщение кислородом обрабатываемой смеси сточной воды и активного ила. Продолжительность аэрации надлежит определять по формуле

$$t_{\text{атм}} = \frac{L_{\text{ен}} - L_{\text{ex}}}{a_i \cdot (1 - S) \cdot \rho},$$

где $t_{\text{атм}}$ – период аэрации, ч; $L_{\text{ен}}, L_{\text{ex}}$ – БПК_{полн} поступающей и очищенной воды; мг/л; a_i – доза ила г/л (3÷4 г/л); S – зольность ила = 0,35; ρ – удельная скорость окисления по БПК_{полн} = 6 мг/(г·ч).

Глубина окислительного канала принимается равной 1 м, количество избыточного активного ила – 0,4 кг на 1 кг БПК_{полн}, удельный расход кислорода – 1,25 мг на 1 мг снятой БПК_{полн}.

По схеме работы циркуляционные каналы делят на каналы непрерывного и периодического действия. В каналах непрерывного действия разделение иловой смеси осуществляется во вторичном отстойнике, а в каналах периодического действия непосредственно в самом канале при выключенных аэраторах.

Механический аэратор рассчитывают по подаче необходимого кислорода и по созданию скорости потока в канале (расчет ведут по БПК₅). Количество кислорода, кг/сут, которое необходимо подать в сточную воду, определяется по формуле

$$M_{\text{тр}} = \frac{(Z \cdot (L_{\text{ен}_5} - L_{\text{ex}_5}) \cdot Q)}{1000},$$

где $Z = 1,42$ мг/мг (по БПК₅); $L_{\text{ен}}, L_{\text{ex}}$ – БПК₅; расчетная производительность 1 м аэратора по кислороду г/(ч·м)

$$M_a = \frac{2,06 \cdot 10^6 \cdot n_0^3}{h_a^{-0,82}} \cdot \left(\frac{d_a}{70}\right)^3,$$

где n_0 – частота вращения аэратора, с^{-1} ; h_a – глубина погружения аэратора, см; d_a – диаметр аэратора, см.

Для механических клеточных аэраторов диаметром 50, 70 и 90 см расчетную производительность M_a находят по табл. 3.4.

Требуемая скорость движения жидкости в канале, м/с

$$V_p = 0,25 \sqrt{\epsilon \cdot H_{\text{ц}}},$$

где $H_{\text{ц}}$ – глубина канала, м.

Скорость движения жидкости в канале, создаваемая аэратором

$$V_a = \sqrt{\frac{J_a \cdot l_a}{S_{\text{ц}} \cdot \left(\frac{n^2}{R^{\frac{3}{4}}} \cdot l_{\text{ц}} + 0,05 \cdot \sum \xi \right)}},$$

где j_a – импульс давления аэратора, определяется по характеристике аэратора, см. табл. 3.4; l_a – длина аэратора, м; $S_{\text{ц}}$ – площадь живого сечения канала, м^2 ; $n = 0,014$ – коэффициент шероховатости для бетонных стенок; R – гидравлический радиус, м; $l_{\text{ц}}$ – длина циркуляционного канала, м; $\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений для 0 – образного канала, равная 0,5.

Таблица 3.4

Данные для расчета механического клеточного аэратора

Диаметр, см	Частота вращения, мин ⁻¹	Глубина погружения гребней, см	Производитель- ность по кисло- роду, г/(ч·м)	Требуемая мощность, кВт/м	Импульс давления
50	60	8	230	0,21	0,0035
		15	380	0,49	0,0055
		20	490	0,6	0,0054
50	90	8	470	0,42	0,0066
		15	950	0,9	0,012
		20	1170	1,2	0,011
50	120	8	850	0,62	0,016
		15	1800	1,42	0,017
		20	2300	1,92	0,016
70	60	8	300	0,36	0,006
		15	570	0,9	0,013
		20	940	1,35	0,1
70	80	8	570	0,57	0,01
		15	1130	1,5	0,01
		20	1900	2,27	0,09
70	100	8	830	0,85	0,014
		15	1930	2,24	0,024
		20	3200	3,5	0,035
90	60	8	530	0,68	0,0086
		15	1200	2,21	0,021
		30	1430	4,0	0,022
90	80	8	910	1,14	0,013
		15	2400	3,6	0,03
		30	3400	6,26	0,034
90	100	8	1350	1,8	0,016
		15	3900	5,0	0,04
		30	5600	9,0	0,049

Длину аэратора необходимо применять не менее ширины канала по дну и не более ширины канала по зеркалу воды, число аэраторов – не менее двух. По данным типовых проектов производительность циркуляционных окислительных каналов – от 100 до 1400 м³/сут; БПК₅ поступающих стоков – 150, 250 и 400 мг/л. Число каналов на очистных сооружениях 1-2, число аэраторов в канале 1-4. См. паспорт Т.П. 902-3-075.99.

3.2. Очистные сооружения децентрализованных систем канализации

Децентрализованные (местные) системы канализации предназначены для удаления небольших количеств сточных вод до $25 \text{ м}^3/\text{сут}$. Наиболее распространено использование сооружений подземной фильтрации на базе типовых проектов 902-3-072.87*, 902-3-73.1.87÷73.3.87. Также используются поля орошения, поля фильтрации, биологические пруды.

Септики

Септики – это отстойники, в которых одновременно происходят осветление и сбраживание сточной воды и длительное хранение ила (рис. 6). Осадок хранится от 6 до 12 месяцев, постепенно превращаясь в газообразный продукт и растворимые минеральные соединения (под воздействием анаэробных микроорганизмов). Сточная вода в септиках в течение 2-4 суток осветляется и подвергается воздействию анаэробных бактерий.

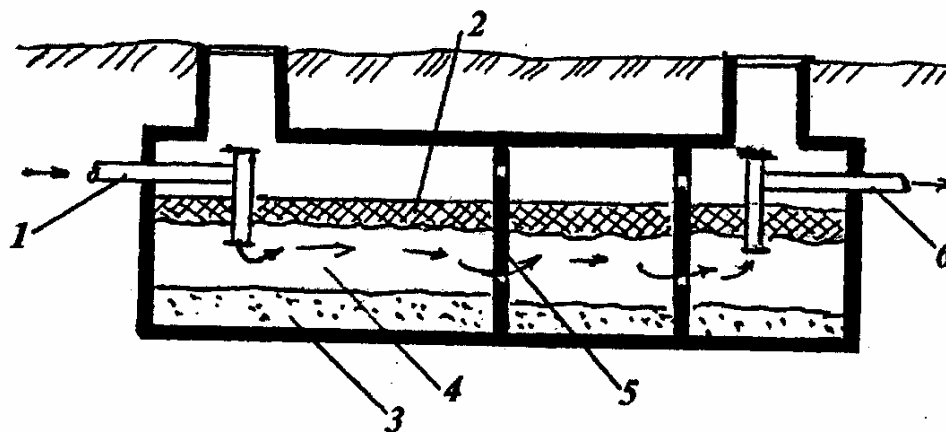


Рис. 6. Септик: 1 – впускной трубопровод; 2 – корка; 3 – септическая часть (осадок); 4 – отстойная часть; 5 – перегородки с отверстиями; 6 – выпуск

Септики применяются для механической очистки сточных вод, поступающих на поля подземной фильтрации, в песчано-гравийные фильтры, фильтрующие траншеи и фильтрующие колодцы.

Полный расчетный объем септика надлежит принимать: при расходе сточных вод до $5 \text{ м}^3/\text{сут}$ – не менее 2,5-кратного. Такие объемы принимаются, исходя из условия очистки их не менее 1 раза в год.

При среднезимней температуре сточных вод свыше 10°C или при норме водоотведения свыше 150 л/сут на одного жителя полный расчетный объем септика допускается уменьшить на 15-20%.

При расходе сточных вод до $1 \text{ м}^3/\text{сут}$ принимаются однокамерные септики, до $10 \text{ м}^3/\text{сут}$ – двухкамерные и свыше $10 \text{ м}^3/\text{сут}$ – трехкамерные.

Объем 1 камеры следует принимать: в двухкамерных септиках – 0,75, в трехкамерных – 0,5 расчетного объема. При этом объем второй и третьей камер надлежит принимать по 0,25 расчетных объема.

В септиках, выполняемых из бетонных колец, все камеры следует принимать равного объема. В таких септиках при производительности свыше $5 \text{ м}^3/\text{сут}$ камеры надлежит предусматривать без отделений.

При необходимости обеззараживания сточных вод, выходящих из септика, следует предусматривать контактную камеру, размер которой в плане должен быть не менее $0,75 \times 1 \text{ м}$.

Лоток подводящей трубы должен быть расположен не менее чем на $0,05 \text{ м}$ выше расчетного уровня жидкости в септике. Необходимо предусматривать устройства для задержания плавающих веществ и естественную вентиляцию. Выпуски из зданий должны присоединяться к септикам через смотровые колодцы.

См. паспорта Т.П. 902-3-072.87, 902-3-32.84 и 902-3-73.1.87.

Песчано-гравийные фильтры и фильтрующие траншеи

Песчано-гравийные фильтры и фильтрующие траншеи при количестве сточных вод не более $15 \text{ м}^3/\text{сут}$ следует проектировать в водонепроницаемых и слабофильтрующих грунтах при наивысшем уровне грунтовых вод на 1 м ниже лотка отводящей дрены.

Перед сооружениями необходимо предусматривать установку септиков.

Расчетную длину фильтрующих траншей следует принимать в зависимости от расхода сточных вод и нагрузки на оросительные трубы, но не более 30 м , ширину траншей понизу – не менее $0,5 \text{ м}$.

Таблица 3.5

Сооружение	Высота слоя загрузки, м	Нагрузка на оросительные трубы, л/ (м·сут)
Одноступенчатый песчано-гравийный фильтр или вторая ступень двухступенчатого фильтра	1-1,5	80-100
Первая ступень двухступенчатого фильтра	1-1,5	150-200
Фильтрующая траншея	0,8-1	50-70

Примечания: 1. Меньшие нагрузки соответствуют меньшей высоте.

2. Нагрузки указаны для районов со среднегодовой температурой воздуха от 3 до 6°C .

3. Для районов со среднегодовой температурой воздуха выше 6°C нагрузку следует увеличивать на $20-30\%$, ниже 3°C – уменьшать на $20-30\%$.

4. При удельном водоотведении свыше $150 \text{ л}/(\text{чел}\cdot\text{сут})$ нагрузку следует увеличивать на $20-30\%$.

Песчано-гравийные фильтры надлежит проектировать в одну или две ступени. В качестве загрузочного материала одноступенчатых фильтров следует принимать крупно- и среднезернистый песок и другие материалы. Загрузочным материалом в первой ступени двухступенчатого фильтра могут быть гравий, щебень, котельный шлак и другие материалы крупностью, принимаемой согласно п. 6.122 СНиП 2.04.03-85, во второй ступени – аналогично одноступен-

чатоуму фильтру. В фильтрующих траншеях в качестве загрузочного материала следует принимать крупно- и среднезернистый песок и другие материалы.

Нагрузку на оросительные трубы песчано-гравийных фильтров и фильтрующих траншей, а также толщину слоя загрузки, следует принимать по табл. 3.5 (СНиП 2.04.03-85).

См. паспорт Т.П. 902-3-072.87.

Фильтрующие колодцы

Фильтрующие колодцы устраивают только в песчаных и супесчаных грунтах при количестве сточных вод не более 1 м³/сут. Основание колодца должно быть выше уровня грунтовых вод не менее чем на 1 м. Перед колодцами необходимо устраивать септики.

Фильтрующие колодцы следует проектировать из железобетонных колец, кирпича усиленного обжига или бутового камня. Размеры в плане должны быть не более 2×2 м, глубина – 2,5 м.

Ниже подводящей трубы следует предусматривать:

донный фильтр высотой до 1 м из гравия, щебня, спекшегося шлака и других материалов – внутри колодца;

обсыпку из тех же материалов:

– у наружных стенок колодцев;

– отверстия для выпуска профильтровавшейся воды – в стенках колодцев.

В покрытии колодца надлежит предусматривать люк диаметром 700 мм и вентиляционную трубу диаметром 100 мм.

Расчетную фильтрующую поверхность колодца надлежит определять как сумму площадей дна и поверхности стенки колодца на высоту фильтра. Нагрузка колодца на 1 м² фильтрующей поверхности должна приниматься 80 л/сут в песчаных грунтах и 40 л/сут в супесчаных грунтах.

Нагрузку следует увеличивать: на 10-20% – при устройстве фильтрующих колодцев в средне- и крупнозернистых песках или при расстоянии между основанием колодца и уровнем грунтовых вод свыше 2 м; на 20% – при удельном водоотведении свыше 150 л(чел·сут) и среднесимней температуре сточных вод выше 10°C.

Для объектов сезонного действия нагрузка может быть увеличена на 20%.

См. паспорта Т.П. 902-3-072.87 и 902-3-074.87.

Поля подземной фильтрации

Поля подземной фильтрации следует применять в песчаных и супесчаных грунтах, при расположении оросительных труб выше уровня грунтовых вод не менее чем на 1 м и заглублении их не более 1,8 м и не менее 0,5 м от поверхности земли. Оросительные трубы рекомендуется укладывать на слой подсыпки толщиной 20-50 см из гравия, мелкого хорошо спекшегося котельного шлака, щебня или крупнозернистого песка.

Перед полями подземной фильтрации надлежит предусматривать установку септиков.

Общая длина оросительных труб определяется по нагрузке в соответствии с табл. 3.6 (СНиП 2.-04.03-85). Длину отдельных оросителей следует принимать не более 20 м.

Таблица 3.6

Нагрузка на поля фильтрации в зависимости от грунта

Грунты	Среднегодовая температура воздуха, °С	Нагрузка, л/сут на 1 м оросительных труб полей, подземной фильтрации, в зависимости от глубины, наивысшего уровня грунтовых вод от лотка, м		
		1	2	3
Пески	До 6	16	20	22
	От 6,1 до 11	20	24	27
	Св. 11,1	22	26	30
Супеси	До 6	8	10	12
	От 6,1 до 11	10	12	14
	Св. 11,1	11	13	16

Примечания: 1. Нагрузка указана для районов со среднегодовым количеством атмосферных осадков до 500 мм.

2. Нагрузку необходимо уменьшать: для районов со среднегодовым количеством осадков 500-600 мм – на 10-20%, свыше 600 мм – на 20-30%; для I климатического района и III А климатического подрайона – на 15%. При этом больший процент снижения надлежит принимать при супесчаных грунтах, меньший – при песчаных.

3. При наличии крупнозернистой подсыпки толщиной 20-50 см нагрузку следует принимать с коэффициентом 1,2-1,5.

4. При удельном водоотведении свыше 150 л/сут на одного жителя или для объектов сезонного действия нормы нагрузок следует увеличивать на 20%.

Для притока воздуха следует предусматривать на концах оросительных труб стояки диаметром 100 мм, возвышающиеся на 0,5 м над уровнем земли.

Принципы компоновки очистных сооружений и их эксплуатация

В соответствии со СНиП 2.04.03-85 септики и фильтрующие колодцы располагаются от границ зданий жилой застройки с разрывом 5 и 8 м соответственно, поля подземной фильтрации – 15 м, фильтрующие траншеи и песчано-гравийные фильтры – 25 м.

Септики и сооружения подземной фильтрации следует размещать по отношению к источникам водоснабжения согласно СНиП 2.04.02-84 на расстоянии не менее 30 м – для надежно защищенных горизонтов, а для недостаточно защищенных горизонтов и инфильтрационных водозаборов – не менее 50 м.

Сточная вода из распределительного колодца поступает в камеры или камеру септика, где происходит ее осветление и перегнивание органических веществ. Осветленная сточная вода по трубопроводу направляется в распределительные колодцы и далее поступает на сооружения подземной фильтрации, которые при песчаных и супесчаных грунтах устраиваются в виде фильтрующих колодцев и полей подземной фильтрации, а при суглинистых и глинистых грунтах – в виде фильтрующих траншей и песчано-гравийных фильтров.

В первом случае очищенная вода фильтруется в грунт, а во втором – отводится в естественные водоприемники (лог, овраг, водоемы и т.п.) после обеззараживания. Обеззараживание осуществляется в резервуаре очищенной воды.

Оросительная и дренажная сети в сооружениях подземной фильтрации выполняются из асбестоцементных труб с пропилами, а в качестве фильтрующего материала используется песок, щебень и гравий.

Эксплуатация сооружений осуществляется жильцами или персоналом, обслуживающим эти здания. Контроль за работой сооружений осуществляется управлениями водо-канализационного хозяйства и органами санитарной службы. Необходимо периодически осуществлять контроль за равномерным распределением сточной воды по орошаемой площади. При заиливании системы рекомендуется производить проталкивание проволоки через оросители с последующей промывкой их водой.

Кроме того, для восстановления фильтрующей способности грунта вокруг оросительной сети рекомендуется проводить эпизодическое хлорирование. Контроль за работой очистных сооружений, имеющих отвод фильтрата (песчано-гравийные фильтры и траншеи), заключается в периодическом (1 раз в 4-6 месяцев) отборе проб дренажных вод для производства химико-бактериологического анализа.

По данным эксплуатации, после отстаивания в септиках, содержание взвешенных веществ снижается на 70-75%, а БПК₅ – на 30-35%.

Сточные воды подаются и отводятся по заглубленному тройнику, чтобы образовавшаяся на поверхности корки из всплывших взвешенных веществ не препятствовала входу и выходу стоков, а также для того, чтобы предотвратить попадание всплывших взвешенных веществ в осветленную воду. Камеры септика сообщаются между собой двумя патрубками, выполненными на разной высоте, один из которых заглублен в жидкость, а другой находится над ней.

Удаление корки и осадка рекомендуется производить два раза в год – весной и осенью. При этом нельзя допускать, чтобы уровень осадка или нижняя поверхность корки доходила до отверстий, через которые вода поступает из одной камеры в другую или до нижнего уреза тройника.

Перед чисткой септик выключить из работы, т.е. прекратить поступление в него сточной воды.

Чистку септика следует начинать с удаления корки, предварительно разбив ее на куски. Удаление корки производится вычерпыванием ее вилами с длинными изогнутыми зубьями или черпаком в виде сетки с отверстиями 3-4 мм.

Удаление осадка производится черпаком с длинной ручкой, откачкой диафрагмовым насосом или ассенизационной машиной. Примерно 20% осадка должно остаться в септике для обеспечения его дальнейшей работы.

Осмотр и чистку тройников на входящей и выходящей трубе рекомендуется производить по возможности чаще. Скопившийся в тройнике осадок проталкивается вниз или извлекается из тройника.

Контроль за работой септика сводится к определению взвешенных веществ и активной реакции среды рН в поступающей в септик сточной воде и выходящей из него.

При нормальной работе септика концентрация взвешенных веществ должна снижаться в процессе очистки на 70-75%, а рН – находиться в пределах 6,5-7,5.

При всех эксплуатационных и ремонтно-строительных работах перед спуском рабочих в колодец или септик необходимо после открытия люков и снятия крышек проветрить сооружения не менее 2 часов. В колодец или септик запрещается опускаться с фонарем, имеющим открытое пламя, зажигать в колодцах или септиках огонь и курить.

Спуск людей в сооружения при проведении эксплуатационных и ремонтных работ в одиночку и без предохранительных поясов со страховочными веревками запрещается.

Для спуска в септики в стенах предусмотрены скобы; допускается применение переставных лестниц. Наружная грань крышки люка возвышается над планировочной отметкой грунта на 80 мм. Для утепления и предохранения септиков от попадания в них мусора устанавливаются дополнительные деревянные крышки.

С внутренней стороны стенки и днище оштукатуриваются водонепроницаемым цементно-песчаным раствором толщиной 20 мм состава 1:3, В/Ц = 0,5, с добавкой азотнокислого кальция (нитрата кальция), с затиркой поверхности.

С наружной стороны кирпичные септики окрашиваются горячим нефтяным битумом марки III и IV за 2 раза по грунтовке из раствора битума в бензине (битум марки IV – 30%, бензин II сорта – 70%). Лотковая часть выполняется из монолитного бетона класса В15 с последующей затиркой поверхности лотка цементно-песчаным раствором марки 200 и железнением.

3.3. Обеззараживание сточных вод

Для обеззараживания сточных вод используется “активный хлор”, который образуется при растворении в воде газообразного хлора или при электролизе растворов поваренной соли.

Могут использоваться также вещества, содержащие активный фтор: хлорная известь, гипохлорит кальция или товарный раствор гипохлорита натрия.

Для получения раствора гипохлорита натрия следует использовать электролитные установки непроточного типа ЭН-5, для работы которых используется поваренная соль, причем на получение 1 кг активного хлора расходуется до 15 кг соли. Расход электроэнергии на получение 1 кг активного хлора составляет до 7,5 кВт. В состав установки входят растворный бак-накопитель гипохлорита натрия, вентилятор и соединительные трубопроводы. При производительности очистных сооружений до 200 м³/сут используется метод прямого электролиза с установками типа “Поток” и “Каскад”. Обеззараживание воды прямым электролизом является разновидностью хлорирования. Сущность метода обеззараживания воды прямым электролизом состоит в том, что под дей-

ствием электрического тока из хлоридов, находящихся в самой обрабатываемой воде, образуется в основном “активный хлор”, который и обеззараживает воду непосредственно в потоке.

Установки типа “Каскад” и “Поток” предназначены для обеззараживания очищенных сточных вод. Они представляют собой электролитическую ванну с расположенным в ней пакетом электродов. Ванна установлена на подставке. Пакет электродов состоит из чередующихся окисно-рутениевых анодов и титановых катодов.

Сточная вода поступает в установку через патрубок, протекает в межэлектродном пространстве и отводится. Для предупреждения поступления в электролизер активного ила и других крупных частиц загрязнений, выносимых иногда потоком воды из очистных сооружений, на входе рекомендуется устанавливать сетку с размерами ячеек 2-3 мм. При обрастании катодов отложениями солей жесткости пакет электродов опускается на 15-20 мин в бочки с 3-5% раствором соляной кислоты. Допускается залив кислоты непосредственно в электролизер после его опорожнения через сливной патрубок.

В тех случаях, когда очищенная сточная вода отводится не по трубопроводу, а по какому-либо специальному лотку или каналу, пакет электродов может устанавливаться непосредственно в нем. Пакет электродов должен быть погружен в воду на глубину 200 мм. Не допускается контакт пакета с лотком, изготовленным из токопроводящего материала. Установка “Каскад” имеет следующую характеристику:

Производительность, м³/ч – 2÷2,5

Номинальная мощность, кВт – 5,8

Напряжение питания, В – 380±10%

Рабочее напряжение на электродах, В – 6-12

Рабочий ток, А – не более 30

Размеры, мм:

блока обеззараживания 620×368×785

выпрямителя переменного тока 870×480×1662

Место расположения установок обусловлено сущностью метода. Они должны располагаться перед контактными емкостями, которые позволяют обеспечивать необходимое время контакта обеззараживающих реагентов с обрабатываемой водой. Установка “Поток” применена в т.п. 902-3-66.87 для производительности 100 и 200 м³/сутки.

3.4. Обработка осадков сточных вод

В процессе обработки сточных вод образуются осадки. В септиках образуется осадок влажностью 92÷94%. Этот осадок периодически, 1÷2 раза в год, вывозится ассенизационной машиной на сливную станцию. При невозможности вывоза осадка, он удаляется черпаком на бетонированную площадку с ограждающей стенкой по периметру высотой 0,3÷0,4 м для подсушки. Размер площадки определяется исходя из нагрузки 2,5 м³ на 1 м² в год. Подсушенный

до влажности 70÷75% осадок убирают с площадки подсушки на компостную площадку, где его смешивают с сухим торфом, опилками или обработанным осадком в соотношении 1:1 и образуют бурт высотой 1,5-2 м. Осадок в бурте должен находиться 5-6 месяцев, из которых половина должна приходиться на теплое время года. Периодически – один раз в месяц – осадок в бурте перемешивают, помещивая наружные слои внутрь бурта в целях обеззараживания осадка за счет саморазогрева до 60°C. Полученный компост используется в качестве удобрения (содержит до 4% азота (N), до 5% фосфора (P₂O₅), до 6% калия (K₂O)).

Стабилизированный избыточный ил (в аэротенках продленной аэрации) отбирается из вторичных отстойников после отключения эрлифта циркулирующего ила и уплотнения в течение 0,5-1 ч. Ил влажностью 99% направляется на иловые площадки для просушки. Для обработки стабилизированного активного ила целесообразно проектировать площадки-уплотнители с возможностью отвода иловой воды как с поверхности осадка, так и из нижней части расслоившегося осадка, располагая водовыпуски на различных отметках. Наиболее просто такой водовыпуск устраивать в виде колодца с 3-4 отверстиями в стенках на разной высоте, перекрываемыми затворками. Подсушенный осадок следует компостировать в целях дегельминтизации. Компостирование подсушенного избыточного ила может осуществляться аналогично компостированию осадка из септиков.

При неблагоприятных климатических условиях для компостирования ила (расчетная зимняя температура ниже -30°C, влажный климат) можно предусматривать его дегельминтизацию (уничтожение яиц глистов) путем нагрева ила, отобранного из вторичного отстойника, до 60°C с выдерживанием в течение 1,5-2 ч в дегельминтизаторе. Для нагрева осадка может использоваться острый пар или горячая вода из самостоятельного контура системы теплоснабжения. Дегельминтизированный осадок затем поступает на иловые площадки и далее обрабатывается по указанной ранее схеме.

Электродегельминтизатор применен для обеззараживания осадков сточных вод в т.п. 902-3-92.91.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

1. Проектные решения по реконструкции очистных сооружений

Примеры реконструкции городских очистных сооружений

Проектные решения, принимаемые при реконструкции очистных сооружений, направлены как на интенсификацию работы этих сооружений, так и на строительство новых очистных сооружений, если местные условия позволяют идти на расширение площади застройки.

Рассмотрим некоторые примеры реконструкции станций биофильтрации, а также локальных очистных сооружений на промышленных предприятиях.

Пример 1. Реконструкция очистных сооружений поселка Н. На очистные сооружения поступают сточные воды от ряда поселков и деревень, а также от нескольких предприятий, в основном по производству изделий строительной индустрии (завод керамических изделий, кирпичный завод и др.). Количество поступающих сточных вод около 10 000 м³/сут, концентрация загрязнений по БПК составляет 120 мг/л, по взвешенным веществам – 150 мг/л; коэффициент неравномерности поступления сточных вод – 1,4; средняя температура сточных вод зимой $T = 12^{\circ}\text{C}$, эффект очистки не превышает 50%.

На рис. 1 приведена технологическая схема действующих очистных сооружений пос. Н. Как видно из схемы, часть воды после песколовок поступает на осветлители, а часть – в осветлители-перегниватели, куда перекачивается и осадок из вторичных отстойников. Следует отметить, что в данном и последующих примерах в технологических схемах не показаны решетки, которые устанавливаются в здании насосной станции перед подачей сточных вод в приемную камеру очистных сооружений.

В связи с необходимостью расширения комплекса очистных сооружений, увеличением расхода поступающих сточных вод до 20 000 м³/сут на перспективу и повышением требований по эффективности их очистки перед сбросом в водоем был выполнен проект расширения комплекса очистных сооружений. В проекте предусмотрено дополнительное строительство блока сооружений на расход 10 000 м³/сут в следующем составе: приемная камера; песколовки с круговым движением воды; блок емкостных сооружений (первичные отстойники, аэротенки, вторичные отстойники, контактные резервуары, илоперегниватели, аэробные минерализаторы); иловые площадки-уплотнители; блок фильтров глубокой очистки; производственные и вспомогательные сооружения; каскадный перепад с фильтрующей загрузкой. Реализация этого проекта потребовала бы наличия значительных площадей для расширения очистных сооружений. Сточные воды имеют следующие *исходные данные*: расчетный расход $Q = 20\,000\text{ м}^3/\text{сут}$ ($0,231\text{ м}^3/\text{с}$) БПКполн поступающих сточных вод 120 мг/л;

концентрация взвешенных веществ 150 мг/л, азота аммонийных солей 9,5 мг/л; фосфатов 3,5 мг/л. Река характеризуется следующими данными: наименьший среднемесячный расход при 95%-ной обеспеченности $Q_p = 5,66 \text{ м}^3/\text{с}$; глубина $H_{cp} = 1 \text{ м}$; коэффициент извилистости $\varphi = 1,1$; расстояние до контрольного створа $l = 500 \text{ м}$; концентрация органических загрязнений $L_p = 1,48 \text{ мг/л}$; содержание взвешенных веществ $B_p = 21,2 \text{ мг/л}$ и растворенного кислорода $Q_p = 7,1 \text{ мг/л}$; имеет рыбохозяйственное значение.

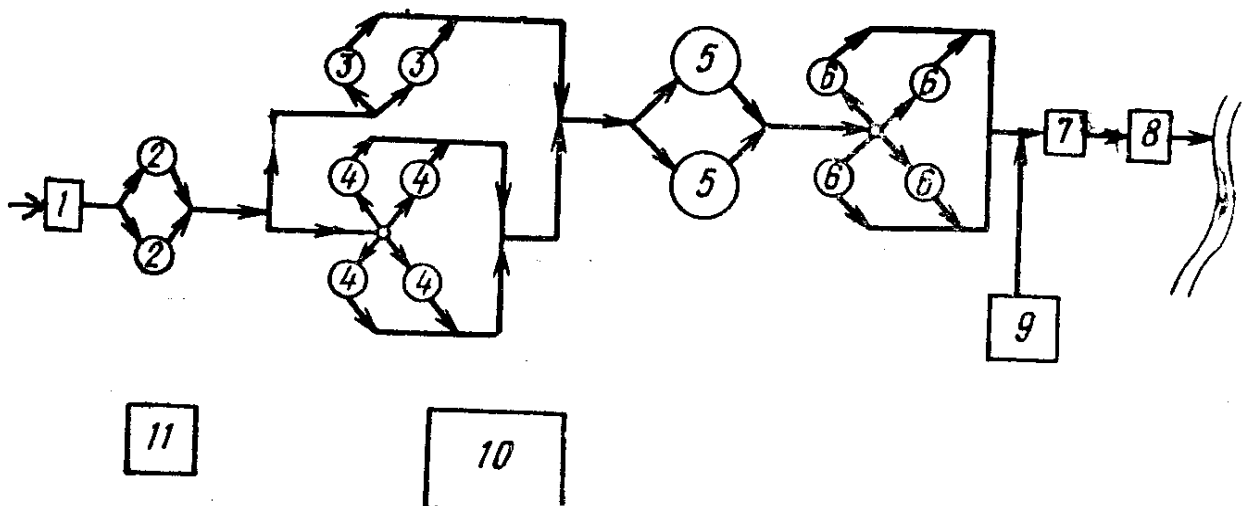


Рис. 1. Технологическая схема биофильтрации в пос. Н: 1 – приемная камера; 2 – горизонтальные песколовки диаметром 6 м с круговым движением воды; 3 – осветлители диаметром 9 м; 4 – осветлители-перегиватели диаметром 15 м; 5 – аэрофильтры диаметром 18 м; 6 – вторичные отстойники диаметром 9 м; 7 – смеситель; 8 – контактные резервуары; 9 – хлораторная; 10 – иловые площадки; 11 – песковые бункеры и площадки

Определим коэффициент смешения сточных вод с водой водоема по формуле

$$A = \frac{1 - e^{-\alpha \cdot \sqrt[3]{L}}}{1 + \left(\frac{Q}{q}\right) \cdot e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}},$$

где Q – расход воды (при 95%-ной обеспеченности) в створе реки у места выпуска сточных вод, $\text{м}^3/\text{с}$; q – расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{с}$; L – длина русла от места выпуска сточных вод до расчетного створа, м; α – коэффициент, зависящий от гидравлических условий смешения.

Коэффициент α определен по формуле

$$\alpha = \xi \cdot \varphi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{q}},$$

где ξ – коэффициент, учитывающий место расположения выпуска (для берегового – 1,0); φ – коэффициент извилистости русла; E – коэффициент турбулентной диффузии.

Коэффициент турбулентной диффузии равен

$$E = \frac{V \cdot h}{200} = \frac{1 \cdot 0,5}{200} = 0,0025.$$

Следовательно,

$$\alpha = 1,1 \cdot 1,03 \sqrt[3]{\frac{0,0025}{0,231}} = 0,0045.$$

Коэффициент смешения

$$A = \frac{1 - 2,72^{-0,0045 \cdot \sqrt[3]{500}}}{1 + \left(\frac{5,66}{0,231}\right) \cdot 2,72^{-0,0045 \sqrt[3]{500}}} = 0,00142.$$

Кратность разбавления

$$n = \frac{(\alpha \cdot Q_p + Q)}{Q} = \frac{(0,0045 \cdot 5,66 + 0,231)}{0,231} = 1,11.$$

Произведем расчеты необходимой степени очистки по различным показателям:

1) расчет БПК_{полн} с учетом биохимического процесса самоочищения воды от органических веществ, уже имеющихся в водоеме выше места выпуска сточных вод, ведется по формуле

$$L_{nn} = \frac{a \cdot Q}{q \cdot 10^{-K_1 t}} (L_{nn} - L_p \cdot 10^{-K_2 t}) + \frac{L_{nn}}{10^{-K_1 t}},$$

где $L_{пд}$ – предельно допустимая БПК_{полн} смеси речной и сточной воды в расчетном створе, мгО₂/л; L_p – БПК_{полн} речной воды до места выпуска сточных вод, мг/л; K_1 – константа скорости потребления кислорода стоками, сут⁻¹; K_2 – константа скорости реэрации кислорода в водоеме, сут⁻¹; t – время перемещения сточных вод и воды водоема от места выпуска до расчетного створа, сут,

где

$$t = \frac{L}{V_{cp}} = \frac{500}{0,5 \cdot 86400} = 0,0116 \text{ сут},$$

$$L_{ст} = \frac{0,00142 \cdot 1,10}{0,007 \cdot 10^{-0,08 \cdot 0,0008}} (3 - 2,95 \cdot 10^{-0,4 \cdot 0,008}) + \frac{3}{10^{-0,08 \cdot 0,008}} = 3,17 \text{ мг/л};$$

2) расчет необходимой степени очистки сточных вод по потреблению растворенного кислорода в воде без учета реэрации произведен по формуле

$$L_{ст}^1 = \frac{a \cdot Q}{0,4 \cdot q} (Q_p - 0,4 \cdot L_p - O) - \frac{O}{0,4},$$

где O_p – содержание растворенного кислорода в водоеме до спуска сточных вод, мг/л;
 O – допустимое минимальное остаточное количество кислорода в водоеме, мг/л;
 0,4 – коэффициент пересчета БПК_{полн} в БПК₂.

$$L_{ст}^1 = \frac{0,00142 \cdot 0,231}{0,4 \cdot 0,007} (17,0 - 0,4 \cdot 2,95 - 6,0) - \frac{6,0}{0,4} = 3,4 \text{ мг/л};$$

3) расчет максимальной концентрации взвешенных веществ в очищенной сточной воде производится по допустимому увеличению содержания взвешенных веществ в воде водоема

Предельно допустимое содержание взвешенных веществ в очищенной воде, спускаемой в водоем, рассчитано по формуле

$$m = P \cdot \left(\frac{a \cdot Q}{q} + 1 \right) + b,$$

где P – допустимое санитарными нормами увеличение содержания взвешенных веществ в водоеме после спуска сточных вод, $P = 0,25$ мг/л для водоема I категории; b – содержание взвесей в водоеме до спуска сточных вод, мг/л.

$$m = 0,25 \cdot \left(\frac{0,00142 \cdot 0,231}{0,007} + 1 \right) + 12,0 = 12,38 \text{ мг/л.}$$

Предельно допустимые концентрации вредных веществ, которые могут содержаться в водоеме, рассчитываются с учетом комбинированного действия веществ, нормируемых по одному и тому же показателю вредности: общесанитарному (азот аммонийных солей – 0,39 мг/л); токсикологическому (ПАВ – 0,5 мг/л; фосфаты – 0,5 мг/л); санитарно-токсикологическому (хлориды – 300 мг/л).

Концентрация загрязнений после смешения очищенных сточных вод с водой рассчитывается по формуле

$$C_{см} = \frac{[C_{ст} + C_p(n-1)]}{n},$$

где $C_{ст}$ и C_p – концентрация загрязнения, мг/л, соответственно в сточных водах, сбрасываемых в водоем, и в воде водоема до спуска сточных вод; n – кратность разбавления.

В соответствии с расчетами на смешение сточных вод с водой реки Т. определена необходимая степень очистки сточных вод: по взвешенным веществам – до 12,38 мг/л, по БПК_{полн} – 3,17 мг/л.

Для достижения требуемых показателей предусматривается механическая, биологическая и глубокая очистка сточных вод. Для механической очистки рекомендуется использовать существующие сооружения: песколовки, осветлители и осветлители-перегниватели. Для обеспечения очистки расчетного расхода сточных вод предусматривается реконструкция этих сооружений.

Для исключения неравномерности притока сточных вод на сооружения, а следовательно создания постоянного режима работы сооружений, в течение суток проектируется использование двух существующих осветлителей-перегнивателей в качестве регулирующих резервуаров, в которых сточная жидкость будет накапливаться в часы максимального притока и из которых она насосами будет подаваться на очистку в часы минимального притока.

Для биологической очистки сточных вод предусматривается реконструкция двух существующих аэрофильтров путем замены загрузки и водораспределительной системы сточных вод.

Биологически очищенные сточные воды подвергаются доочистке на песчаных фильтрах и далее направляются в контактные резервуары, которые реконструируются для обеспечения насыщения кислородом сточных вод перед сбросом их в водоем. Для сброса сточных вод в реку используется существующий выпуск.

Обеззараживание сточных вод предусматривается путем подачи хлорной воды в камеру перед вторичными отстойниками.

Осадок из осветлителей и биопленка из вторичных отстойников насосной станции должны перекачиваться в проектируемый корпус механического обезвоживания осадка на центрифугах. Принимается 100%-ный резерв оборудования в корпусе обезвоживания, вследствие чего не требуется строительство дополнительных иловых площадок на 2-месячный расход осадка в случае аварии в цехе механического обезвоживания.

Остановимся несколько подробнее на реконструкции отдельных существующих сооружений.

Реконструкция горизонтальной песколовки с круговым движением воды

Реконструкция горизонтальной песколовки с круговым движением воды включает в себя установку полочного тонкослойного модуля, вихревой воронки, распределительных решеток в рабочем лотке и системе аэрации. Такая песколовка не имеет недостатков, свойственных горизонтальным песколовкам с круговым движением воды. Сточная вода в реконструируемой песколовке распределяется с помощью распределительной решетки, установленной в начале песколовки. Круговой лоток рассчитывается и работает как аэрируемая песколовка. Аэрация и закручивание потока осуществляется в ней дырчатыми аэраторами. Центральная часть песколовки работает как песколовка с вихревой водяной воронкой.

Расчет реконструируемой песколовки производим при следующих *исходных данных*: расход сточной воды на одну песколовку $Q_{\text{п}} = 10\,000 \text{ м}^3/\text{сут}$; диаметр песколовки $D_{\text{п}} = 6 \text{ м}$; ширина кругового лотка $B_{\text{п}} = 600 \text{ мм}$; средняя длина кругового лотка $l_{\text{ср}} = 16,96 \text{ м}$; площадь живого сечения кругового лотка: треугольной части $s_1 = 0,51 \text{ м}^2$; $s_2 = 0,27 \text{ м}^2$ и общая $s_0 = 0,51 \text{ м}^2$; площадь поверхности зеркала воды в круговом лотке $S = 10,17 \text{ м}^2$, максимальная высота сточной воды в круговом лотке: прямоугольного сечения $h_1 = 450 \text{ мм}$, треугольного сечения $h_2 = 400 \text{ мм}$ и общая $h = 850 \text{ мм}$. Рассчитаем аэрационную систему песколовки. Необходимый расход воздуха $Q_{\text{в}}$, $\text{м}^3/\text{ч}$, для одной песколовки определяют по формуле

$$Q_{\text{в}} = I \cdot S$$

$$Q_{\text{в}} = 4,0 \cdot 10,17 = 40,68 \text{ м}^3 / \text{ч} = 0,0113 \text{ м}^3 / \text{с},$$

где I – интенсивность аэрации, принимается по СНиПу равной $4 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Скорость воздуха в подводящем трубопроводе принимаем $v_T = 10$ м/с и находим диаметр трубопровода

$$d_T = \frac{\sqrt{4 \cdot Q_B}}{v_T \cdot \pi} = \frac{\sqrt{4 \cdot 0,0113}}{3,14 \cdot 10,0} = 0,038 \text{ м} \approx 40 \text{ мм.}$$

Конструктивно принимаем для аэрации кругового лотка песколовки два аэратора. Тогда расход воздуха на один аэратор равен

$$Q_a = \frac{Q_B}{n} = \frac{40,68}{2} = 20,34 \text{ м}^3 / \text{ч.}$$

Определяем диаметр аэратора

$$d_a = \frac{\sqrt{4 \cdot Q_a}}{\pi v_a} = \frac{\sqrt{4 \cdot 0,00565}}{3,14 \cdot 10,0} = 0,027 \text{ м} \approx 27 \text{ мм.}$$

Назначаем диаметр отверстий в аэраторе $d_0 = 5$ мм, общая площадь отверстий $S_0 = \pi \cdot r_0^2 = 3,14 \cdot 0,0025^2 = 0,000019625 \text{ м}^2$. Число отверстий на данном аэраторе

$$n_0 = \frac{Q_a}{S_0 \cdot v_0} = \frac{0,00565}{0,000019625 \cdot 5} = 58.$$

Круговой лоток песколовки рассчитывается как горизонтальная аэрируемая песколовка. Определяем среднесуточный расход сточных вод, поступающих на песколовку,

$$Q_{cp} = \frac{Q_{п} \cdot 1000}{24 \cdot 3600} = \frac{10000 \cdot 1000}{24 \cdot 3600} = 115,74 \text{ л / с.}$$

Максимальный секундный расход сточных вод, поступающих на песколовку,

$$Q_{max} = \frac{Q_{cp} \cdot K_{общ}}{1000} = \frac{115,74 \cdot 1,57}{1000} = 0,181 \text{ м}^3 / \text{с.}$$

Расход сточной воды в круговом лотке при скорости течения сточной воды $v = 0,1$ м/с

$$Q_{кл} = v \cdot S = 0,1 \cdot 0,51 = 0,051 \text{ м}^3 / \text{с.}$$

Определяем коэффициент влияния потока по формуле

$$K_1 = \frac{0,0264 \cdot \alpha \cdot U_p}{\lg(1 - 0,02 \cdot \alpha \cdot U_p)} = \frac{0,0264 \cdot 0,706 \cdot 11,5}{\lg(1 - 0,02 \cdot 0,706 \cdot 11,5)} = 2,79,$$

где $\alpha = \frac{V_{п}}{(h_1 + h_2)} = \frac{0,6}{(0,45 + 0,4)} = 0,706$; U_p – гидравлическая крупность задерживаемых песколовкой частиц песка, равная 11,5 мм/с (диаметр частиц песка 0,15 мм).

Коэффициент условий входа воды в песколовку при наличии в канале распределительной решетки $k_2 = 1,05$, тогда поправочный коэффициент длины песколовки будет равен: $k = k_1 \cdot k_2 = 2,79 \cdot 1,05 = 2,93$.

Расчетная длина реконструированной песколовки меньше средней длины выбранной песколовки $l_{cp} = 16,96$ м, следовательно, при расходе по круговому

лотку $Q = 0,051 \text{ м}^3/\text{с}$ данная песколовка обеспечит задержание частиц песка с расчетным диаметром, равным $0,15 \text{ мм}$, с некоторым запасом.

Рассчитаем вихревую водяную воронку. Расход сточной воды, который необходимо отвести через центральную трубу, составит

$$Q_{\text{ц.т.}} = Q_{\text{max}} - Q_{\text{к.л.}} = 0,181 - 0,051 = 0,130 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Определим площадь живого сечения центральной отводной трубы, принимая скорость течения сточной воды в центральной трубе $v_{\text{ц.т.}} = 0,8 \text{ м/с}$,

$$F_{\text{ц.т.}} = \frac{Q_{\text{ц.т.}}}{v_{\text{ц.т.}}} = \frac{0,130}{0,8} = 0,155 \text{ м}^2.$$

Вычислим диаметр центральной трубы:

$$D_{\text{ц.т.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{ц.т.}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,155}{3,14}} = 0,443 \text{ м} \approx 450 \text{ мм}.$$

Скорость в сжатом сечении центральной трубы составит

$$v_0 = \frac{4 \cdot Q_{\text{ц.т.}}}{\xi \cdot \pi \cdot D_{\text{ц.т.}}} = \frac{4 \cdot 0,130}{0,64 \cdot 3,14 \cdot 0,45} = 0,5485 \text{ м/с}.$$

Критический напор, необходимый для самопроизвольного воронкообразования,

$$H_{\text{кр}} = 0,5 \cdot D_{\text{ц.т.}} \cdot \left(\frac{v_0}{\sqrt{g \cdot D_{\text{ц.т.}}}} \right) = 0,5 \cdot 0,45 \cdot \left(\frac{0,5485}{\sqrt{9,91 \cdot 0,45}} \right) = 0,108 \text{ м}.$$

Критический напор, необходимый для пропуска заданного расхода,

$$H_{\text{р}} = \frac{Q_{\text{ц.т.}}^2}{\mu^2 \cdot F_{\text{ц.т.}}^2 \cdot 2g} = \frac{0,130^2}{0,62^2 \cdot 0,155^2 \cdot 2 \cdot 9,81} = 0,085 \text{ м}.$$

Критический напор, при котором возникает устойчивая водяная воронка,

$$H_{\text{кр}} = 0,36 \cdot D_{\text{ц.т.}} \cdot \left(\frac{v_0}{\sqrt{g \cdot D_{\text{ц.т.}}}} \right) = 0,36 \cdot 0,45 \cdot \left(\frac{0,5485}{\sqrt{9,91 \cdot 0,45}} \right) = 0,066 \text{ м}.$$

Из расчетов видно, что условие $0,108 > 0,085 > 0,066$ выполняется.

Реконструкция осветлителя со взвешенным слоем (диаметром 9 м)

Осветлитель представляет собой открытую емкость, состоящую из корпуса, глухого чашеобразного днища, дырчатого распределительного днища, воздухо-отделительного лотка, центрального стояка с распределительным устройством типа “паук”, шламоотводящих труб и кольцевой перфорированной трубы, составляющих единую систему принудительного отбора, сборных желобов, трубопровода осветленной воды, трубопровода откачки осадка и герметического поплавкового клапана.

Осадок удаляется в нижнюю часть аппарата по шламоотводящим трубам и после уплотнения откачивается по трубопроводу на сооружения по обработке осадка. Осветлители надежно работают при концентрации взвешенных веществ в поступающей сточной воде до 200 мг/л , эффект очистки достигает 90% , концентрация взвешенных веществ в осадке $15\text{--}50 \text{ г/л}$.

Восходящую скорость в осветлителе назначаем равной: $v_{\text{осв}} = 1,2 \text{ мм/с} = 4,32 \text{ м/ч}$, тогда площадь осветлителя составит $F_{\text{осв}} = \pi \cdot R^2 = 3,14 \cdot 4,5^2 = 63,6 \text{ м}^2$, следовательно, его пропускная способность равна $Q_{\text{осв}} = F_{\text{осв}} \cdot v_{\text{осв}} = 63,6 \cdot 4,32 = 274,7 \text{ м}^3/\text{ч}$.

По высоте осветлителя имеются следующие зоны: зона распределения 1 м, зона взвешенного слоя 1,8 м, защитная зона 1,5 м и зона шламоуплотнения 4 м. Для равномерности подачи сточных вод принимаем 12 распределительных труб диаметром 200 мм.

Суммарная площадь отверстий дырчатого дна составит 1,5% площади осветлителя: $\sum F_{\text{о.д.д.}} = 0,015 F_{\text{осв}} = 0,954 \text{ м}^2$. Диаметр отверстий $d_{\text{отв}} = 20 \text{ мм}$, тогда $f_{\text{о.д.д.}} = 0,000314 \text{ м}^2$. Число отверстий $n = \sum \frac{F_{\text{о.д.д.}}}{f_{\text{о.д.д.}}} = \sum \frac{0,954}{0,000314} = 3038$. Шаг отверстий 14,5 см. Система отвода чистой воды из уплотнителя представляет собой кольцевую трубу диаметром 200 мм с отверстиями (90 шт.) диаметром 24 мм.

Реконструкция осветлителей со взвешенным слоем осадка (диаметром 15 м)

Расчет производим аналогично расчету осветлителя диаметром 9 м. Восходящую скорость принимаем равной: $v_{\text{осв}} = 1,2 \text{ мм/с} = 4,32 \text{ м/ч}$. Определяем площадь осветлителя $F_{\text{осв}} = \pi R^2 = 3,14 \cdot 4,5^2 = 176,6 \text{ м}^2$ и его пропускную способность $Q_{\text{осв}} = F_{\text{осв}} v_{\text{осв}} = 176,6 \cdot 4,32 = 763,02 \text{ м}^3/\text{ч}$. Для равномерности подачи вод принимаем 18 распределительных труб диаметром 200 мм. Суммарная площадь отверстий дырчатого дна составит: $\sum F_{\text{о.д.д.}} = 0,015 F_{\text{осв}} = 2,65 \text{ м}^2$.

Приняв диаметр отверстий равным 20 мм, определим их число: $n = \sum F_{\text{о.д.д.}} / f_{\text{о.д.д.}} = 2,65 / 0,000314 = 8436$. Шаг отверстий 14,5 см.

Система отвода чистой воды из уплотнителя представляет собой кольцевую трубу диаметром 200 мм с отверстиями (150 шт.) диаметром 24 мм.

Из шести существующих отстойников принимается для осветления сточной воды два осветлителя диаметром 15 м и два осветлителя диаметром 9 м.

Реконструкция существующих аэрофильтров

Расчетная пропускная способность двух существующих аэрофильтров составляет около 10 000 м³/сут. Представляется целесообразным перевести технологическую схему работы биофильтров с одноступенчатой на двухступенчатую; осуществить перегрузку объемной загрузки на плоскостную в одной или двух секциях аэрофильтра, увеличив высоту слоя загрузочного материала по крайней мере до 3 м. Необходимо также осуществить замену водораспределительной системы биофильтра.

В качестве загрузочного материала применяем загрузку из гофрированного полиэтилена, выпускаемого Загорским опытным заводом пластмасс, который имеет следующие характеристики: плотность 77 кг/м³, пористость 92%, площадь удельной поверхности 147 м²/м³. Гофрированный полиэтилен смывается в блоки высотой 0,5 м, диаметром 0,5-0,7 м. В качестве прокладки используется натянутая проволока из алюминиевых сплавов диаметром 2-4 мм. Блоки уста-

навливают рядами в теле биофильтра, создавая плотную и жесткую конструкцию. Между блоками большого диаметра 0,5-0,7 м во избежание проскоков струй воды устанавливают блоки меньших диаметров (0,15-0,25 м).

Гидравлическую нагрузку и нагрузку по органическим загрязнениям определяем на единицу объема загрузочного материала биофильтра. При высоте слоя загрузочного материала $H = 3$ м и диаметре биофильтра $D = 18$ м объем загрузки равен

$$V = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H}{4} = \frac{\pi \cdot 18^2 \cdot 3}{4} = 763 \text{ м}^3.$$

Тогда гидравлическая нагрузка при расходе сточных вод $Q = 20\,000$ м³/сут и подаче их на одну секцию реконструированного биофильтра составит

$$Q_{pf} = \frac{Q}{V_{pf}} = \frac{20000}{763} = 26,3 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{сут}), \text{ нагрузка по БПК}_{\text{полн}} - M = L_{\text{en}} q_{pf} = 120 \cdot 26,2 = 3145 \text{ г} / (\text{м}^3 \cdot \text{сут}), \text{ а нагрузка по БПК}_{\text{полн}} \text{ на } 1 \text{ м}^2 \text{ площади поверхности загрузочного материала} - Q_{pf} = \frac{M}{S_{уд}} = \frac{3145}{147} = 21,4 \text{ г} / (\text{м}^2 \cdot \text{сут}).$$

При такой нагрузке, принятых конструктивных параметрах загрузочного материала и средней температуре сточной воды зимой $E = 12^\circ\text{C}$ величина БПК_{полн} отработавших сточных вод после первой ступени биологической очистки составит 30%. В этом случае в качестве второй ступени можно использовать биофильтр с гравийной загрузкой, эффективность работы которого должна составлять 5-30 мг/л, т.е. эффект снижения органических загрязнений соответствует 45-50% по снижению органических загрязнений и доведению в очищенных сточных водах БПК_{полн} до 15 мг/л.

Для обеспечения надежной работы биофильтр первой ступени очистки накрывается утепленным деревянным куполом, а вертикальные стены утепляются шлаковатой с последующей защитой кровельным железом. Общий расход пластмассы составит около 60 т.

При реконструкции аэрофильтров необходимы промежуточные отстойники, рассчитанные на продолжительность отстаивания 0,5-1 ч, и отстойники после второй ступени биофильтров, рассчитанные на продолжительность отстаивания 1-1,5 ч.

При реконструкции биостанции вполне приемлемой может оказаться одноступенчатая технологическая схема биофильтрации. В этом случае требуется перегрузка обоих биофильтров на плоскую загрузку. В качестве загрузочного материала можно использовать гофрированную полиэтиленовую загрузку со следующими параметрами: $P = 95\%$, $S_{уд} = 110$ м²/м³. Загрузка также применяется в виде рулонных блоков. В этом случае высоту слоя загрузки следует принимать не менее 3 м, гидравлическую нагрузку 13,1 м³/(м³·сут), нагрузку по БПК_{полн} 1573 г/(м³·сут), а нагрузку по БПК_{полн} на 1 м² площади поверхности загрузочного материала 14,3 г/(м²·сут). При этом БПК_{полн} отработавших сточных вод составит 13-15 мг/л.

При перегрузке двух аэрофильтров требуется перекрытие деревянными щитами купола и обоих биофильтров. Выбор окончательного варианта зави-

сит от местных условий и принимается по результатам технико-экономических расчетов. Следует иметь в виду, что верхний слой биофильтров с плоскостной загрузкой в целях лучшего распределения сточной воды по поверхности загрузки и сохранения тепла в теле биофильтра в зимнее время выполняется из обрезков дренажных труб или каких-либо других пластмассовых засыпных элементов.

При реконструкции очистных сооружений пос. Н. принята одноступенчатая технологическая схема работы биофильтров с перегрузкой обеих секций (рис. 2). Существующие контактные резервуары используются для насыщения очищенных сточных вод кислородом. К резервуарам подводится воздухопровод от корпуса производственных помещений; при расходе сточных вод $883 \text{ м}^3/\text{ч}$ и вместимости резервуаров 450 м^3 время насыщения воды кислородом составляет $0,5 \text{ ч}$. Для приема сточных вод от поселка и промышленных предприятий в количестве $20\,000 \text{ м}^3/\text{сут}$ проектируется новая камера объемом 3 м^3 , к которой подключаются напорные трубопроводы; от новой камеры предусматривается лоток до существующей приемной камеры.

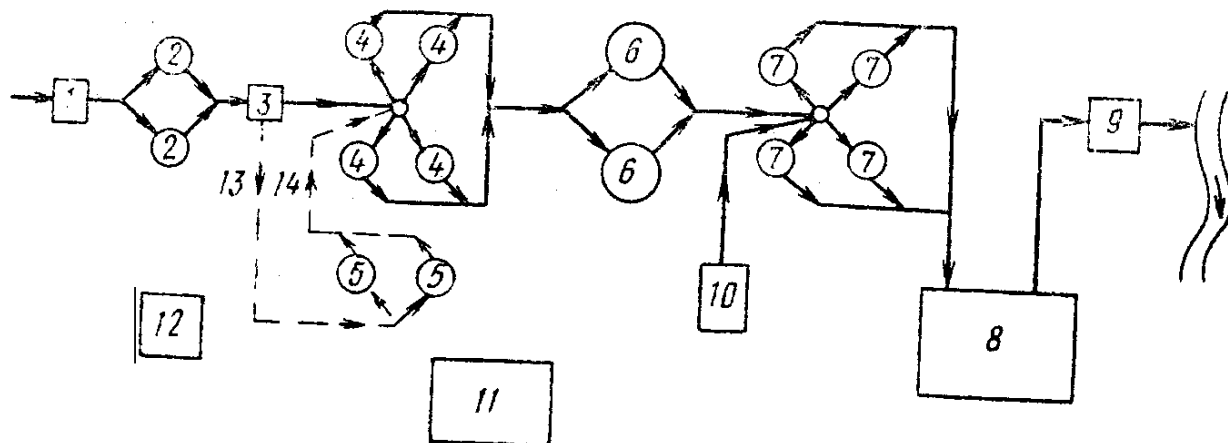


Рис. 2. Одноступенчатая технологическая схема биофильтрации: 1 – приемная камера; 2 – аэрируемые песколовки; 3 – камера с боковым водосливом; 4 – осветлители со взвешенным слоем осадка; 5 – регулирующие резервуары; 6 – биофильтры с плоскостной загрузкой; 7 – вторичные отстойники – контактные резервуары; 8 – блок песчаных фильтров; 9 – резервуары для насыщения сточных вод кислородом воздуха; 10 – хлораторная; 11 – корпус механического обезвоживания осадка; 12 – песковые бункеры и площадки; 13 – трубопровод подачи части сточных вод и регулирующие резервуары в часы максимального притока; 14 – трубопровод подачи сточных вод из регулирующих резервуаров в распределительную чашу осветлителей в часы минимального притока

Для снижения расчетных расходов сточных вод, поступающих на очистные сооружения, а также для уменьшения объемов проектируемых сооружений предусматриваются регулирующие резервуары. При наличии регулирующих резервуаров на очистные сооружения поступает среднечасовой расход сточных вод и, таким образом, все сооружения работают с постоянным гидравлическим режимом, что способствует увеличению эффекта очистки сточных вод.

Система регулирования расхода сточных вод включает камеру разделения потока с водосливом, узел отведения сточных вод в резервуары и насосную станцию возврата сточных вод в часы минимального притока. Сточные воды в резервуары подаются после песколовков.

Сточные воды из песколовков направляются в камеру с боковым водосливом. В часы максимального притока уровень жидкости в лотке поднимается, и часть расхода, превышающая среднечасовой, переливается через водослив и по сборному лотку поступает в резервуары. Если на очистные сооружения подается расход меньше расчетного расхода, то уровень воды в лотке не достигает до бокового водослива и сточные воды поступают в распределительную чашу осветлителей. В часы минимального притока сточные воды из резервуаров перекачиваются в распределительную чашу осветлителей. В течение 16 ч (с 5 до 21 ч) происходит накопление сточных вод в резервуарах. Под регулирующие резервуары оборудуются два существующих осветлителя-перегнвателя вместимостью 2000 м³ каждый.

На территории ОС предусматривается корпус обезвоживания осадков сточных вод. Осадок из осветлителей и отстойников перекачивается в корпус обезвоживания на гидроциклон для отделения песка от осадка и далее подается в две центрифуги ОГШ-50 и ГК-10 (одна рабочая и одна резервная) производительностью 15 м³/ч.

Вместо аварийных иловых площадок на 20% годового количества осадка в цехе механического обезвоживания предусматривается 100%-ный резерв оборудования. Таким образом, число центрифуг принимается равным 3 (одна рабочая и две резервные).

Обеззараживание обезвоженного осадка проектируется производить тиазоном. Обезвоженный осадок после центрифуг подается в смеситель, куда дозировано поступает тиазон. Для полного обеззараживания обработанный тиазоном осадок выдерживают в буртах, устраиваемых на площадке с твердым покрытием, которая проектируется на месте существующих иловых площадок рядом с песковыми площадками. Продолжительность выдержки в буртах должна составить 7-10 сут при температуре 10°C и до 15 сут при более низких температурах. Обеззараженный осадок может использоваться в качестве удобрения.

Корпус механического обезвоживания осадка размещается на месте существующих иловых площадок.

На площадке очистных сооружений для пропуска расчетного количества сточных вод предусматривается реконструкция лотков, расположенных между сооружениями. Дополнительно проектируются илопроводы, трубопроводы подачи биологически очищенных сточных вод на сооружения доочистки, трубопроводы технической воды, воздухопроводы. При этом проектируется прокладка дополнительных сетей (тепловых, электрических, линий связи и т.д.).

В производственном корпусе предусматриваются помещения воздуходувной и насосной станций, тепловой пункт, щитовая, бытовые помещения, диспетчерская, комната обслуживающего персонала, экспресс-лаборатория.

Годовой экономический эффект по приведенным затратам по проекту реконструкции очистных сооружений составил 128 тыс. руб. (1990 г.).

Пример 2. Расширение очистных сооружений г. Д.

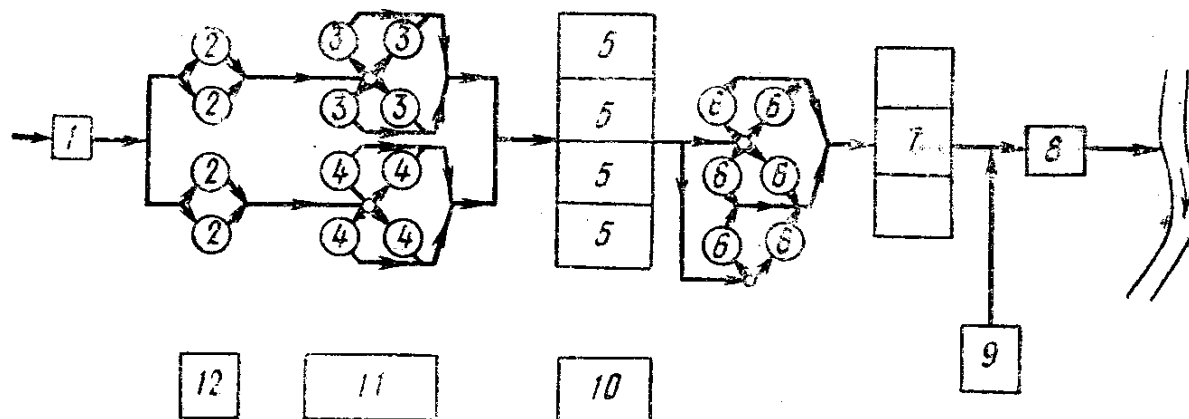


Рис. 3. Технологическая схема очистных сооружений г. Д: 1 – приемная камера; 2 – горизонтальные песколовки с круговым движением воды; 3 – первичные радиальные отстойники; 4 – двухъярусные отстойники; 5 – биологические фильтры; 6 – вторичные вертикальные отстойники; 7 – биологические пруды; 8 – контактные резервуары; 9 – хлораторная; 10 – площадки для компостирования осадка; 11 – иловые площадки; 12 – песковые площадки

Технологическая схема очистных сооружений г. Д приведена на рис. 3. Реконструкция ведется в две очереди. Расход сточных вод принят на 1-ю очередь равным $94\,658 \text{ м}^3/\text{сут}$ (расчетный – $601 \text{ м}^3/\text{ч}$) на расчетный период – $11\,530 \text{ м}^3/\text{сут}$ (расчетный $719 \text{ м}^3/\text{ч}$), при этом концентрация загрязнений по БПК_{полн} составила 198 мг/л , по взвешенным веществам 244 мг/л , средняя температура сточных вод зимой $T = 14^\circ\text{C}$. Доля производственных сточных вод (в основном от предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции и предприятий индустрии) не превышает 8%.

Наиболее сложной проблемой при расширении станции биофильтрации оказалась реконструкция биофильтров. Существующие биофильтры представлены четырьмя секциями прямоугольных в плане капельных биофильтров (размеры каждой секции $18 \times 21 \text{ м}$) с высотой слоя загрузки 2. Биофильтры выполнены из сборных железобетонных панелей с монолитной железобетонной обвязочной балкой по верху панелей, стены усилены железобетонными контрфорсами. Биофильтры устроены в открытом варианте.

При реконструкции предусматривается осуществить: выгрузку загрузочного материала биофильтров, наращивание борта на 0,5 м, замену поврежденных колосниковых решеток, а затем загрузку биофильтров щебнем крупностью фракций 25-50 мм с поддерживающим слоем крупностью фракций 70-100 мм. В ходе 1-й очереди строительства необходимо переоборудовать три биофильтра; на расчетный срок требуется переоборудовать еще одну секцию биофильт-

ра. Таким образом, при расширении станции биофильтрации было принято решение переоборудовать капельные биофильтры в высоконагруженные.

Расчеты показывают, что при $L_{en} = 198$ мг/л и $L_{ex} = 20$ мг/л в отработавших сточных водах на биофилтре при средней температуре сточных вод зимой $T = 14^{\circ}\text{C}$, удельном расходе воздуха $q_a = 12$ м³/м³ и высоте слоя загрузки высоконагружаемого биофилтра $H_{of} = 2,7$ м коэффициент K_{af} составит:

$K_{af} = \frac{L_{en}}{L_{ex}} = \frac{198}{20} = 9,9$; по таблице 38 СНиП 2.04.03-85 гидравлическая нагрузка q_{af} соответствует 10 м³/(м²·сут). Следовательно, необходимая площадь биофильтров составит:

$$\text{– на 1-ю очередь строительства: } F_1 = \frac{Q_1}{q_{af}} = \frac{9465}{10} = 946,5 \text{ м}^2;$$

$$\text{– на расчетный период } F_p = \frac{Q_p}{q_p} = \frac{11530}{10} = 1153 \text{ м}^2.$$

Площадь одного переоборудованного высоконагружаемого биофилтра равна: $F' = 378 \text{ м}^2$.

Расчеты показывают, что на расчетный период достаточно переоборудовать три капельных биофилтра в высоконагружаемые, а четвертую секцию оставить как работающий капельный биофилтр; его пропускная способность составляет 1150 м³/сут. При этом усложняется эксплуатация, но достигается общий положительный экономический эффект.

Возможен вариант замены загрузки одного капельного биофилтра на плоскостную. Если высоту слоя загрузки принять $H = 3$ м, площадь удельной поверхности загрузочного материала из гофрированного полиэтилена $S_{уд} = 110 \text{ м}^2/\text{м}^3$, его пористость $P = 95\%$, то при $L_{ex} = 198$ мг/л и требуемом эффекте очистки 90% в соответствии с пп. 6.137-6.139 СНиП 2.04.03-85 допустимая нагрузка по органическим загрязнениям составит 2200 г БПК_{полн} на 1 м³ объема биофилтра в 1 сут, что в пересчете на гидравлическую нагрузку даст 11 м³/(м²·сут). Объем загрузки реконструированного биофилтра (при $H = 3$ м) составляет 1134 м³, что, в свою очередь, обеспечит пропускную способность плоскостного биофилтра 12 374 м³/сут, а это превышает расход сточных вод на расчетный период.

Значит, после переоборудования одной секции капельного биофилтра на биофилтр с плоскостной загрузкой, последний полностью обеспечит требуемый эффект очистки и пропуск расхода сточных вод на расчетный период. Тогда оставшиеся три секции капельных биофильтров можно демонтировать, используя загрузку как строительный материал, а корпуса биофильтров можно переоборудовать под склады, использовать на другие нужды или просто снести и построить на их месте другие сооружения. Но в таком варианте реконструкции заложена потенциальная возможность совершенствования технологической схемы очистки и получения соответствующего экономического эффекта. После обработки сточных вод на биофилтре с плоскостной загрузкой и последующего отстаивания во вторичных отстойниках эти воды можно подать на три ос-

тавшиеся секции капельных биофильтров. При начальной БПК_{полн} около 20 мг/л гидравлическая нагрузка на 1 м³ объема капельных биофильтров на расчетный период составит $\frac{Q_p}{V_{зк}} = \frac{11530}{3 \cdot (21 \cdot 18 \cdot 2)} = 5,1 \text{ м}^3 / (\text{м}^3 \cdot \text{сут})$, а нагрузка по БПК_{полн} – около 100 г/(м³·сут).

При такой нагрузке эффект снижения загрязнений, видимо, соответствует 40-60%, вследствие чего БПК_{полн} снижается до 10 мг/л. Это, в свою очередь, позволит уменьшить объем и капитальных затрат, и земельных площадей.

Пример 3. Реконструкция биофильтров, расположенных в закрытых помещениях. Технологическая схема очистных сооружений станции биофильтрации рабочего поселка, расположенного в Приморском крае, приведена на рис. 4, а. Пропускная способность очистных сооружений 700 м³/сут. В настоящее время на очистные сооружения поступает около 1000 м³/сут сточных вод, а в ближайшие 2-3 года расход должен увеличиться до 1400 м³/сут (расчетный расход 27 л/с) при БПК₅ поступающих сточных вод 145 мг/л и требуемой БПК₅ в очищенных сточных водах 15 мг/л. Средняя температура сточных вод зимой T = 12°C при реконструкции предполагается выгрузка щебеночной загрузки и установка плоскостной загрузки, выполненной из гофрированных асбестоцементных листов в виде блоков, собираемых на стержнях с фиксацией расстояния между асбестоцементными листами с помощью шайбовых прокладок толщиной 15-30 мм. Площадь удельной поверхности блочной загрузки из гофрированных асбестоцементных листов в зависимости от расстояния между ними может составлять 60-10 м²/м³, при реконструкции принято S_{уд} = 80 м²/м³ (расстояние между асбестоцементными листами принято равным 22 мм). Пористость загрузочного материала P = 70%. Местные условия не позволяют выполнить требования СНиП 2.04.05-85 п. 6.138, касающиеся высоты слоя плоскостной загрузки (не менее 3-4 м). Поэтому ступенчатую технологическую схему дополняют с использованием одного из вторичных отстойников для промежуточного отстаивания избыточной биопленки. При этом предусматривается дополнительное строительство вторичных отстойников или их модернизация с целью обеспечения требуемого эффекта отстаивания при увеличении расхода поступающих сточных вод в 2 раза. Необходима модернизация и двухъярусных отстойников, например за счет установки в них тонкослойных блоков. Следует определить требуемый объем плоскостного загрузочного материала для пропуска 1400 м³/сут сточных вод и обеспечения их очистки. При общей высоте слоя загрузки двух ступеней биофильтра 4 м (2 м + 2 м), средней температуре сточных вод зимой T = 12°C (K_T = 0,138) и загрузочном материале с пористостью 70%, площадью удельной поверхности S_{уд} = 80 м²/м³ и L_{ex} = 15 мг/л допустимая органическая нагрузка по БПК₅ на 1 м² площади поверхности загрузочного материала составит

$$F = \frac{P \cdot K_m}{\eta} = \frac{70 \cdot 4 \cdot 0,138}{2,6} = 14,86 \text{ г} / (\text{м}^2 \cdot \text{сут}),$$

где η – критериальный комплекс, равный 2,6 при $L_{ex} = 15$ мг/л.

Необходимый объем загрузочного материала

$$V = \frac{QL_{en}}{M} = \frac{1400 \cdot 145}{1189} = 171 \text{ м}^3.$$

Объем одной секции биофильтра составляет $9 \cdot 12 \cdot 2 = 216 \text{ м}^3$. Следовательно, нужно произвести выгрузку только одной секции биофильтра, разделить ее пополам перегородкой, осуществить ремонт колосниковых решеток, построить дополнительные (или разделить по месту) водоотводящие лотки, выполнить вентиляционные окна, загрузить оба отделения секции плоскостным блочным материалом и перевести работу этой секции на двухступенчатую схему очистки (рис. 4, б). Вторую секцию капельного биофильтра можно оставить как резерв или при повышении санитарных требований к степени очистки использовать как третью ступень глубокой биологической очистки.

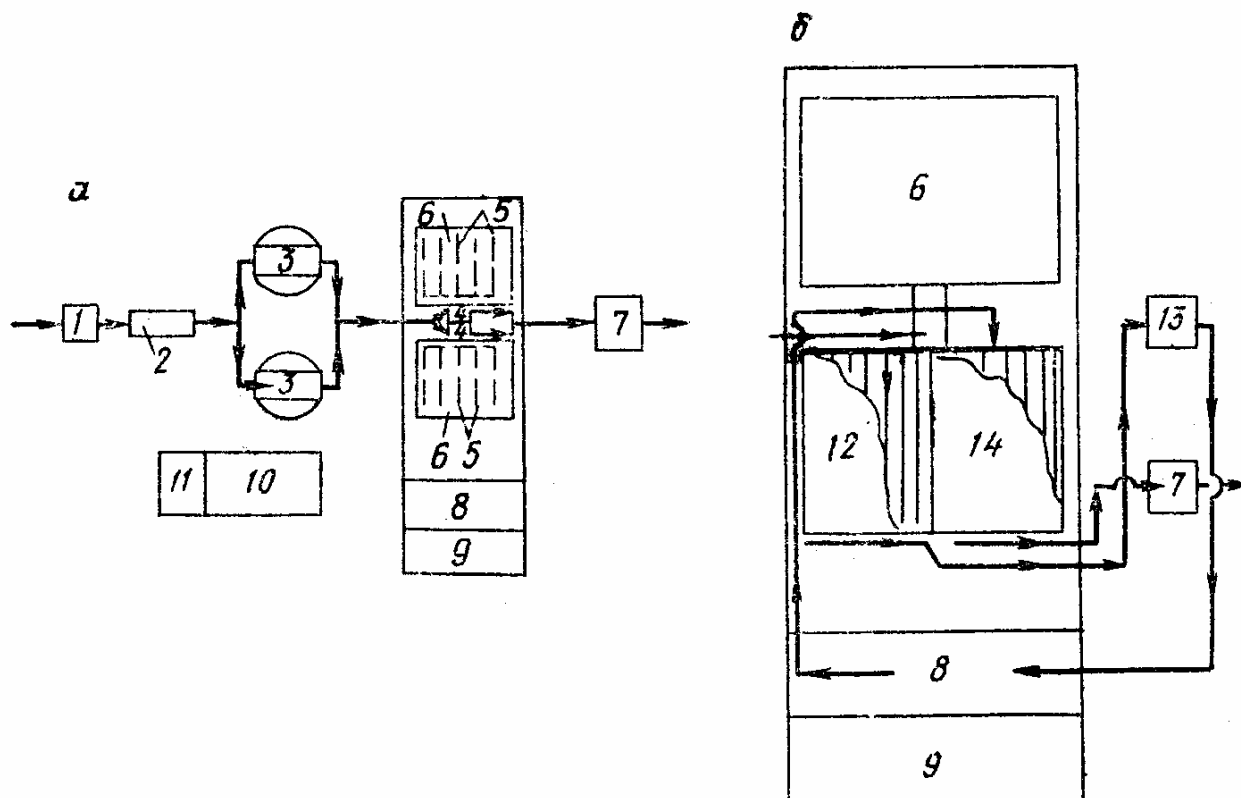


Рис. 4. Технологическая схема станции биофильтрации жилого поселка (а) и схема движения сточных вод в здании биофильтров после их реконструкции (б): 1 – приемная камера; 2 – горизонтальные песколовки; 3 – двухъярусные отстойники; 4 – дозирующие баки биофильтров; 5 – спринклерная система водораспределения; 6 – биофильтры; 7 – вторичные отстойники; 8 – насосная станция; 9 – хлораторная; 10 – иловые площадки; 11 – песковые площадки; 12 – реконструированный биофильтр 1-й ступени очистки; 13 – промежуточный отстойник; 14 – реконструированный биофильтр 2-й ступени

На каждой ступени биофильтров с плоскостной загрузкой устанавливаем по восемь лотков (сечением 0,1×0,2 м) и по 11 насадков на каждом из них. Крайние лотки устанавливаются на расстоянии 0,35 м от внутренней части ограждающей биофильтр стенки до оси лотка, промежуточные лотки – через 0,75 м. Крайние насадки устанавливаются в начале и конце лотка на расстоянии 0,35-0,5 м от стены биофильтра, а промежуточные – на расстоянии 0,75-0,85 м по осям отверстий насадков. При общей компоновке распределительных лотков насадки следует располагать в шахматном порядке с целью более равномерного орошения сточной водой поверхности биофильтра.

Пример 4. Реконструкция очистных сооружений г. Т и пос. Р. Технологическая схема очистных сооружений г. Т. приведена на рис. 5, а (I вариант). После очистки сточные воды сбрасывают в озеро.

Биофильтры состоят из двух секций размером 15×21 м в плане каждая, высота слоя загрузки 2,3 м: загрузка выполнена из гравия крупностью фракций 10-80 мм; система распределения воды – спринклерная; биофильтры расположены в отапливаемом помещении. Сооружения были рассчитаны на пропуск 2000 м³/сут сточных вод при начальной БПК₅ 200 мг/л и конечной 20 мг/л. В настоящее время на очистные сооружения поступает 2600 м³/сут при средних значениях БПК₅, ХПК и взвешенных веществ соответственно 300, 500 и 200 мг/л при рН = 7,2. Средняя температура сточных вод зимой Т = 12°С. В сточных водах содержатся в небольшом количестве СПАВ и нефтепродукты. Эффект очистки на сооружениях механической очистки по взвешенным веществам, БПК₅ и ХПК составляет соответственно 55; 40 и 50%, а в целом после биофильтров – 70; 77 и 73%, т.е. БПК₅ отработавших сточных вод, сбрасываемых в озеро, достигает 70 мг/л, вследствие чего значительно ухудшается санитарное состояние водоема. На перспективу приток сточных вод должен увеличиться до 3000 м³/сут при наличных значениях БПК₅ 340 мг/л, ХПК 550 мг/л и взвешенных веществ 210 мг/л. Доля производственных сточных вод не превышает 5-7%. Следует учесть, что г. Т. является местом туризма, в нем имеются архитектурно-исторические памятники, этнографический музей, ландшафтный заказник, а на озерах ежегодно проводятся международные, союзные и республиканские водно-спортивные соревнования, поэтому в летний период отмечаются максимальный приток сточных вод, а также более высокая концентрация загрязнений в них (в среднем на 15-20%). Эти обстоятельства в определенной мере учитывались при обосновании с обеспечением БПК₅ в очищенных сточных водах до 20 мг/л. Намечено три схемы реконструкции очистных сооружений при следующих исходных данных: летом Q = 3000 м³/сут; L_{ен} = 340 мг/л; осенью, весной и зимой – Q = 2500 м³/сут; L_{ен} = 280 мг/л.

Первая схема (рис. 5, б, I вариант). Технологическая схема работы биофильтров переводится на двухступенчатую. В качестве первой ступени применен биофильтр с плоскостной загрузкой, в качестве второй – существующие биофильтры. Сточная вода из песколовки подается в один из двухъярусных отстойников, а затем в здание биофильтров первой ступени, где расположены на-

сосы, подающие сточную воду в распределительную систему биофильтров с плоскостной загрузкой.

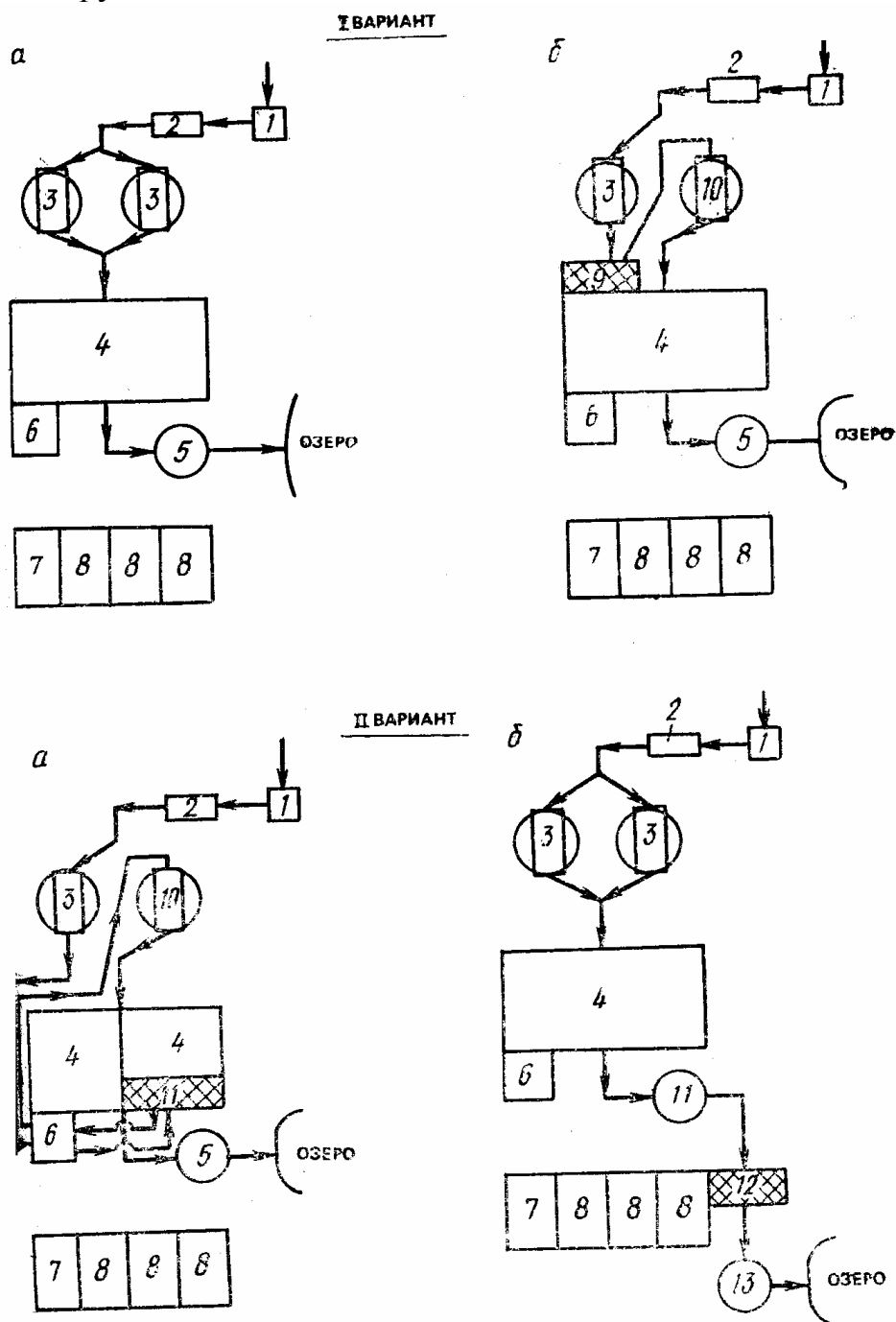


Рис. 5. Технологическая схема очистных сооружений г. Т.: 1 – приемная камера; 2 – горизонтальные песколовки; 3 – двухъярусные отстойники; 4 – биофильтры в отапливаемом здании; 5 – вторичные отстойники – контактные резервуары; 6 – насосная станция, хлораторная, помещение для вентиляторов и калориферов; 7 – песковые площадки; 8 – иловые площадки; 9 – здание биофильтров с плоскостной загрузкой (первая ступень очистки), совмещенное с насосной станцией; 10 – промежуточный отстойник (на базе двухъярусного); 11 – вторичные отстойники; 12 – биофильтр второй ступени очистки с пластмассовой загрузкой; 13 – третичный отстойник – контактный резервуар

Далее сточная вода самотеком поступает в промежуточный отстойник, где происходит отделение биопленки от обрабатываемой сточной воды, для чего используется один из двухъярусных отстойников, обеспечивающий продолжительность отстаивания 30-45 мин. Затем сточные воды поступают на биофильтры второй ступени (существующие).

Исходя из опыта эксплуатации, окислительная мощность (ОМ) по снятой БПК₅ биофильтров, расположенных в отапливаемом помещении и имеющих высоту слоя загрузки 2 м, составляет 200-250 г/(м³·сут).

Определим допустимую БПК₅ сточных вод, поступающих на вторую ступень биофильтров,

$$L_{en-2} = \frac{V_2 \cdot O \cdot M}{Q} = \frac{15 \cdot 21 \cdot 2,32 \cdot 225}{3000} = 108 \text{ мг / л},$$

где V_2 – объем секций биофильтра, м³.

Продолжительность отстаивания в отстойнике перед первой ступенью биофильтров не превышает 30-45 мин, поэтому эффект снижения органических загрязнений по БПК₅ с учетом мероприятий по интенсификации отстаивания (например, применение тонкослойных модулей) составит 20-30% и БПК₅ в сточных водах, поступающих на биофильтр с плоскостной загрузкой (первая ступень), составит $L_{en-1} = 0,75 \cdot 340 = 225$ мг/л, а требуемый эффект очистки на первой ступени

$$\Xi = L_{en-1} \frac{d_{en-2}}{L_{en-1} \cdot 100} = \frac{255 - 108}{255} = 58\%.$$

Анализ многочисленных отечественных и зарубежных данных о работе биофильтров с плоскостной загрузкой по очистке городских и производственных сточных вод различного вида показал, что существует определенная зависимость эффекта очистки сточных вод от нагрузки по органическим загрязнениям на единицу площади удельной поверхности загрузочного материала (рис. 6). Результатом обобщающей графической зависимости можно воспользоваться для ориентировочных расчетов при высоте слоя загрузочного материала не менее 3-4 м. При требуемом эффекте очистки на первой ступени биофильтра с плоскостной загрузкой допустимая загрузка на БПК₅ составит: $H = 4$ м, площадью удельной поверхности $S_{уд} = 100$ м²/м³, пористостью 3-95%, плотностью $\gamma = 50$ кг/м³. Определим общий объем загрузочного материала и площадь поверхности биофильтров

$$V_1 = \frac{Q \cdot L_{en-1}}{F \cdot S_{уд}} = \frac{3000 \cdot 255}{52 \cdot 100} = 147 \text{ м}^3,$$

$$S = \frac{V_1}{H} = \frac{147}{4} = 37 \text{ м}^2.$$

Принимаем две прямоугольные секции размером 4,3×4,3 м каждая или круглые в плане диаметром 4,9 м каждая и размещаем их в отапливаемом здании, выполненном из легких ограждающих конструкций, например из асбесто-

цементных листов по металлическому каркасу. Общий расход пластмассы составит 7,5 т.

Вторая схема (рис. 5, а, II вариант). Осуществим частичную выгрузку гравийной загрузки из одной секции биофильтра, а затем, произведя соответствующие строительные работы (устройство сплошной стенки перегородки, наращивание стен, демонтаж и переустройство части перекрытий и др.), загрузим пластмассовой загрузкой с конструктивными параметрами, аналогичными параметрам загрузки в первом варианте, и высотой слоя $H = 4$ м. Поскольку самотечное поступление воды на первую ступень биофильтра невозможно, ее необходимо после одного из двухъярусных отстойников по трубопроводу отвести в приемный резервуар насосной станции и с помощью насосов перекачать в распределительную систему первой ступени биофильтра с плоскостной загрузкой, а затем насосами снова подать в другой двухъярусный отстойник, используемый в качестве промежуточного отстойника между первой и второй ступенями биофильтров. После промежуточного отстойника сточная вода поступает на вторую ступень биофильтра с объемной гравийной загрузкой и далее – по существующей технологической схеме.

Следует проверить конструктивные размеры биофильтров, их пропускную способность и эффективность работы. Приняв размеры биофильтра первой ступени 15×3 м в плане и 4 м высотой, определим нагрузку на 1 м^2 удельной площади поверхности загрузочного материала:

$$F = \frac{Q \cdot L_{\text{en}} - 1}{V_1 \cdot S_{\text{уд}}} = \frac{3000 \cdot 255}{(4 \cdot 3 \cdot 15)100} = 42,5 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$$

Зависимость $Z = f(F)$

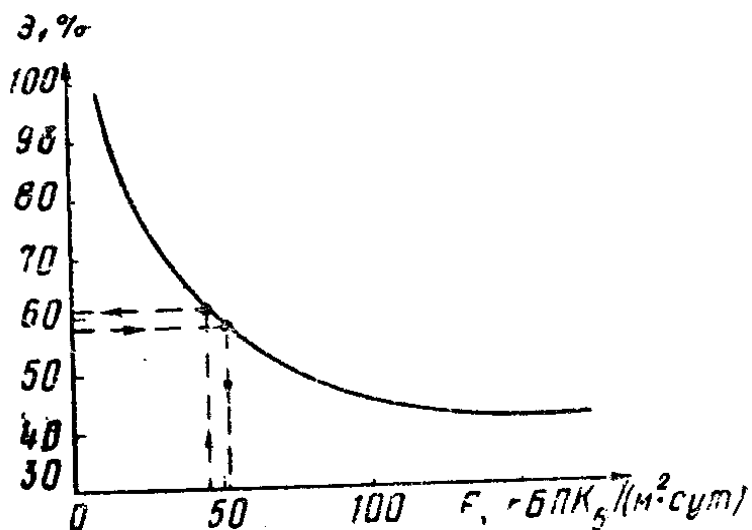


Рис. 6. Зависимость $Z = f(F)$

По рис. 6 – эффект очистки, который при такой нагрузке достигает 61%. Подсчитаем БПК₅ сточных вод, поступающих на вторую ступень биофильтра, и

объем загрузочного материала, необходимый для обеспечения требуемого эффекта очистки на второй ступени биофильтра

$$L_{en-2} = 0,39 \cdot L_{en-1} = 0,39 \cdot 255 = 99 \text{ мг/л};$$

$$V_2 = \frac{Q \cdot L_{en-2}}{O \cdot M} = \frac{99 \cdot 3000}{225} = 1320 \text{ м}^3.$$

После переоборудования одной из секций биофильтра с объемной гравийной загрузкой на плоскостную общий объем гравийной загрузки составил 1337 м^3 , что вполне достаточно для обеспечения требуемого эффекта очистки. Общий расход пластмассы составит 9 т.

Третья схема (рис 5, б ,II вариант). Рельеф местности на территории очистных сооружений позволяет рассмотреть еще один вариант двухступенчатой биологической очистки; при этом в качестве второй ступени принимаются биофильтры с плоскостной загрузкой. Вода на них может подаваться самотеком. Биофильтры второй ступени и третичные отстойники располагаются около иловых площадок. Схема движения воды аналогична существующей, но после вторичных отстойников сточные воды подаются самотеком на биофильтры с плоскостной загрузкой, а затем в третичные отстойники – контактные резервуары. Просчитать этот вариант можно лишь ориентировочно, поскольку эффективность очистки сточных вод по органическим загрязнениям (по БПК₅) в значительной мере зависит от надежности работы первичных отстойников. Во всяком случае требуется их модернизация или расширение для обеспечения нормативных показателей очистки, например по БПК не менее 40%. Если исходить из этой эффективности, то БПК₅ сточных вод, поступающих на биофильтр первой ступени (гравийный), будет равна $L_{en-1} = 0,6 \cdot 340 = 204 \text{ мг/л}$.

Нагрузка по БПК₅ на единицу объема биофильтра составит

$$M = \frac{Q \cdot L_{en-1}}{V_1} = \frac{204 \cdot 3000}{1450} = 422 \text{ г/(м}^3 \cdot \text{сут)},$$

что обеспечит эффект снижения загрязнений по БПК₅ в пределах 70-80%. Следовательно, на биофильтр второй ступени сточная вода будет подаваться с $L_{en-2} = 51 \text{ мг/л}$.

Приняв тот же вид загрузки, что и в предыдущих вариантах, определим допустимую нагрузку по органическим загрязнениям при $L_{ex} = 20 \text{ мг/л}$ и $\eta = 2,25$, назначив $P = 3 \text{ м}$, получим

$$F = \frac{95 \cdot 3 \cdot 0,138}{2,25} = 17,5 \text{ г/(м}^2 \cdot \text{сут)},$$

а требуемый объем загрузки второй ступени биофильтра составит

$$V_2 = \frac{Q \cdot L_{en-2}}{F \cdot S_{уд}} = \frac{51 \cdot 3000}{15,5 \cdot 100} = 88 \text{ м}^3.$$

Принимаем две секции биофильтра квадратные в плане с размером каждой секции $4 \times 4 \text{ м}$ и располагаем их в отапливаемом здании из легких ограждающих конструкций. Расход пластмассы составит 5 т.

Этот расчет произведен на летний период. Следует сделать проверку на эффективность работы биофильтра в остальное время года, когда ожидается

уменьшение притока сточных вод до $Q' = 2500 \text{ м}^3/\text{сут}$ и органических загрязнений до $L'_{\text{en}} = 280 \text{ мг/л}$. В этом случае эффективность работы сооружений механической очистки будет выше и на биофильтр первой ступени будет поступать сточная вода с концентрацией органических загрязнений $L'_{\text{en-1}} = 145 \text{ мг/л}$. Определим нагрузку по БПК₅ на единицу объема первой ступени биофильтра:

$$M = \frac{Q \cdot L'_{\text{en-1}}}{V_1} = \frac{2500 \cdot 145}{1450} = 250 \text{ г}/(\text{м}^3 \cdot \text{сут}).$$

При такой нагрузке и окислительной мощности $OM = 200\text{-}250 \text{ г}/(\text{м}^3 \cdot \text{сут})$ (при высоте слоя загрузки $H = 2 \text{ м}$, а в нашем случае $H = 2,3 \text{ м}$) будет обеспечена полная биологическая очистка с БПК₅ очищенных сточных вод $15\text{-}20 \text{ мг/л}$, поэтому целесообразно, проверив в реальных условиях эксплуатации полученные расчетные данные, работу летом выполнять в две ступени, а в остальное время года вторую ступень (биофильтры с плоскостной загрузкой) отключать. Это позволит биофильтры второй ступени располагать на открытом воздухе, устраивая лишь легкий навес над поверхностью загрузки.

После сравнения трех рассмотренных схем с учетом надежности работы реконструируемых сооружений, экономических факторов и условий технологии и организации производства строительно-монтажных работ по реконструкции действующих сооружений была принята первая схема.

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

РАЗДЕЛ 1. ВОДОСНАБЖЕНИЕ

Тема 1. Водопроводные сети

1.1. Краткий обзор развития инженерных сетей и сооружений водоснабжения

Первые сведения об искусственных сооружениях для добывания воды – колодцах – относятся к III тысячелетию до н.э. В Древнем Египте уже имелись простейшие механизмы для подъема воды из колодцев – наподобие “журавлей”. Вавилоняне поднимали воду с больших глубин при помощи приспособлений с использованием блоков и норий. В водопроводах Египта и Вавилона для подачи воды из резервуаров применялись трубы гончарные, деревянные, металлические – свинцовые и медные. В Древнем Китае для водоснабжения использовались весьма глубокие колодцы, из которых воду доставали с помощью воротов или блоков.

В период расцвета Древней Греции и Рима существовали уже большие централизованные системы водоснабжения. Рим императорской эпохи имел несколько водопроводов. Вода подавалась к городу самотеком по каналам. При пересечении долин или оврагов каналы прокладывались по специальным мостам – акведукам. Акведуки, сохранившиеся частично до наших дней, представляют собой интересные образцы древнего инженерного искусства. В городе вода подводилась к центральным резервуарам, откуда по трубам большая часть подавалась к дворцам и домам патрициев, к общественным баням и купальням, меньшая часть – к общественным фонтанам и бассейнам для населения.

Начальные сведения об устройстве централизованных городских водопроводов в других странах Европы относятся к XII веку. В конце XII века построен первый самотечный водопровод в Париже. В XIII веке начинается централизованное водоснабжение Лондона. К началу XV века относятся сведения об устройстве водопроводов в немецких городах.

Из древних водопроводных устройств в маловодных районах Средней Азии частично сохранились своеобразные сооружения для сбора грунтовых вод – кяризы (подземные галереи). В Крыму найдены вырубленные в скалах емкости для сбора атмосферных вод. В Новгороде на территории княжеской резиденции (Ярославова дворища) при раскопках обнаружен самотечный водопровод из деревянных труб постройки XI-XII веков. Имеются сведения о самотечном водопроводе из гончарных труб, построенном в Грузии в начале XIII века.

В XII-XIV веках в ряде русских городов были построены водопроводы для крепостей. В XV веке был сооружен самотечный родниковый водопровод для

Московского Кремля. В 1631 г. в Кремле был сделан водопровод, который подавал воду с помощью “водовозводной машины” в водонапорную башню. Для транспортирования воды от водонапорной башни к местам потребления использовались свинцовые трубы. В 1718 г. по приказу Петра I был сооружен водопроводный канал для Летнего сада в Петербурге. В 1721 г. сооружаются знаменитые Петергофские фонтаны, которые по своим масштабам и совершенству водопроводной техники превосходят Версальские фонтаны. При Петре I начато возведение родникового водопровода в Царском селе, законченное в 1749 г. Для Царского села был построен речной водопровод длиной более 15 км с забором воды из реки Таицы.

В 1804 г. закончилось сооружение первого московского городского водопровода, который подавал в город самотеком грунтовую воду из села Б. Мытищи на расстояние 16 км. Сохранился акведук для перехода долины реки Яузы. В 1898 г. около Рижского вокзала были возведены Крестовские водонапорные башни, в которые вмонтированы стальные баки вместимостью по 1875 м³ каждый, расположенные на высоте 30 м над поверхностью земли.

Сооружались водопроводы и в других городах. В течение XIX века в России были построены еще 64 городских водопровода.

Развитие техники обусловило строительство фабрично-заводских водопроводов. В то же время сброс промышленных сточных вод в открытые водоемы привел к их сильному загрязнению и поставил вопрос об изыскании источников чистой воды. Применение паровых насосов позволило значительно увеличить дальность транспортирования воды. Так постепенно создавались централизованные системы водоснабжения городов и промышленных предприятий.

Водоснабжение Владивостока

Источником водоснабжения поста Владивосток служили родники и мелкие речки. С ростом численности населения такое водоснабжение города сдерживало его развитие, что подтолкнуло к созданию первых проектов (1893, 1902, 1909 гг.) централизованного хозяйственно-противопожарного водоснабжения. К концу XIX века на некоторых предприятиях были построены ведомственные водопроводы, использующие в основном грунтовые воды. В начале XX века сооружены три ведомственных пруда на Госпитальном ручье, канал, водовод и водоочистная станция со скорыми фильтрами. Этот водопровод обеспечивал водой порт, морское ведомство и небольшую часть населения. В устье Первой речки были вырыты 14 инфильтрационных колодцев для водоснабжения железнодорожного узла, на Суифуне – артезианский колодец производительностью 123 м³/ч.

В 1936 г. заключенными было построено Седанкинское (Пионерское) водохранилище. В настоящее время кроме него действуют и другие: Богатинское (Лянчихинское) водохранилище, Артемовский гидроузел, Шкотовский водозабор.

1.2. Интенсификация работы водонапорных башен в системе водоснабжения

Водонапорные башни – сооружения в системе водоснабжения для регулирования напора и расхода воды в водопроводной сети, создания её запаса и выравнивания графика работы насосных станций. Регулирующая роль водонапорной башни заключается в том, что в часы уменьшения водопотребления избыток воды, подаваемой насосной станцией, накапливается в водонапорной башне и расходуется из нее в часы увеличенного водопотребления. Водонапорные башни устанавливаются, как правило, в начале и в конце водопроводной сети, а также собственно на площадках станций водоподготовки.

Основные рабочие характеристики водонапорных башен – емкость бака и расстояние до низа бака (рабочая высота башни). Основными материалами, применяемыми для строительства сооружений такого типа, являются бетон, железобетон, кирпич, бутовый камень и сталь. Башни бывают как бесшатровыми (с утепленным баком), так и шатровыми с павильоном вокруг бака.

Основным решением по интенсификации работы водонапорных башен является различное использование внутреннего пространства ствола данного сооружения.

Историческая справка. Водонапорная башня состоит из бака (резервуара) для воды, обычно цилиндрической формы, и опорной конструкции (ствола). Высота водонапорной башни (расстояние от поверхности земли до низа бака) обычно не превышает 25 м, в редких случаях – 30 м; ёмкость бака – от нескольких десятков м³ (для малых водопроводов) до нескольких тысяч м³ (в больших городских и промышленных водопроводах). Опорные конструкции выполняются в основном из стали, железобетона, иногда из кирпича, баки – преимущественно из железобетона и стали. Водонапорные башни оборудуются трубами для подачи и отвода воды, переливными устройствами для предотвращения переполнения бака, а также системой замера I уровня воды с телепередачей сигналов в диспетчерский пункт. Водонапорный резервуар, в отличие от водонапорной башни, не имеет опорной конструкции (ствола), но устанавливается на возвышенных отметках местности. Иногда водонапорные резервуары служат для хранения пожарного и аварийного запасов воды. В современных системах водоснабжения наибольшее распространение получили резервуары из железобетона, в том числе предварительно напряжённого. Для водонапорных башен, построенных раньше первой половины XX века, были характерны такие черты, как оригинальный и нестандартный внешний вид, более похожий на общественный или жилой дом, использование различных местных материалов и отличные прочностные характеристики основных строительных конструкций.

Пример: г. Владимир, Водонапорная башня во Владимиро-Суздальском музее-заповеднике

Памятник инженерно-технической и промышленной архитектуры начала XX века. Потребность г. Владимира в водонапорной башне возникла при прокладке водопровода в 1860 г. Первый проект водонапорной башни предполагал оборудование ее в бездействующей надвратной церкви Золотых ворот. Этот

проект состоялся. Позже водонапорную башню построили на Козловом валу. В 1912 г. то здание было совершенно перестроено по проекту архитектора-художника С.М. Жарова. Здание представляет собой трехъярусное сооружение из красного кирпича в псевдорусском стиле, имеющее в плане форму цистерны (вытянутого вала) и расширяющееся кверху, как крепостная башня. Украшением служат окна, разной высоты в каждом ярусе, и кирпичный декор – стрельчатые арки и прямоугольные сандрики над окнами; два пояса арочных ниш, имитирующих “машикули”; карнизные валики, разделяющие ярусы. Здание реставрировано в 1970 г.

Наверху башни, где помещался резервуар, устроена смотровая площадка с невысоким шатром.

Основные мероприятия по интенсификации работы водонапорных башен. Увеличение емкости резервуаров водонапорных башен

Рабочая емкость бака водонапорной башни рассчитывается на основе графика водопотребления города и ступенчатой работы насосной станции второго подъема (классический случай). Но при интенсивном росте города можно столкнуться с проблемой нехватки рабочего объема емкости данного сооружения. Эта проблема может быть решена строительством дополнительных резервуаров чистой воды у подножья башни с дополнительной насосной станцией подкачки, иногда бывает достаточно использовать имеющиеся строительные объемы готовых сооружений. При достаточной прочности ствола башни можно увеличить рабочий объем бака башни за счет монтажа нового выполненного из более легких, но не менее прочных материалов – например, из секций трехслойной конструкции, содержащей наружную и внутреннюю силовые оболочки из намоточного высокопрочного на растяжение – сжатие стеклопластика и срединного несущего слоя из жесткого высокопрочного на сжатие огнестойкого материала, которые стянуты друг с другом трансверсальными стержневыми элементами из высокопрочного на поперечный срез материала. Смежные секции могут быть смонтированы одна на другой телескопически так, что торец одной из них упирается в торец срединного слоя смежной секции, утопленный относительно торцевого среза, по крайней мере, одной из ее силовых стеклопластиковых оболочек, образующей посадочное кольцевое гнездо для телескопического присоединения смежной секции. Способ изготовления секции башенного сооружения включает изготовление ее внутренней и наружной стеклопластиковых оболочек методом намотки на оправку пропитанного полимерным связующим стекловолоконистого полуфабриката и срединного несущего слоя. Изготовленные намоткой стеклопластиковые наружную и внутреннюю оболочки устанавливают торцевыми поверхностями на горизонтальную плиту коаксиально относительно друг друга с помощью уложенного на плите центрующего их кольца, входящего своим плоским горизонтальным торцом в кольцевой зазор между коаксиальными гексопластиковыми оболочками на глубину, равную глубине утапливания торцевой поверхности формируемого срединного несущего слоя, и заполняют кольцевой зазор слоями вязкотекучей композиции технологического раствора заподлицо с верхними торцевыми сре-

зами наружной и внутренней стеклопластиковых оболочек. Технический результат: упрощение конструкции и повышение технологичности многослойных башенных сооружений, снижение трудоемкости и стоимости их возведения, эксплуатации и ремонта.

Также для увеличения емкости водонапорной башни может быть использована технология превращения водонапорной башни в водонапорный резервуар, т.е. строительство нового бака внутри ствола башни. Но при этом должны соблюдаться требования ГОСТ 2874-82 “Вода питьевая, гигиенические требования, контроль за качеством”, т.к. может происходить застой воды в резервуаре в часы минимального водопотребления. Для предотвращения этого можно разделить рабочий объем резервуара на несколько частей (как горизонтальными, так и вертикальными) перегородками и эксплуатировать только некоторые секции резервуара при минимальном водопотреблении (зимой).

Можно также предусмотреть искусственную циркуляцию воды в резервуаре за счет побудителей, типа мешалок, приводимых в движение энергией ветра или электричества.

Объединение водонапорных башен с очистными сооружениями. Внутреннее пространство ствола водонапорной башни может быть использовано для монтажа различного вида оборудования связанного с очисткой питьевой воды. Например, можно использовать установку, предназначенную для обезжелезивания природных и сточных вод, которая содержит водонапорную башню, включающую бак с гидродинамическим напором, размещенным над камерой хлопьеобразования с вертикальной трубой, снабженной наклонными элементами тонкослойного модуля отстойника, и ствол с осадочной частью.

В нижней части башни расположен колпачковый дренаж с размещенной на нем каталитической фильтрующей загрузкой и вертикальным стояком, сообщенным с поддонным пространством и соединенным с системой трубопроводов исходной осветленной воды. Это позволяет повысить качество обезжелезивания обрабатываемой воды и производительность установки.

Башни Рожновского. Башни Рожновского предназначены для водоснабжения поселков и отдельных предприятий. Башня состоит из бака, водонапорной опоры, крыши бака с люком для осмотра. Внутри стенки бака башни Рожновского приварены скобы льдоудерживателя, а также скобы для спуска обслуживающего персонала. Для подъема на башню существует наружная лестница с предохранительным соединением. Оборудование башни состоит из напорноразводящего трубопровода, переливной и спускной труб.

Башни Рожновского могут быть оборудованы системой управления насосным оборудованием, содержащей управляемый коммутируемый элемент, насос, устройство непрерывного преобразования измеряемого параметра в электрический унифицированный токовый выходной сигнал (УНП), регулируемый датчик уровня (ЗУ), два элемента сравнения (ЭС) и часы реального времени. Выход УНП объединен с первым входом ЭС, а выход регулируемого ЗУ соединен со вторым кодом ЭС. Часы реального времени соединены со входом регу-

лируемого ЗУ, а блок первого ЭС соединен со входом управляемого коммутируемого элемента.

Башни Рожновского представляют собой металлическую типовую конструкцию, серийно производимую и активно внедряемую в систему водоснабжения отдельных небольших объектов, – коттеджных поселков, промышленных предприятий, объектов сельского хозяйства, различных временных потребителей и для хранения пожарных расходов воды. Полезная емкость башни колеблется от 15 до 300 м³. Высота башни составляет в среднем 12-18 м. Толщина стенки ствола 12-18 мм, диаметр ствола – 1020, диаметр накопителя – 2500-2700 мм. Цена от 189 тысяч рублей.

В централизованной системе водоснабжения коттеджных поселков водонапорные башни Рожновского могут быть использованы в системе напорных регулирующих емкостей (баков-гидроаккумуляторов), связанных с скважинным водозабором, установкой ультрафиолетового обеззараживания и обратно-осмотическим фильтром, установленными перед распределительной сетью.

1.3. Современное состояние систем водоснабжения. Методы восстановления и ремонта подземных трубопроводов

В процессе эксплуатации трубопроводы подвергаются коррозии как с наружной стороны (агрессивное воздействие грунта и блуждающие токи), так и с внутренней (транспортируемой водой). Нередки случаи, когда за 4-6 месяцев эксплуатации пропускная способность уменьшается на 25-50%.

Перечислим методы восстановления и ремонта трубопроводов.

1. Восстановление полиэтиленовыми трубами. Анализ предлагаемых методов восстановления подземных трубопроводов показывает, что наиболее приемлемым с технической точки зрения способом является использование изношенных трубопроводов в качестве футляра для протяжки в нем нового трубопровода из полиэтиленовых труб. Этот метод восстановления изношенного трубопровода позволяет уменьшить объем земляных работ и восстановления дорожных покрытий, исключить операции по защите трубопровода от коррозии.

Обычно для такого решения выбирают прямолинейный участок трубопровода, предварительно очищенный от продуктов коррозии. Очистка для эксплуатационных служб является обычной профилактикой, и методы ее достаточно отработаны. Почему полиэтиленовые трубы? Полиэтилен – наиболее широко освоенный промышленностью полимер. Обработанность технологии, низкая стоимость, высокие прочностные характеристики сделали его одним из самых распространенных материалов для трубопроводов.

2. Новейшая технология “ТРАЙТОН”, не имеющая аналогов в мире, разработана для ремонта трубопроводов из различных материалов (сталь, чугун, бетон и т.д.) и различных сред (газ, вода, горячая вода и др.), а также для обработки новых труб для строительства нефтегазопроводов.

Технология “ТРАЙТОН” заключается в центробежном напылении специальных составов на внутреннюю поверхность трубы. Состав выбирается в зави-

симости от назначения трубопровода и условий его эксплуатации. Напыляемый состав в процессе работы постоянно подогревается до температуры 50-70°C, что позволяет производить напыление практически при любых температурах окружающего воздуха. Толщина покрытия может быть от 1 до 6 мм за один проход. Максимальная длина ремонтируемого участка трубопровода составляет 180-200 м.

Оборудование “ТРАЙТОН” обеспечивает полный компьютерный контроль технологии, что определяет качество и экономичность нанесения покрытия. Трубопроводы, восстановленные по этой технологии, защищены от внутренней коррозии и могут прослужить после ремонта еще не менее 50 лет. Главным преимуществом технологии является более высокая скорость производства работ и экономичность за счет оригинальности и простоты технических решений.

3. Технология “химической спайки” предназначена для герметизации стыков и устранения протечек в трубопроводах методом впрыскивания в зоне трубопровода с дефектом специального раствора. Заполняя неплотности в трубопроводе, раствор выдавливается через них в грунт, образуя герметичный “воротник”. Многолетний опыт применения химической герметизации показал, что это наиболее эффективный и экономичный способ борьбы с проникновением грунтовых вод в трубопроводы, колодцы и другие подземные сооружения. Система автоматизирована, что обеспечивает качественное, быстрое и экономичное выполнение работ.

4. Теледиагностика трубопроводов.

Рабочая станция на автомобиле. Станция монтируется в фургоне и может устанавливаться на шасси различных грузовиков. Оборудование рабочей станции позволяет автономно выполнять работы по телеинспекции трубопроводов от 150 мм до 5 м, а также колодцев и скважин диаметром от 100 до 750 мм глубиной до 3000 м. Оснащение рабочей станции:

а) гусеничный транспортер применяется для телеинспекции трубопроводов диаметром от 150 до 910 мм, компактный и работоспособный (длина 61 см);

б) колесный транспортер “Мадмастер” разработан для телеинспекции трубопроводов диаметром от 600 мм до 5 м. Управление телекамеры, подъемника, освещения и движение транспортера производится одним джойстиком;

в) поплавков для телеинспекции частично заполненных трубопроводов и коллекторов диаметром от 600 мм до 5 м. Размеры поплавка – 450×106 мм;

г) самоходная система, обеспечивающая одновременное обследование основных магистралей диаметром от 150 до 600 мм и боковых трубопроводов диаметром от 50 до 150 мм;

д) цветная поворотная телекамера “Ночная сова” – уникальная камера для телеинспекции труб диаметром от 150 мм.

1.4. Трубопроводы подземной прокладки, оценка безотказности и прогнозирование долговечности

В условиях нормальной эксплуатации (и тем более при низкой агрессивности окружающей среды) можно допускать весьма значительное число аварийных ремонтов, тем самым обеспечивая увеличение долговечности участка трубопровода без существенного ухудшения качества их функционирования по социальному критерию. Экономическая целесообразность и, в значительной мере, экологическая безопасность продления срока эксплуатации определяется соотношением материальных затрат (и экологического ущерба), связанных с аварийной ситуацией и ее устранением, с одной стороны, и, с другой стороны, выполнением работ по реновации участка.

Материальные затраты и экологический ущерб при производстве плановых и аварийных работ незначительно варьируются в однотипных условиях.

Вне зависимости от используемых технических средств, в общем виде обнаружение неисправности на участке трубопровода по результатам мониторинга осуществляется следующим образом:

- в назначенные моменты времени проводятся освидетельствования, позволяющие обнаружить отказ или признаки предельного состояния участка трубопровода;
- при их обнаружении определяется время начала выполнения восстановительных работ. Они могут быть назначены незамедлительно или приурочиваются к перспективному ремонту;
- при выявлении признаков отказа или предельного состояния назначается аварийный ремонт или реновация участка.

Отличительной особенностью эксплуатации участков трубопроводов по результатам мониторинга является зависимость между входящими в его состав надежностными и организационными эксплуатационными событиями. В первую очередь это оказывает влияние на продолжительность неработоспособного состояния объекта, величина которой определяется одновременно интервалом времени между двумя последовательными осмотрами, безошибочностью действий при принятии решений по срокам выполнения восстановительных работ, а также оперативностью их проведения.

Строго говоря, техническая экспертиза участков трубопроводов может проводиться различными способами – с неизменным периодом (периодическая экспертиза) и с индивидуальным назначением каждого момента освидетельствования (последовательная экспертиза). Однако значительные организационные и технические сложности, связанные с проведением последовательной экспертизы, делают этот подход на современном этапе практически неприемлемым.

Таким образом, если основным источником информации о техническом состоянии являются периодические освидетельствования, то их следует проводить с периодичностью, не превышающей удвоенного значения допустимой продолжительности неработоспособного состояния участка трубопровода.

Для анализа экономической эффективности мониторинга состояния участков трубопроводов необходимо учитывать следующее. Выполнение каждого технического освидетельствования вызывает потребность в материальных ресурсах C_{oc} . Неисправное состояние участка трубопровода определяет удельные издержки C_{nc} . Тогда неисправность, возникающая в любой момент между k -й и $(k + 1)$ -й освидетельствованиями, вызывает следующие эксплуатационные затраты:

$$\int_{z_k}^{z_{k+1}} ((k + 1)C_{oc} + C_{nc}(z_{k+1} - z))dF(z).$$

Поскольку неисправность может возникнуть после любой технической экспертизы, то для вычисления общих ожидаемых эксплуатационных издержек нужно просуммировать предыдущее выражение по всем возможным значениям k и прибавить затраты, связанные с выполнением плановой реновации участка.

Выполненные расчеты позволяют сделать следующие выводы:

1. Для большинства практических ситуаций существует такое значение периодичности мониторинга участка трубопровода, при котором интенсивность эксплуатационных затрат принимает минимальное значение.

2. Относительная стоимость аварийного ремонта несущественно воздействует на оптимальный период технической диагностики участков трубопроводов и в большинстве практических задач может не учитываться.

3. Расходы на выполнение технических освидетельствований оказывают существенное влияние на оптимальную периодичность их проведения, особенно при относительно незначительной стоимости теряемой при разливах воды. Это обстоятельство особенно важно при разработке систем непрерывного мониторинга за состоянием трубопроводов.

4. Важное значение выполнения технических освидетельствований строго в оптимальные моменты времени подтверждает тот факт, что интенсивность эксплуатационных затрат значительно (а при больших удельных относительных издержках, связанных с неисправным состоянием, несоизмеримо) меньше экономического риска от возможных отказов участков трубопроводов.

Выводы

1. Долговечность участков подземных трубопроводов в значительной мере управляема на стадии их эксплуатации путем назначения условий реновации и мониторинга технического состояния.

2. В настоящее время разработаны теоретические основы управления долговечностью участков подземных трубопроводов, позволяющие оптимизировать сроки их реновации, выбор технических средств и периодичность мониторинга по критериям социальной защиты интересов жителей, экологической безопасности и экономической эффективности эксплуатации.

3. Полученные результаты целесообразно использовать в техническом регламенте, разработанном по закону “О техническом регулировании”, поскольку эти результаты позволяют выполнять количественную оценку обеспечения бла-

гоприятных условий жизнедеятельности людей, оценивать степень защищенности окружающей среды и рациональность использования водных и энергетических ресурсов, а также определять направления по снижению эксплуатационных затрат.

Тема 2. Водозаборные сооружения

2.1. Химические качества воды в местах водозабора

1. *Фильтрационное устройство для обезжелезивания подземных вод с применением сорбентов.*

Изобретение относится к водоподготовке, в частности к очистке воды от железа с применением сорбентов, и может быть использовано для очистки питьевой воды, а также технологических вод в пищевой и других отраслях промышленности, где предъявляются жесткие требования к содержанию железа в воде.

Железо присутствует в природных водах в формах, зависящих от величины рН и окислительно-восстановительного потенциала. Оно может находиться в формах 2- и 3-валентных ионов, органических и неорганических коллоидов, комплексных соединений гидроксидов железа с другими соединениями [Николадзе Г.Й. Технология очистки природных вод. Учебник для вузов М., Высшая школа, 1987].

Железо присутствует и в водопроводной воде и может увеличиваться в процессе транспортирования ее по стальным и чугунным трубам в результате загрязнения воды продуктами коррозии.

При использовании воды с высокой тепловой нагрузкой в процессе эксплуатации котлов, трубопроводов образуются накипи, в большинстве случаев имеющие смешанный характер, иногда со значительным преобладанием окислов, фосфатов железа, меди, кальция.

В соответствии с рекомендациями Всемирной организации здравоохранения и требованиям по “Санитарным правилам и нормам (СанПиН) по питьевой воде” № 2141074-2001 концентрация железа в воде не должна превышать 0,3 мг/л. Такие жесткие требования обусловлены тем, что повышенное содержание железа, неблагоприятно влияет на организм. Например, при продолжительном использовании воды с высоким содержанием железа оно накапливается в печени в виде коллоидных оксидов железа, получивших название гемосидрин, который вредно воздействует на клетки печени, вызывая их разрушение.

Техническим результатом предлагаемого изобретения является возможность очистки воды от железа пропусканием ее через гранулированный фильтрующий материал, в качестве которого использовали обожженную при 800°С доломитовую фракцию 0,3-1,5 мм, затем остуженную до 150° С и обработанную солями марганца. Пропитка материала раствором солей марганца приводит к тому, что вся поверхность сквозных пор гранулы материала покрывается диоксидом марганца, который образуется за счет сушки материала при повышенных температурах.

Диоксид марганца является катализатором окисления железа и марганца и позволяет окислить эти элементы кислородом воздуха за время контакта очищаемой воды с фильтрующей загрузкой при скоростях потока 10-15 м/ч.

Кроме того, к недостаткам способа по пропитке следует также отнести и сложность подготовки сорбента, что в целом увеличивает затраты на очистку воды. Технической задачей предлагаемого изобретения является разработка способа, позволяющего повысить степень очистки воды.

Поставленная задача решается тем, что сначала очищаемую воду пропускают через фильтрующий материал, где в качестве первого слоя используют природный минерал пиролюзит фракции 0,3-0,7 мм, а в качестве второго слоя – фильтр-подложку из сплава фторопласта с кальцинированной содой с размером пор 40-100 мкм. В качестве фторопласта используют фторопласт-4 молекулярной массой 500 тыс. фракции 0,3-1,0 мм. Диоксид марганца является катализатором окисления железа и марганца и позволяет окислить эти элементы кислородом воздуха за время их контакта с фильтрующей загрузкой. MnO_3 можно получить и в лабораторных условиях термическим разложением нитрата марганца.

2. Фильтрационное устройство для обезжелезивания подземных вод с использованием дегазации.

Изобретение относится к области очистки подземных вод от железа, марганца, окислений соединений железа и марганца с одновременной дегазацией сероводорода и диоксида углерода на незатопленной гранулированно-волокнутой полимерной загрузке. Состав загрузки: толщина слоя 1,0-1,5 м, диаметр гранул 10-30 мм, диаметр нитей волокна 1-2 мм при удельном расходе подаваемого противотоком воздуха 4-10 м³/ч на м³ исходной воды и удельной гидравлической нагрузке по обрабатываемой воде 6-8 м/ч на 1 м поверхности слоя. Доокисление соединений железа и марганца, обезжелезивание и деманганизацию ведут на неоднородной полимерной плавающей гранулированной загрузке с диаметром гранул 0,7-2,5 мм при толщине слоя загрузки 1,4-1,6 м и скорости фильтрации 4,5-8 м/ч при осуществлении процесса очистки в самотечном режиме, в одном реакторе фильтре, а умягчение с применением едкого натра в количестве 2,5-3,5 мг-экв/дм³ осуществляют во взвешенном слое инертной мелкозернистой контактной массы с диаметром зерен 0,1-0,2 мм, толщиной взвешенного слоя 1,5-1,7 м и удельной гидравлической нагрузкой по воде 50-70 м³/ч на м² с последующей глубокой доочисткой фильтрованием через зернистый фильтрующий слой с диаметром гранул 1-2 мм, толщиной слоя 1-1,5 м со скоростью фильтрования 8-12 м/ч.

Техническим результатом предлагаемого изобретения является возможность очистки подземных вод, содержащих одновременно железо, марганец, сероводород, диоксид углерода и соли жесткости до норм, предъявляемых к качеству питьевых вод при одновременном удешевлении способа.

3. Способ очистки от железа подземных вод аэрированием.

Изобретение относится к очистке подземных вод от железа и может быть использовано в системах хозяйственно-бытового назначения. Способ включает

аэрирование эжектированием воздуха потоком воды при последующем диспергировании на распределительной трубной решетке при его разрыве в сборной емкости, разделенной горизонтальными перфорированными полками на секции, и окислении во взвешенном слое осадка, активированного гидроокисью железа, нарабатываемой в струйном турбулентном потоке в коаксиальном зазоре вдоль продольных образующих, цилиндрических с проточками пористых поверхностей элементов пространственно-глобулярной структуры генератора, осветлении при коагулировании и седиментации в контактном резервуаре при гидродинамическом сжатии диффузного слоя и воздействии электростатического заряда, наведенного под действием дзета-потенциалов в коаксиальном зазоре, ламинарного потока между пористыми цилиндрическими поверхностями элементов пространственно-глобулярной структуры разделителя и регенерации пористых поверхностей элементов нагретым сжатым воздухом и промывками чистой водой. Технический результат: повышение эффективности обезжелезивания подземных вод.

2.2. Диагностика технологического оборудования и строительных конструкций водозаборных сооружений

1. Условия выбора рыбозащитных устройств

При проектировании гидроузлов и водозаборов на реках рыбохозяйственного значения должна рассматриваться целесообразность строительства рыбопропускных и рыбозащитных сооружений (устройств).

При проектировании рыбопропускных и рыбозащитных сооружений наряду с другими должны быть проведены ихтиологические изыскания и биолого-технические и натуральные исследования.

Рыбозащита водозабора должна рассматриваться по двум направлениям:

первое направление предусматривает выбор правильного месторасположения водозаборов и их водоприемников и связано с особенностями распределения молоди, ее миграции, сезонным и суточным ритмом попадания в данном конкретном водоеме и водотоке. Определяется район с минимальной концентрацией рыб для устройства водозабора;

второе направление связано с защитой рыб, попавших в зону действия водозаборов, и основано на знании приемов управления поведением рыб, их реакции на отдельные раздражители, используемые для отпугивания или направления движения молоди, а также на знании скоростей движения рыб.

При проектировании водозаборов нужно пользоваться тремя принципами рыбозащиты:

1) экологическим – использование закономерностей, связанных с образом жизни рыб (распределением, миграциями и особенностями их попадания в водозабор);

2) поведенческим – использование реакций рыб на те или иные раздражители (свет, звук, электрическое поле);

3) физическим – использование ряда физических явлений при условии обеспечения жизнеспособности рыб (задержание механическими преградами, использование разницы плотности воды и рыб).

В отечественной и зарубежной практике наиболее широкое применение получили рыбозащитные устройства, созданные на поведенческом и физическом принципе защиты – различные сетчатые конструкции и фильтры с различным родом заполнителя.

2. Рыбозащитные устройства

2.1. Плоские сетки устанавливают в отверстия водоприемников с допустимыми скоростями течения воды сквозь сетку до 0,25 м/с, при скоростях течения в транзитном потоке, обтекающих водоприемник в пределах не менее 0,2-0,5 м/с, и длине водоприемного фронта не более 25 м.

Плоские сетки включают следующие основные элементы: несущую конструкцию, сетчатое полотно, очистное устройство, подъемно-транспортное оборудование (рис. 2.1).

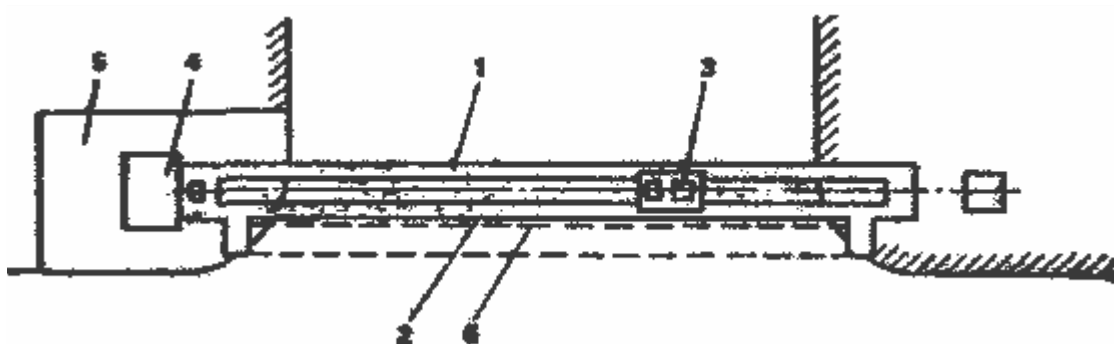


Рис. 2.1. Схема расположения конструкции рыбозащитного устройства типа плоской сетки: 1 – несущая конструкция; 2 – сетчатое полотно; 3 – очистное устройство; 4 – подъемный механизм; 5 – монтажная площадка; 6 – служебный мост

Несущая конструкция предназначена для размещения всех основных элементов плоской сетки. Монтажная площадка несущей конструкции должна возвышаться не менее на 1 м над максимальным эксплуатационным уровнем воды.

Сетчатое полотно предназначено для предупреждения попадания рыб, а также мелкого мусора в водоприемник.

В зависимости от конфигурации оголовка водозаборного сооружения и от других условий сетчатое полотно может быть расположено в плане по прямой линии, по дуге или по окружности в виде прямоугольника или угла. Сетчатое полотно устанавливается в вертикальном или наклонном положении.

Очистные устройства служат для очистки сетчатого полотна от мусора, они бывают гидравлические и механические. В составе конструкции очистного устройства следует предусматривать:

- оборудование для водоснабжения водоструйного приспособления;
- приспособление для передвижки водоструйных флейт или щеток для очистки всей поверхности сетчатого полотна;

- брандспойт для очистки сеток на воздухе, если в этом возникает необходимость;
- средства автоматики для управления работой очистного устройства в зависимости от степени засорения сетчатого полотна;
- приспособления для транспортирования мусора (не обеспечиваются условиями водотоков и водоемов).

2.2. Плоские сетки с рыбоотводами включают следующие основные элементы: несущую конструкцию, грубую решетку, сетчатое полотно, подъемно-транспортное оборудование, сеточные камеры, рыбоотвод.

Сеточную камеру, служащую для размещения сетки и очистного устройства, рекомендуется выполнять в зависимости от конструкции водозаборного сооружения в виде открытого лотка в виде колодца. Величина скорости течения воды в камере должна быть выше скорости течения на подводящем и отводящем участке сеточной камеры, но ее следует назначать не более 0,7 м/с. Для очистки камеры от отложения наносов следует применять специальные механизмы типа эжекторных насосов или другие приспособления. Грубую решетку следует устанавливать на входе в сеточную камеру. Сетчатое полотно располагается в камере под углом к оси потока от 10 до 25 градусов.

2.3. Конусные сетки представляют собой вращающийся усеченный конус, установленный в пазовые конструкции водозаборного сооружения, а также непосредственно в самотечные линии основанием по течению. Боковая поверхность конуса обтягивается сеткой, чаще выполненной из отдельных панелей. Вращение конуса осуществляет либо от электродвигателя через редуктор, либо от гидромотора, останавливаемого под водой на оси конуса. Для смыва прилипшего к сетке мусора с наружной стороны вдоль образующей конуса устанавливается неподвижное промывное устройство.

Вода, очищенная от крупного мусора на грубой сороудерживающей решетке, попадает через большое основание в сетчатый конус, и, профильтровавшись сквозь его боковую поверхность, поступает в подводящий канал. Попавшие в конус рыба, мусор под влиянием тока воды, вращения конуса и работы очистного устройства перемещаются к его вершине и отводятся с помощью рыбоотводного устройства, рыбонасоса.

2.4. В качестве объемных фильтрующих элементов применяют фильтрующие кассеты и контейнеры различных конструкций, которые могут вставляться в пазовые конструкции водоприемников взамен сороудерживающих решеток. Кассета представляет собой металлический каркас, который заполняется фильтром в насыпном или монолитном пористом виде.

Заполнение кассет порозластом производится в виде плит. Плиты порозластовые фильтрующие изготавливают согласно техническим условиям из порозласта – материала, представляющего собой смесь минерального наполнителя с термопластичным полимерным связующим.

Изготовление керамзитобетонных фильтрующих плит производится в оснастке, расположенной горизонтально. Бетонная смесь готовится в бетоносме-

сителе принудительного действия. Укладка бетонной смеси производится вручную.

Оснастка представляет собой жесткий металлический каркас или металлическую раму с приваренной металлической арматурной сеткой.

В качестве рыбозащитных устройств на водоприемниках могут применяться пакетно-реечные кассеты и жалюзийные решетки в качестве экспериментальных.

Пакетно-реечная кассета имеет контурную металлическую раму, приспособленную для опускания в пазы водоприемных отверстий. Отверстие рамы заполнено пакетами реек разного размера и формы. Внутренний пакет кассеты образован рейками прямоугольного сечения, уложенными во взаимно перпендикулярных направлениях. С внешней стороны кассета содержит один ряд косо поставленных к течению деревянных брусков. Кассета при необходимости может быть поднята из воды, но в нормальных условиях промывается на месте.

Жалюзийные решетки могут выполнять роль рыбозащитных устройств при заборе воды водоприемниками из водотоков со скоростями в 3-4 раза и более превращающими скорость втекания в водоприемник. Стержни решетки выполняют из полосовой стали и устанавливают под углом 135 градусов к течению. При таком расположении стержней решетка приобретает свойства самоочищаемости. Ширина стержней принимается в пределах 40-100 мм с расстоянием между ними 20-40 мм.

В качестве дополнительных рыбозащитных устройств перед водоприемниками устраивают запани и отбойные козырьки. Они состоят из несущей конструкции и щитов (отбойных полотен). Несущую конструкцию необходимо выполнять стационарной (на сваях и других опорах) или наплавной на бонах и других плавсредствах). На несущей конструкции следует предусматривать мостики с поручнями для прохода вдоль всей запани и установки контрольных ловушек для рыб. Длину несущей конструкции следует назначать с учетом протяжения фронта водозаборных отверстий, величины отбираемого расхода воды и особенностей гидрологического режима водотока на участке расположения водозаборного сооружения. Щиты следует заглублять не менее чем на 1 м под горизонт воды. При проектировании запаней и отбойных козырьков следует руководствоваться материалами строительства и эксплуатации мусороотключающих запаней и отбойных козырьков.

3. Мероприятия по рыбоотведению.

При отсутствии в зоне водоприемных отверстий, достаточных по рыбоотведению сносящих скоростей и устойчивой связи токов у водоприемников, размещаемых в глубоко врезанных берегах акваторий (ковши, каналы, врезки) с транзитными потоками, обязательно проведение мероприятий по рыбоотведению молоди рыб.

Их подразделяют на два вида: рыбоотведение с пропуском рыбы через водоподъемные агрегаты и рыбоотвод с интенсификацией бытовых струйных течений.

Гидравлическая струенаправляющая рыбоотводная система комплектуется с водоприемной частью водозабора на основе анализа гидравлических и технико-гидравлических и технических данных по водозабору при необходимости на основе модельных гидравлических исследований.

Конфигурация береговых врезок-ковшей должна соответствовать наиболее благоприятным структурным течениям потока в бытовых условиях, обеспечивающих надежную связь с транзитными течениями основного потока при минимальной принудительной интенсификации.

2.3. Соблюдение нормативных условий в зонах санитарной охраны

Для сохранения природного состава и качества подземных вод в период эксплуатации водозабора область питания водоносного горизонта и площадь эксплуатационного участка должны быть защищены от загрязнения зонами санитарной охраны (ЗСО), состоящими из трех поясов.

Границы первого пояса ЗСО подземных источников водоснабжения, защищенных с поверхности слоем слабопроницаемого грунта, должны устанавливаться от водоприемных устройств на расстоянии 30 м, а при использовании недостаточно защищенных подземных вод – на расстоянии 50 м. К защищенным подземным водам относятся напорные и безнапорные водоносные горизонты, имеющие сплошную водоупорную кровлю в пределах всех поясов ЗСО, что исключает возможность местного питания с поверхности или из вышележащих недостаточно защищенных горизонтов. При этом время фильтрации микробных загрязнений через перекрывающую толщину пород должно быть не менее 400 сут, а время движения химических загрязнений не менее 25...50 лет (проектный срок эксплуатации водозабора).

В границы первого пояса ЗСО инфильтрационных водозаборов, получающих питание из поверхностных водоисточников и расположенных от них на расстоянии, не превышающем 150 м, следует включить территорию между берегом и водозабором и участок береговой инфильтрации с прилегающей акваторией.

Ширина участка береговой инфильтрации на урезе реки определяется по формулам СНиП 2.04.02-84*.

Размеры берегового участка и прилегающей акватории, включаемые в первый пояс ЗСО, определяются как для поверхностного источника водоснабжения (СНиП 2.04.02-84*):

для водотоков (реки, каналы) вверх по течению – не менее 200 м, вниз по течению – не менее 100 м, в направлении к противоположному берегу при ширине водотока до 100 м – вся акватория и противоположный берег шириной 50 м от уреза воды при летне-осенней межени и при ширине водотока более 100 м – полоса акватории шириной не менее 100 м;

для водоемов (водохранилища, озера) по акватории во всех направлениях - не менее 100 м.

Второй пояс ЗСО подземного водоисточника устраивается для защиты подземных вод от микробного загрязнения. Основным параметром, опреде-

ляющим расстояние от границы до водозабора, является расчетное время продвижения микробного загрязнения с потоком подземных вод к водозабору, которое должно быть достаточным для утраты жизнеспособности и вирулентности патогенных микроорганизмов, т.е. для эффективного самоочищения воды. Для эксплуатационных участков грунтовых вод, граничащих с поверхностными водоисточниками, время продвижения микробного загрязнения должно быть не менее 400 сут.

Третий пояс ЗСО подземного водоисточника предназначен для защиты подземных вод от химических загрязнений. Время продвижения загрязненной воды от границы третьего пояса до водозабора должно быть не меньше проектного срока эксплуатации водозабора (25...50 лет). На участках, где запасы подземных вод позволяют производить неограниченную во времени эксплуатацию водозабора, водоносный горизонт должен быть защищен от химических загрязнений в пределах всей области питания водоносного горизонта. К таким участкам относятся месторождения подземных вод речных долин, которые должны рассматриваться как источник водоснабжения с неограниченным сроком эксплуатации.

Размеры второго и третьего поясов ЗСО подземного водоисточника при инфильтрационном питании пласта следует назначать с учетом размеров второго и третьего поясов ЗСО поверхностного водоисточника.

Для водотоков границы второго пояса ЗСО устанавливаются следующих размеров:

- вверх по течению, включая притоки, – исходя из скорости течения воды, усредненной по ширине и длине водотока от границы пояса до водозабора при среднемесячном расходе воды в летне-осеннюю межень 95% обеспеченности и времени протекания не менее 5 сут для климатических районов IА, IIА, Б, В, Г и не менее 3 сут для остальных климатических районов;
- вниз по течению – не менее 250 м;
- боковые границы – на расстоянии от уреза воды при летне-осенней межени, равном 500 м для равнинного рельефа, 750 м при пологом склоне, 1000 м при крутом склоне, но не больше расстояния до границы водораздела речного бассейна.

Для водоемов границы второго пояса ЗСО устанавливаются следующими:

- по акватории во всех направлениях на расстоянии 3 км при количестве ветров до 10% в сторону водозабора и 5 км при количестве ветров более 10%;
- боковые границы – от уреза воды при нормальном подпорном уровне в водохранилище и летне-осенней межени в озере на таком же расстоянии, как и для водотоков (500-1000 м).

Границы третьего пояса ЗСО поверхностного водоисточника должны быть вверх и вниз по течению водотока или во все стороны по акватории водоема такими же, как для второго пояса; боковые границы – по водоразделу, но не более 3-5 км от водоисточника.

Размеры второго и третьего поясов ЗСО подземного водоисточника определяются гидрогеологическими расчетами. Проведенные расчеты для осредненных условий месторождений подземных вод речных долин Приморского края показывают, что размеры второго и третьего поясов ЗСО, определенные по результатам гидрогеологических расчетов и назначенные исходя из требований защиты поверхностного водоисточника, не совпадают. Во многих случаях расчетные значения второго и третьего поясов ЗСО подземного водоисточника меньше соответствующих значений ЗСО для поверхностного водоисточника. Следовательно, для месторождений подземных вод речных долин размеры ЗСО могут назначаться исходя из требований, предъявляемых к участку инфильтрации, как к водозабору поверхностных вод при условии, что в пределах всей области питания намеченных к эксплуатации подземных вод не должно происходить их химического загрязнения. Внешние границы этой области часто совпадают с границами поверхностного водосбора на участке месторождения подземных вод. Уточнение размеров области питания водозабора может быть произведено с помощью аналитических зависимостей или моделированием.

Тема 3. Насосные станции

3.1. Прогрессивные методы регулирования насосных агрегатов

В рекламных проспектах ряда отечественных и зарубежных фирм указывается, что применение регулируемого электропривода (РЭП) в насосных установках позволяет сэкономить до 50% энергии, расходуемой на перекачку чистых и сточных вод, а сроки окупаемости составляют 3-9 месяцев. Расчеты авторов и сорокалетний опыт внедрения РЭП в энергосберегающие системы автоматизированного управления (САУ) насосными установками более чем на 50 объектах показывают, что приводимые значения экономии энергии явно завышены, а сроки окупаемости занижены. Приведем реально возможные значения экономии энергии и сроки окупаемости РЭП в насосных установках систем водоснабжения и водоотведения.

Экономия энергии. Количество энергии, которая может быть сэкономлена насосных установках, зависит от следующих основных технологических параметров: крутизны характеристик трубопроводов и центробежных насосов; глубины регулирования подачи насосных установок; количества насосных агрегатов, участвующих в работе, и других факторов.

Относительная экономия электроэнергии W^* определяется при параллельной работе нескольких агрегатов, средние значения избыточных напоров существенно меньше, чем при работе одного насоса. По этой причине результирующая экономия энергии, получаемая при использовании РЭП и работе нескольких насосов, значительно снижается. Снижение экономии энергии при расчетах учитывается коэффициентом ϕ , значение которого зависит от количества параллельно работающих насосов. Снижающий коэффициент $\phi = 0,38-0,75$. Кроме того, использование РЭП связано с возникновением потерь в частотных пре-

образователях, трансформаторах, электродвигателях и со снижением КПД насосов, работающих на пониженных частотах вращения. Таким образом, применение РЭП позволяет экономить в среднем 5-15% энергии, расходуемой на подачу воды.

В отдельных случаях при очень крутых характеристиках трубопроводов, достаточно крутых характеристиках насосов и при большой глубине регулирования подачи воды экономия энергии может достигать 25-30%. Эти расчеты подтверждаются многолетней практикой внедрения РЭП в энергосберегающие САУ насосными станциями систем водоснабжения и водоотведения. Как правило, использование РЭП в САУ канализационными насосными станциями (например, в Москве) обеспечивало экономию энергии 5-10%.

На водопроводных станциях (в Москве, Уфе, Стерлитамаке, Чебоксарах) обычно экономились 10-20% энергии. Аналогичные результаты получены в системах технического и оборотного водоснабжения промышленных предприятий (Белокалитвинский металлургический завод и др.). На Восточной водопроводной станции Москвы экономия энергии достигала 20-25%, но эта станция находится на более высоких отметках, чем район водоснабжения, и поэтому работает практически без статического противодействия, т.е. характеристики ее водоводов имеют очень большую крутизну.

На насосной станции третьего подъема г. Чебоксары экономия энергии доходила до 25-29% за счет большой длины и сравнительно небольшого сечения всасывающих водоводов. На насосной станции второго подъема г. Северск экономия энергии составила 55-58% общего энергопотребления. Однако анализ показал, что только 20-25% экономии обеспечивалось за счет применения РЭП, а остальные 30-35% за счет приведения в соответствие характеристик насоса и водопроводной сети. При внедрении энергосберегающей САУ на этом объекте высоконапорный насос 8НДв со сравнительно небольшой подачей ($450 \text{ м}^3/\text{ч}$) был заменен низконапорным насосом Д1250-63 с увеличенной подачей ($1250 \text{ м}^3/\text{ч}$), что позволило большую часть времени работать с одним насосом вместо двух.

Окупаемость. Количество сэкономленной энергии само по себе не определяет целесообразность использования РЭП в насосной установке. Следует знать, какой ценой эта экономия достигается. На сроки окупаемости энергосберегающих САУ, оснащаемых РЭП, существенное влияние оказывает соотношение стоимости энергии и энергосберегающего оборудования k/C (k – удельная стоимость оборудования САУ, в том числе РЭП; C – тариф на электроэнергию).

Целесообразность использования РЭП в насосных установках по условию экономии энергии, расходуемой на подачу чистой воды и перекачку стоков, можно определить расчетными данными согласно СНиП 2.02.04-84*. Длительность расчетного периода для определения эффективности энергосберегающих мероприятий обычно принимается равной длительности технического года, т.е. 8760 ч.

3.2. Автоматизация управления насосными станциями

Системы автоматического управления (САУ) предназначены для управления локальными технологическими объектами вспомогательного значения (насосными станциями, подогревателями резервуаров воды и т.д.).

САУ состоит из отдельных шкафов, стоек или навесных блоков, имеющих в своем составе программируемые контроллеры, элементы управления и отображения информации о ходе технологического процесса.

В качестве способа отображения информации и управления объектом могут использоваться (по желанию заказчика) следующие виды:

- размещение на лицевой панели стойки САУ мнемосхемы объекта с элементами управления и сигнализации;
- размещение на лицевой панели стойки САУ экрана (дисплея) специальной панели оператора, на которой программным способом изображается технологическая схема объекта, точки сигнализации технологических параметров, а также точки управления исполнительными устройствами. Панель оператора может быть вынесена в отдельное помещение от стойки САУ;
- САУ записываются от источника переменного тока ~ 220 В, 50 Гц, потребляемая мощность не более 800 ВА. Возможно использование двух фидеров питания (рабочий и резервный);
- САУ построена на основе модулей серии SIMATIC S7-300 фирмы СИМЕНС;
- модули SIMATIC имеют Сертификат ГОССТАНДАРТа России № 1307, зарегистрированный в Государственном реестре под № 15772-96;
- обмен информацией между САУ и операторной станцией АСУТП осуществляется через контроллеры АСУТП по интерфейсу Profibus Standart (RS 232, RS 485 и др). Скорость обмена до 1,5 Мбод.

САУ насосной станции 1-го подъема разработана с применением программируемого контроллера и предназначена для автономного управления работой насосной станцией 1-го подъема, вывода информации о состоянии насосной на свою мнемосхему и в центральную операторную.

САУ выполняет следующие функции:

- непрерывный контроль уровня воды в резервуарах;
- непрерывный контроль температуры воды в резервуарах;
- непрерывный контроль температуры воды (на нитках 1 и 2);
- непрерывный контроль температуры воды на циркуляцию и на возврате с циркуляции;
- непрерывный контроль температуры воды от скважин;
- непрерывный контроль температуры воздуха в помещении насосной;
- непрерывный контроль температуры воздуха в помещении насосных арт-скважин;
- непрерывный контроль давления воды (на нитках 1 и 2);

- непрерывный контроль давления воды на циркуляцию и на возврате с циркуляции;
- непрерывный контроль давления воды из артскважин;
- непрерывный прием аналоговых сигналов от датчиков типа Метран-300ПР (по расходу воды на нитках 1 и 2, по расходу воды на циркуляцию и по расходу воды из артскважин) и выдача по требованию оператора насосной величин расходов на двустрочечный текстовый дисплей, установленный на мнемосхеме стойки САУ и на центральную операторную станцию;
- контроль уровня жидкости в дренажном приемке;
- контроль наличия напряжения на силовых вводах N1, N2 насосной;
- контроль наличия напряжения в цепях управления насосами и задвижкой;
- контроль давления в напорных патрубках насосов;
- автоматическое управление работой насосов и задвижки;
- вывод информации о состоянии насосной станции 1-го подъема и об аварийных величинах всех контролируемых аналоговых параметров на мнемосхему стойки САУ;
- вывод информации о состоянии насосной станции 1-го подъема в центральную операторную.

САУ насосной станции водоснабжения. САУ (система автоматизированного управления) насосной станции водоснабжения разработана с применением программируемого контроллера и предназначена для автономного управления работой насосной станции, вывода информации о состоянии насосной станции на свою мнемосхему и в центральную операторную.

САУ выполняет следующие функции:

- непрерывный контроль уровня воды в резервуарах;
- непрерывный контроль температуры воды в резервуарах;
- непрерывный контроль температуры воды на возврате из пожарного кольца;
- непрерывный контроль температуры воды с насосной станции 2-го подъема (на нитках 1 и 2);
- непрерывный контроль температуры воздуха в помещении насосной;
- непрерывный контроль давления воды с насосной 2-го подъема (на нитках 1 и 2);
- непрерывный контроль давления воды в сеть промбазы (на нитках 1 и 2);
- непрерывный прием аналоговых сигналов от датчиков типа Метран-300ПР (по расходу воды с насосной 2-го подъема на нитках 1 и 2, по расходу хоз. питьевой воды в сеть промбазы и по расходу хоз. питьевой воды на циркуляцию) и выдача по требованию оператора насосной величин расходов на двустрочечный текстовый дисплей, установленный на мнемосхеме САУ и на центральную операторную станцию;
- контроль наличия напряжения на силовых вводах N1, N2 насосной;

- контроль наличия напряжения в цепях управления насосами и задвижками;
- контроль давления в напорных патрубках насосов;
- автоматическое управление работой насосов и задвижек;
- вывод информации о состоянии насосной станции водоснабжения об аварийных величинах всех контролируемых аналоговых параметров на мнемосхему САУ; вывод информации водоснабжения в центральную операторную.

Автоматизация насосных станций. Одно из направлений, по которому предлагаются комплексные решения, – это автоматизация и диспетчеризация насосных станций различного назначения: от разработки технического задания под требования заказчика до сдачи под “ключ” автоматизированной системы управления станцией или группой станций. Данные системы применяются как на объектах ЖКХ, так и на промышленных предприятиях, где есть насосные станции, например на водооборотных циклах.

Автоматизированная система управления водопроводной насосной станцией (АСУ ВНС) – это комплексный подход к решению проблемы управления и контроля подачи воды насосными станциями крупных и средних промышленных предприятий, а также объектов коммунального хозяйства на основе внедрения передовых энергосберегающих технологий.

Решение данной проблемы заключается в управлении расходом воды и поддержания необходимого давления в выходном водоводе за счет изменения скорости вращения насосных агрегатов. Техническую базу для такого подхода составляют современные средства частотно-регулируемого электропривода и микропроцессорной техники.

Назначение системы:

- дистанционное управление работой насосов, задвижек;
- автоматическое поддержание заданного давления вод в выходном водоводе;
- вывод текущих параметров системы и задание необходимых установок на видеотерминале;
- визуализация и управление технологическим процессом на рабочем месте оператора;
- сбор, обработка и архивация необходимых статистических данных;
- повышение надежности оборудования насосной станции;
- продление ресурса электродвигателей насосов;
- снижение затрат на электроэнергию.

Система представляет собой трехуровневый аппаратно-программный комплекс:

- уровень управления механизмами станции (датчики давления, температуры и расхода воды, регулируемый и нерегулируемый электропривод насосов и задвижек);

- уровень контроля и управления оборудованием и технологическим процессом по разработанным алгоритмам (шкаф контроля и управления с программируемым контроллером).

Тема 4. Очистные сооружения

4.1. Определение необходимой эффективности работы очистных сооружений в связи с изменением качества поступающей воды из источника, расхода, требования к воде

Установки для обезжелезивания подземных вод методом воздушного фильтрования

Сущность метода и область применения. Метод водовоздушного фильтрования относится к безреагентным методам обезжелезивания подземных вод, при которых окисление железа, находящегося в бикарбонатной форме, происходит с помощью кислорода воздуха.

При применении данного метода воздушную смесь фильтруют на напорной установке через незатопленную зернистую загрузку.

Одновременно с обезжелезиванием воды происходит удаление растворенных в ней газов (углекислого, сероводорода и др.).

Целесообразность использования данного метода устанавливают на основании данных, полученных в результате пробного обезжелезивания, проведенного непосредственно у источника водоснабжения.

Для предварительного выбора метода качество исходной воды должно соответствовать следующим показателям: содержание бикарбонатного железа (общего) – не более 5 мг/л, в том числе двухвалентного – не менее 80% мг/л, сероводорода – не более 3 мг/л; pH – не менее 6,5.

Применение настоящей технологии целесообразно главным образом для небольших установок производительностью до 2-3 тыс. м³/сут, большей производительностью – при наличии технико-экономических обоснований.

Особенностями метода являются высокая грязеемкость фильтрующей загрузки и отсутствие обратной промывки, а также возможность использования для загрузки различных материалов. При этом продолжительность фильтроцикла составляет несколько месяцев и зависит от содержания железа в исходной воде, скорости фильтрования и параметров загрузки.

В качестве фильтрующей загрузки могут использоваться кварцевый песок, дробленый керамзит, кирпич, антрацит, гравий.

Время зарядки фильтрующей загрузки незначительно и составляет 1-10 ч, после чего обеспечивается стабильная работа в течение всего фильтроцикла.

Технологическая схема и состав сооружений. В состав установки входят напорные фильтры, компрессоры или воздухоподводящие агрегаты, а также необходимые подсобно-вспомогательные помещения в соответствии с действующими нормативами.

Процесс обезжелезивания осуществляется по схеме, представленной на рис. 4.1.

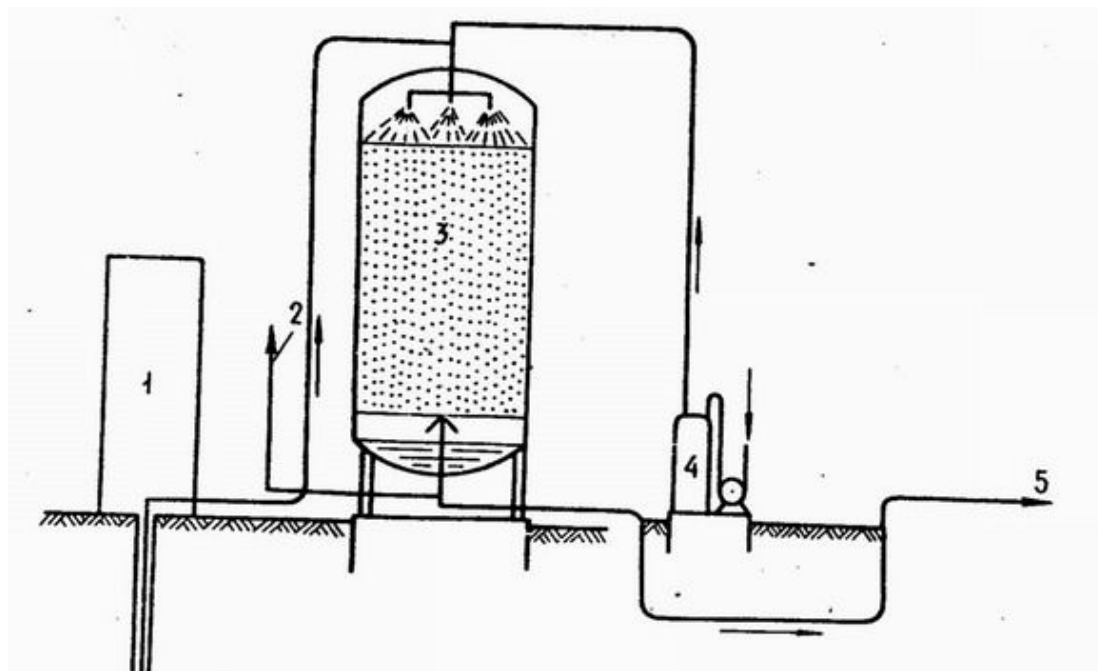


Рис. 4.1. Принципиальная схема обезжелезивания воды методом водовоздушно-го фильтрования: 1 – скважина; 2 – сброс воздуха; 3 – напорный фильтр; 4 – компрессор; 5 – подача воды потребителю

Исходная вода от скважин подается в смеситель с разбрызгивателем, который находится в верхней части напорного фильтра, туда же подается сжатый воздух от компрессоров или воздуходувные агрегаты.

В смесителе вода перемешивается с воздухом, равномерно распределяясь по поверхности фильтрующей загрузки, затем фильтруется. После фильтрования вода отводится к потребителям, а воздух сбрасывается в атмосферу.

Конструктивно фильтр состоит из металлического корпуса, в верхней части которого расположены смеситель и разбрызгивающее устройство, там же расположена решетка для поддержания загрузки в незатопленном состоянии; под решеткой установлен поплавковый стабилизатор уровня воды. Из нижней части корпуса фильтра выведены водоотводящий и воздухоотводящий трубопроводы. Высота фильтрующей загрузки принимается равной 11,6 м. Допускается увеличение высоты загрузки до 2 м, исходя из конструктивных возможностей фильтров. Гранулометрический состав загрузки принимается с учетом содержания железа в исходной воде и принятой скорости фильтрования.

Для увеличения грязеемкости загрузка принимается с убывающей крупностью фракций (в направлении сверху вниз). При этом рекомендуется разделять общую высоту загрузки на 3-4 слоя различной крупности.

Производительность компрессоров или воздуходувных агрегатов определяется из необходимости обеспечения отношения количества подаваемого воздуха к количеству обрабатываемой воды 3:1, а необходимый напор рассчитывается исходя из необходимого давления воды после фильтров в зависимости

от принятой схемы водоснабжения объекта (с одним подъемом, с двумя подъемами, с резервуарами и т.д.).

В составе установки необходимо предусматривать один резервуарный компрессор (воздуходувный агрегат).

Фильтры следует выключать на регенерацию при достижении предельной потери напора 10-12 м. Регенерацию фильтрующей загрузки следует производить 10%-ным раствором соляной кислоты в течение 24 ч с последующей загрузкой водой. Вместо регенерации допускается замена отработанной загрузки новым фильтрующим материалом.

При круглосуточной эксплуатации установок необходимо через каждые 22 ч производить продувку фильтров воздухом в течение 2 ч, на этот период подача воды прекращается.

Методика пробного обезжелезивания. Пробное обезжелезивание методом воздушного фильтрования производится с целью определения возможности очистки воды данного качества и основных технологических параметров работы установки (скорости фильтрования, времени фильтроцикла и степени удаления газов). Все работы выполняются на действующей скважине.

Пробное обезжелезивание осуществляют в следующем порядке:

- на основании предварительных анализов исходной воды в зависимости от содержания железа определяют гранулометрический состав загрузки и задают скорость фильтрования;
- в качестве загрузки берут материалы, которые недефицитны для данной местности и разрешены к использованию в водоочистных сооружениях санитарными органами.

Исследования производят на модели фильтра диаметром 100-200 мм и высотой 2-2,5 м. Модель должна быть оборудована компрессором, разбрызгивающим устройством и измерительным прибором. В нее загружают фильтрующий материал общей высотой 140 см с расчетным гранулометрическим составом.

Выбору метода обезжелезивания должно предшествовать ее пробное обезжелезивание, т.к. количественное содержание железа, указываемое в анализах, не дает представления о форме, в которой железо присутствует в воде. Пробное обезжелезивание воды заключается в моделировании обезжелезивающей установки по тому или иному существующему методу извлечения из воды железа, а именно: аэрацией воды с последующим ее фильтрованием или отстаиванием и фильтрованием; коагулированием; известкованием; хлорированием и коагулированием; сухим фильтрованием; катионированием.

Для обезжелезивания подземных вод чаще всего применяют аэрацию воды без добавления реагентов. Согласно данным ВНИИ КВОВ обезжелезивание фильтрованием так называемой упрощенной аэрацией может применяться для подземных вод при общем содержании железа до 10 т мг/л, рН не менее 6,7, щелочности не менее 1 мг-экв/л, содержание сероводорода до 1 мг/л и перманганатной окисляемости не более 6-7 мг/л.

Станция обезжелезивания воды, работающая по методу “упрощенной аэрации”, состоит из фильтров, загруженных песком, антрацитом, керамической крошкой и т.п. Крупность фильтрующей загрузки принимается в пределах 0,8-1,8 мм при высоте слоя загрузки 1 м и скорости фильтрования 5-7 м/ч или 1-2 мм при высоте слоя загрузки 1,2 м и скорости фильтрования 8-10 м/ч.

Для окисления двухвалентного железа в трехвалентное, задерживаемое фильтром в виде гидрата окиси, требуется обогащение воды кислородом в количестве 1,6-1,9 мг на 1 мг двухвалентного железа. Аэрация при данном методе осуществляется простейшими приемами – при открытых фильтрах изливом воды из подающей трубы в карман или центральный канал фильтра с высоты 0,5-0,6 м при скорости истечения из трубы 1,5-2 м/с. При применении напорных фильтров воздух можно подавать компрессором в трубу, по которой вода подается в фильтры.

Возможность применения метода обезжелезивания воды “упрощенной аэрацией” и фильтрованием в каждом конкретном случае перед разработкой проекта станции обезжелезивания проверяется пробным обезжелезиванием, выполняемым на пробе, взятой из используемой скважины. Если пробным обезжелезиванием определено, что метод “упрощенной аэрации” и фильтрования не дает необходимых результатов, то можно применить более интенсивную аэрацию, сущность которой заключается в насыщении воды кислородом воздуха. За счет этого кислорода происходит окисление двухвалентного железа, содержащегося в воде, в трехвалентное. При определенных значениях pH воды трехвалентное железо гидролизует и образовавшаяся гидроокись железа коагулирует.

Аэрация воды с целью удаления двуокиси углерода может осуществляться либо на вентиляторных градилях (дегазаторах), либо на так называемых контактных градириях, работающих при естественной вентиляции.

На рис. 4.1 показана схема обезжелезивающей установки с вентиляторным дегазатором. Вода из скважин поступает на дегазатор 1 и далее сливается в контактный резервуар 2. Контактный резервуар служит для завершения процесса окисления двухвалентного железа в трехвалентное, гидролиза последнего и для образования хлопьевидного осадка гидрата окиси железа. Вместимость контактного резервуара рассчитывают на пребывание воды в нем в течение 30-40 мин. Для более полного использования объема резервуара целесообразно устанавливать в нем направляющие перегородки. Из контактного резервуара вода насосами 3 или, если позволяет рельеф местности, самотеком поступает на осветлительные фильтры 4 (открытые или напорные). Назначение фильтров – задерживать хлопья гидрата окиси железа, которые поступают с водой из контактного резервуара. После фильтров вода сливается в резервуар чистой воды 5 и далее подается потребителям.

При проектировании вентиляторных дегазаторов и контактных градирен принимают нагрузку на 1 м² площади соответственно 60 и 15 м³/ч.

4.2. Выбор технологической схемы для реконструируемых сооружений и автоматизация их работы, организация работ при реконструкции сооружения

Используемые в практике водоочистки технологические схемы обычно классифицируются на реагентные и безреагентные; предочистки и глубокой очистки; на одноступенные и многоступенные; на напорные и безнапорные.

Для разработки технологических схем улучшения качества воды требуются многие данные. Прежде всего устанавливается целевое назначение воды, т.е. требования потребителя к ее физическим, химическим и бактериологическим показателям; учитывается качество воды самого источника водоснабжения и в разные времена года, степень и возможность загрязнения его бытовыми и промышленными сточными водами и др.

Ответственным и сложным этапом является правильная оценка источника водоснабжения. Важно не только определить примеси воды, обуславливающие ее привкусы, запахи, цветность, мутность, жесткость и т.д., но и изучить химические и биологические процессы, протекающие в водоеме и влияющие на стабильность состава воды. Поэтому оценка водоема, как правило, складывается в результате длительного наблюдения за составом примесей воды, за изменением во времени каждого отдельного компонента. Только при таком изучении можно правильно расшифровать данные анализа воды.

Кроме специфических особенностей очистки воды, определяемых требованиями потребителя и устанавливаемых в каждом отдельном случае, существуют и некоторые общие положения, которыми можно руководствоваться при выборе схем очистки воды, подборе элементов очистных сооружений и их компоновке.

При подготовке питьевой воды в случае, если забор ее производится из открытых водоемов, воду обычно осветляют, обесцвечивают и обеззараживают. Если же источники водоснабжения – подземные напорные и безнапорные воды или вода чистых озер и прудов, ее обработка ограничивается только обеззараживанием.

Конструктивное оформление принятой схемы определяется производительностью и составом проектируемых сооружений, рельефом и гидрогеологией площадки, климатическими данными и возможностью создания зон санитарной охраны, а также технико-экономическими расчетами.

При проектировании очистных сооружений комплекс и типы основного и вспомогательного оборудования определяются принятым методом обработки воды. Объем отдельных сооружений рассчитывают по времени, необходимому для протекания тех или иных физико-химических процессов в воде, поступающей на обработку. При непрерывной работе этих сооружений расчет их обязательно предполагает нахождение времени пребывания воды в различных элементах схемы при скорости потока, соответствующей нормальному течению процесса очистки.

Реагенты в воду подают таким образом, чтобы обработка ее заканчивалась в проектируемом комплексе оборудования и выходящая вода соответствовала

требованиям потребителя и чтобы в дальнейшем вода не изменяла своего состава и свойств. Для этого реагенты следует вводить в начале очистных сооружений и специальными устройствами обеспечивать быстрое и полное смешение отдозированных реагентов со всей массой очищаемой воды. Исключение составляют методы обработки воды, предназначенные для устранения воздействия разветвленной сети трубопроводов на качество воды (повторное бактериальное загрязнение, коррозия и т.д.), а также для ее обогащения микроэлементами (фторирование). В этом случае реагенты, не содержащие взвешенных веществ и не образующие их при взаимодействии с солями, содержащимися в воде, разрешается вводить в очищенную воду.

Сочетание соответствующих технологических процессов и сооружений составляет технологическую схему улучшения качества воды. Используемые в практике водоподготовки технологические схемы можно классифицировать следующим образом: реагентные и безреагентные; по эффекту осветления; по числу технологических процессов и числу ступеней каждого из них; напорные и безнапорные.

Реагентные и безреагентные технологические схемы применяют при подготовке воды для хозяйственно-питьевых целей и нужд промышленности. Указанные технологические схемы существенно отличаются по размерам водоочистных сооружений и условиям их эксплуатации. Процессы обработки воды с применением реагентов протекают интенсивнее и значительно эффективнее. Так, для осаждения основной массы взвешенных веществ с использованием реагентов необходимо 2-4 ч, а без реагентов – несколько суток. С использованием реагентов фильтрование осуществляется со скоростью 5-12 м/ч и более, а без реагентов – 0,1-0,3 м/ч (медленное фильтрование).

Водоочистные сооружения для обработки воды с применением реагентов значительно меньше по объему, компактнее и дешевле, но сложнее в эксплуатации, чем сооружения безреагентной схемы.

Глубокому осветлению подвергают воду хозяйственно-питьевых и других производственных водопроводов, где к качеству технической воды предъявляют высокие требования. Технологию для неполного осветления воды обычно используют при подготовке технической воды.

Тема 5. Сооружения механической очистки

5.1. Определение эффективности работы фильтров

Современные конструкции скорых фильтров

Коагулированная и прошедшая отстойник или осветлитель вода поступает на фильтр. Сначала вода проступает в боковой карман, а из него – в резервуар фильтра. Высота слоя воды над поверхностью загрузки должна быть не менее 2 м. В процессе фильтрования вода проходит фильтрующий и поддерживающий слой, а затем поступает в распределительную систему, из неё в резервуар чис-

той воды. Максимальная потеря напора в фильтрующей загрузке допускается 2,5...3 м.

При промывке фильтров путем переключения соответствующих задвижек промывная вода поступает в распределительную систему и далее в фильтрующий слой, который она проходит снизу вверх и расширяет (взвешивает). Дойдя до верхней кромки промывных желобов, промывная вода вместе с вымытыми ею из фильтрующего материала загрязнениями переливается в желоба, а из них в боковой карман и отводится в водосток. Расчетную скорость фильтрования (6...10 м/с) и толщину слоя однослойной фильтрующей загрузки (0,7...2,0 м) в соответствии со СНиПом следует принимать в зависимости от крупности зёрен фильтрующей загрузки (0,5...2,0 мм). При площади одного фильтра более 30 м² его делят на две равные части распределительным каналом. Этот канал по высоте разбит на два изолированных друг от друга яруса. Через верхний ярус производится подача осветляемой воды и отвод отработавшей промывной воды, а через нижний – отвод фильтрата и подвод вниз фильтра промывной воды.

Для улучшения промывки фильтр снабжен специальной распределительной системой для подачи во время промывки сжатого воздуха. Эта распределительная система располагается в фильтрующей загрузке над основным дренажем фильтра. Для отбора проб фильтрующей воды и фильтрата имеются трубки, оканчивающиеся вентилями над раковиной, установленной на фронте фильтра. Сюда же подведена трубка для выпуска воздуха из фильтра во время его наполнения и подачи воздуха при спуске воды из фильтра. Загрузка фильтра производится через верхний лаз. Для гидравлической выгрузки фильтрующей загрузки предусмотрен специальный разгрузочный штуцер.

Нашей промышленностью серийно выпускаются напорные вертикальные фильтры пяти типоразмеров. Высота фильтрующей загрузки в фильтрах всех размеров принята 1,2 м. Наибольший диаметр напорного фильтра из условий удобства перевозки железнодорожным транспортом принят 3,4 м, фильтрующая площадь такого фильтра составляет 7,1 м². Поэтому при более или менее значительной производительности водоочистой установки приходится устанавливать большое число фильтров и арматуры, что удорожает строительство и усложняет эксплуатацию фильтров. Число устанавливаемых напорных фильтров может быть сокращено примерно в 4 раза в случае применения горизонтальных напорных фильтров, площадь фильтрования которых составляет 28...30 м, или вертикальных двух- и трехкамерных фильтров.

Обычным скорым фильтрам свойственен серьезный недостаток – сравнительно невысокая задерживающая способность (грязеёмкость). Причиной этого является то, что при промывке фильтрующей загрузки обратным током воды происходит гидравлическая сортировка загрузки, в результате чего у поверхности скапливаются более мелкие фракции, а внизу более крупные. При фильтровании осветленной воды через такую загрузку взвешенные вещества задерживаются главным образом в верхнем слое загрузки, состоящем из более мелких фракций. При этом предельно допустимая потеря напора в фильтрующем слое

получается тогда, когда грязеемкость нижележащих, более крупнозернистых слоев используется лишь в очень небольшой степени.

Этот недостаток обычного скорого фильтра устранен в фильтрах ДДФ и АКХ, где основная часть фильтруемой воды пропускается через загрузку снизу вверх, и лишь небольшая часть воды, главным образом в целях уравнивания загрузки, подается сверху вниз. Фильтрованная вода отводится по специальной дренажной системе, располагаемой в фильтрующей загрузке. При фильтровании основной массы воды в направлении уменьшения крупности зерен загрузки содержащиеся в воде взвешенные вещества могут проникать на значительно большую глубину, в результате чего использование грязеемкости фильтрующей загрузки повышается примерно в 2,5 раза по сравнению с обычным скорым фильтром.

Горизонтальный напорный фильтр системы А.Г. Туганова. Фильтр не имеет поддерживающих гравийных слоев. Подача осветляемой воды на фильтр и отвод промывной воды осуществляются по двум дырчатым трубам диаметром 150 мм. Трубы подвешены у верха фильтра параллельно его продольной оси. Фильтрующий слой располагается непосредственно на щелевом дренаже, который выполнен из сборных стальных плит с зазорами между ними величиной 4 мм; эти зазоры перекрываются пластинками из нержавеющей стали таким образом, чтобы по всей длине образовывались щели шириной 0,4 мм. Под щелевым днищем размещен дренажный коллектор диаметром 300 мм. Диаметр частиц составляет 0,5...1,5 мм фильтрующей загрузки. Промывка загрузки предусмотрена водовоздушной.

Напорные фильтры АКХ серийно выпускает наша промышленность тех же пяти диаметров, что и обычных напорных фильтров. Для улучшения условий промывки предусмотрен подвод в фильтры сжатого воздуха, который равномерно распределяется с помощью распределительной системы, расположенной в загрузке непосредственно над нижним дренажем. Фильтры не имеют поддерживающих слоев, вследствие чего нижний дренаж выполняют в виде ряда распределительных труб с щелевыми колпачками.

Выпускают также *горизонтальные напорные фильтры АКХ*, близкие по конструктивному оформлению к фильтрам системы А.Г. Туганова, но с двухпоточным фильтрованием – снизу и сверху. Фильтры имеют диаметр ~ 3 м, высоту нижнего слоя – 1,08 м, верхнего – 0,5 м, длину 10...16 м, площадь фильтрования 30 м². Как указывалось, в фильтрах АКХ значительно повышается грязеемкость фильтрующей загрузки, но конструкция их сложнее, чем обычных скорых фильтров.

Более простыми являются фильтры с двухслойной загрузкой. В конструктивном отношении они не отличаются от обычных скорых фильтров, и двухслойная загрузка может быть применена в обычном скором фильтре без какой-либо дополнительной конструктивной переделки.

Осветление воды на *высокопроизводительных самопромывающихся фильтрах ВСФ-2000* непрерывного действия широко используется в системах производственного водоснабжения. Высокопроизводительные самопромываю-

щиеся фильтры (ВСФ-2000) применяют для предочистки высокомутной воды с последующей ее очисткой; в схемах одноступенчатой очистки воды, используемой для производственного водоснабжения при сравнительно невысоких требованиях к ее качеству (содержание взвешенных веществ 50...1000 мг/л); для удаления планктона взамен микрофильтрации; для очистки оборотной воды от взвешенных веществ.

По данным завода-изготовителя, фильтры ВСФ-2000 могут задерживать частицы размером 0,01 мм и выше при суммарном количестве взвешенных веществ 500...1000 мг/л. Общая высота фильтра 5,17 м, ширина 2,545 м, диаметр 2,032 м. Производительность фильтра 2000 м³/ч при скорости фильтрования 600...700 м/ч. Расход воды на промывку составляет 2...5%. Очистка воды на двухкамерных напорных фильтрах без предварительного осветления получила распространение в системах промышленной водоочистки. Известно, что грязеемкость обычных скорых фильтров не превышает 1,5 кг/м², а грязеемкость двухкамерных фильтров достигает 40 кг/м² при скорости фильтрования 15...25 м/ч в первой и 6...10 м/ч во второй камере. Оптимальная доза коагулянта для воды мутностью до 100 мг/л составляет 7 мг/л (что на 70% меньше обычной дозы). При мутности исходной воды до 20 мг/л очистку воды на двухкамерных фильтрах можно производить без коагуляции. Предельное количество взвешенных веществ в воде, подлежащей очистке, для паводкового периода не должно превышать 1000 мг/л. Предложенная технологическая схема позволяет производить очистку воды для технического водоснабжения большинства равнинных рек только на двухкамерных фильтрах без предварительного отстаивания, что дает экономию на строительной стоимости 100...150 тыс. руб. для заводов производительностью 100 тыс. м³/сут.

Использование *фильтр-блоков* с плавающей полимерной загрузкой является одним из путей интенсификации процесса фильтрования природных вод. В результате сравнения технико-экономических показателей М.Г. Журбой установлено, что наиболее рациональными в настоящее время являются гранулы вспененного полистирола, полученные в результате спекания. В настоящее время промышленностью освоен массовый выпуск различных марок пенополистирола и шунгизита. В последующем, после освоения промышленностью, могут найти применение в качестве плавающих загрузок газонаполненные гранулы керамзита, котельные и металлургические шлаки, а также различные полимерные материалы, обладающие достаточной механической прочностью, химической стойкостью и пористостью.

Замена тяжелых фильтрующих загрузок на плавающие существенно меняет технологию фильтрования воды, позволяет увеличить допустимую по сравнению с кварцевыми фильтрами концентрацию взвеси в исходной воде и скорость фильтрования, значительно упростить регенерацию загрузки, позволяет отказаться от установки промывных наносов и специальных емкостей для воды. М.Г. Журбой подтверждено, что гранулы полистирола обладают более высокими адгезионными и электрокинетическими свойствами по сравнению с зернами песка и их применение интенсифицирует процесс фильтрования в целом.

В настоящее время в практику водоочистки внедряют напорные фильтры с плавающей загрузкой (ФПЗ) для очистки производственных вод прокатных станов, а также ФПЗ для осветления природных вод. В зависимости от содержания и характера взвеси в воде, подаваемой на очистные сооружения, а также от производительности водоочистного комплекса предложены следующие основные схемы фильтрования: через многоярусные или многослойные фильтры с убывающей крупностью гранул по ходу движения осветляемой воды снизу вверх (ФПЗ-2, ФПЗ-3, КФПЗ); через фильтры большой грязеемкости при фильтровании воды сверху вниз; с горизонтальным направлением фильтрования; с непрерывной регенерацией загрузки.

Дренажи скорых фильтров из пористого полимербетона

Пористый полимербетон, как фильтрующий материал, известен уже много лет, но раньше его использование касалось только дренажей скорых фильтров, дренажей скорых фильтров из пористого полимербетона (СНиП 2.04.02-84* “Водоснабжение. Наружные сети и сооружения”).

Изучение свойств пористого полимербетона открыло возможность использовать его в качестве фильтрующего материала для фильтров механической очистки. Усилиями главного разработчика В.И. Корневского эта технология доведена до промышленного использования, что нашло отражение в разработке целого семейства полимербетонных фильтров (ПБФ) и выпуске сотен единиц водоочистного оборудования для многих отраслей хозяйства страны.

Дренажные системы из пористого полимербетона служат для сбора фильтрованной воды и равномерного распределения промывной воды по площади фильтра. Пористый полимербетон выполняется из заполнителя (щебня или гравия), скрепленного эпоксидным связующим. Дренажи из пористого полимербетона предназначены для использования в фильтрах при осветлении и обесцвечивании воды в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения. Дренажи из пористого полимербетона могут применяться при водяной и водовоздушной промывке.

Рекомендуется применять следующие типы дренажных систем: из сборных полимербетонных плит, из железобетонных дырчатых плит, отверстия которых заполнены пористым полимербетом, и из монолитного полимербетона.

Фильтры ПБФ. В настоящее время освоено производство фильтров следующих моделей: ПБФ-1.5, ПБФ-3, ПБФ-5, ПБФ-30, ПБФ-50 – полимербетонные фильтры, рассчитанные на производительность от 1,5 до 50 м³/ч соответственно. Также выпускаются комплекты реконструкции для фильтров ФОВ и сменные фильтроэлементы ПБФ.

Область применения. Фильтры типа ПБФ предназначены для очистки промстоков и технической воды в системах оборотного водоснабжения предприятий от механических примесей (песок, окалина, волокна и др.), а также питьевой воды в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения. Фильтры позволяют значительно улучшить показатели мутности, т.к. при оптимальном режиме имеют эффективность 80-90%.

Технические данные. Эффективность фильтров ПБФ составляет в среднем 80-90% и мало зависит от исходной загрязненности воды. При исходной загрязненности воды 10 мг/л и эффективности 80% содержание взвешенных частиц в фильтрате составит 2 мг/л, при этом в фильтре будет оставаться 8 г загрязнений с каждого кубометра воды, проходящей через фильтр. Чем выше исходная загрязненность воды, тем короче фильтроцикл и тем больше вероятность проскока загрязнений к концу фильтроцикла. В случаях высокой загрязненности исходной воды рекомендуется предварительное отстаивание.

Фильтры ПБФ рассчитаны на максимальное давление на входе 0,5 МПа и температуру воды 5-40°C. Размер частиц, задерживаемых на фильтре, – более 10 мкм. Наибольшая эффективность фильтров проявляется при размере частиц 20-30 мкм.

Срок службы фильтроматериала – пористого полимербетона – зависит от pH фильтруемой среды. Наибольшие значения (5-6 лет) обеспечиваются для нейтральных сред, характеризующихся интервалом $6 < \text{pH} < 8$. Не рекомендуется использовать фильтры ПБФ для очистки (сепарации) растворов, содержащих химически реагирующие вещества, т.к. это может привести к необратимому загрязнению поровых каналов фильтроэлементов нерастворимыми продуктами таких реакций (“цементация”). В этом случае потребуется регулярная замена фильтроэлементов.

Фильтры должны эксплуатироваться в закрытых, сухих, отапливаемых помещениях, категория 4 по ГОСТ 15150-69. Не допускается присутствие в воздухе паров кислот и других едких жидкостей.

Материал фильтров. Основная деталь фильтров ПБФ – цилиндрические фильтроэлементы из пористого полимербетона. Разработанная технология позволяет получать пористый полимербетон оптимального состава. В качестве наполнителя используется кварцевый песок – зерна размером 0,6-1,2 мм, имеющие форму, близкую к сферической (окатанные). Каждое зерно покрывается слоем полимерного связующего, при соединении зерен (вибротрамбовка и прессование) образуются межзерновые структуры перемычки. После завершения процесса полимеризации полимербетона образуется материал с регулярной структурой, с увеличенной сетью поровых каналов. Высокая гладкость каналов, как результат покрытия полимерной пленкой, обеспечивает малые значения гидравлического сопротивления фильтроматериала.

Принципы работы. Готовые фильтроэлементы устанавливаются в корпуса фильтров – от одной до семи колонн высотой 0,5-1,5 м. Фильтрация воды происходит через вертикальную стенку – это главное отличие от традиционных фильтров с зернистой загрузкой типа ФОВ, в которых поверхность фильтрующей загрузки горизонтальна. Механизм накопления загрязнений в межзерновых камерах – внутренняя фильтрация – и в фильтрах ПБФ и в фильтрах типа ФОВ примерно одинаков. Однако поверхностная фильтрация имеет принципиальные отличия. В фильтрах типа ФОВ загрязнения, накопленные на границе раздела “загрузка – слой жидкости”, увеличивают гидравлическое сопротивление поверхностного фильтрующего слоя и под действием возникшего перепада дав-

ления в слое уплотняют его, дополнительно увеличивая гидравлическое сопротивление фильтра и сокращая фильтроцикл. В фильтрах ПБФ загрязнения, накопленные на фильтрующей поверхности, имеют возможность под действием силы тяжести “сползать” по поверхности, накапливаясь в донной части фильтра, т.е. имеет место эффект самоочистки.

По мере исчерпания грязеемкости, что выражается в увеличении сопротивления фильтра до 0,04 МПа, против 0,02 МПа для чистого фильтра, возникает необходимость в регенерации. Регенерация фильтров ПБФ осуществляется обратным током фильтрата (чистой воды) с расходом, увеличенным по сравнению с номинальным в 2-3 раза. При этом обеспечивается интенсивность промывки 3,5-5,5 л/(с·м), что меньше значений, рекомендуемых для ФОВ.

Своевременность и полнота регенерации фильтра обеспечивает заданный срок службы фильтра. В противном случае возможно постепенное нарастание гидравлического сопротивления фильтра, которое в дальнейшем уже не сможет быть уменьшено даже высокоинтенсивной промывкой из-за уплотнения загрязнений в поровых каналах. Это приведет к необходимости досрочной замены фильтроэлементов.

Водовоздушная промывка фильтровальных сооружений

Водовоздушная промывка предназначена для удаления из зернистой фильтрующей загрузки загрязнений, задержанных во время рабочего цикла. При применении соответствующих устройств для подачи воды и воздуха водовоздушная промывка может быть использована в фильтровальных сооружениях с нисходящим и восходящим потоками обрабатываемой воды. Водовоздушная промывка может быть рекомендована только для сооружений с загрузкой из кварцевого песка и других аналогичных материалов, имеющих достаточно высокую плотность и прочность и способных противостоять флотирующему и истирающему действию водовоздушного потока.

Площади отдельных фильтровальных сооружений, промываемых водой и воздухом, следует принимать до 40 м² на одно отделение (80 м² для сооружений, состоящих из двух отделений). Большие площади допускаются при соответствующем экспериментальном обосновании.

Принципы действия, особенности и преимущества. Водовоздушную промывку надлежит осуществлять при подаче в загрузку воды и воздуха в направлении снизу вверх. Водовоздушная промывка обладает более сильным действием, чем водяная и это дает возможность получить высокий эффект отмывки загрузки при небольших расходах промывной воды, в том числе и таких, при которых взвешивания загрузки в восходящем потоке не происходит. Эта особенность водовоздушной промывки позволяет:

- примерно в 2 раза сократить интенсивность подачи и общий расход промывной воды;
- соответственно снизить мощность промывных насосов и объемы сооружений для запаса промывной воды, уменьшить размеры трубопроводов для ее подачи и отвода;

- уменьшить объемы сооружений по обработке сбросных промывных вод и содержащихся в них осадков.

Схема горизонтального отвода воды от промывки. При использовании водовоздушной промывки надлежит применять горизонтальный отвод промывной воды, схема которого показана на рис. 5.1.

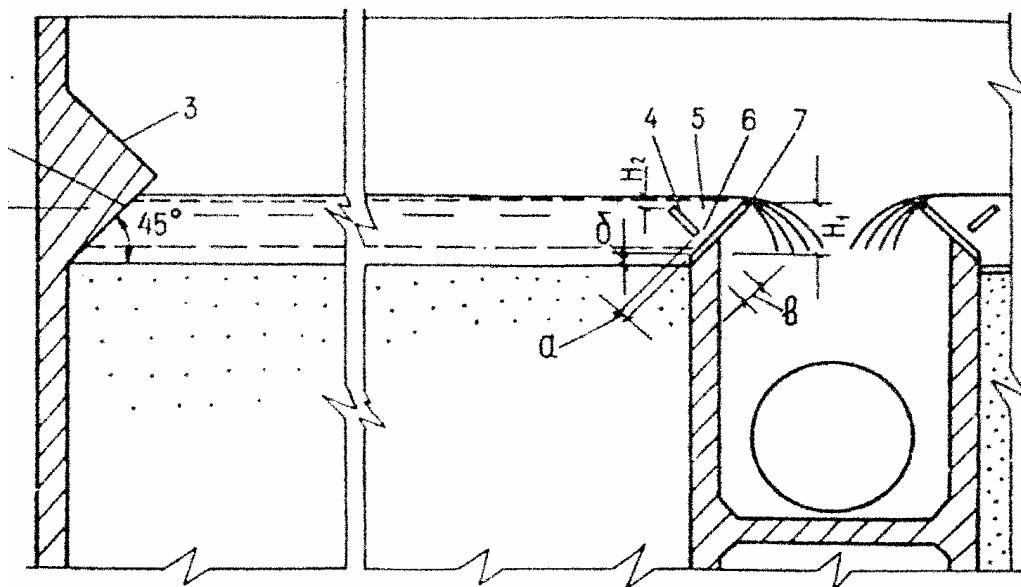


Рис. 5.1. Горизонтальный отвод промывной воды: 1 – струенаправляющий выступ; 2, 3 – поверхности выступа; 4 – отбойная стенка желоба; 5 – пескоулавливающий желоб; 6 – щель между отбойной и водосливной стенками; 7 – водосливная стенка желоба; а – 15-20 мм; б – 20-30 мм; в – 30-40 мм

Высота слоя воды в надзагрузочном пространстве сравнительно невелика, что позволяет при малых расходах получить в нем достаточную скорость горизонтального движения воды для быстрого и полного удаления вымываемых из загрузки загрязнений. Наклонная поверхность струенаправляющего выступа, стесняя поток, увеличивает его транспортирующую способность на начальном участке пути движения воды.

Пескоулавливающий желоб устроен с учетом предотвращения попадания в него воздуха. Выносимые потоком в зону желоба отдельные частицы песка оседают на наклонные стенки и, сползая по ним через нижнюю щель, снова поступают в загрузку.

Все это должно быть принято во внимание в отношении колпачков с узкими щелями. Расчет и конструирование трубчатых систем для подачи и распределения воды следует производить исходя из следующих условий:

- диаметр распределительных (перфорированных) труб определяют исходя из скорости движения воды на выходе в них при 3-м этапе промывной водой, равной 1,5-2,0 м/с. При этом расстояния между осями труб следует принимать 250-350 мм (меньшие расстояния – для труб меньшего диаметра);

- трубы следует укладывать на высоте 120-150 мм от дна фильтра до низа труб, точно посередине между трубами для подачи воздуха.

При применении круглых отверстий суммарная их площадь должна составлять 0,18-0,22% площади сооружения. При этом отверстия располагаются в один ряд по нижней образующей труб (диаметр отверстия 10-12 мм, расстояния между их осями 120-160 мм.)

Режим и основные параметры промывки. Водовоздушную промывку, как правило, следует осуществлять в три этапа:

1-й – подача в загрузку воздуха для частичного разрушения скоплений взвеси в загрузке и выравнивания ее сопротивления по площади сооружения;

2-й – подача воздуха и воды в целях более полного разрушения скоплений взвеси и выноса основной массы загрязнений из загрузки;

3-й – подача воды (с большей, чем на 2-м этапе, интенсивностью) для удаления из загрузки защемленного в порах воздуха и восстановления ее пористости.

В тех случаях, когда основная масса загрязнений задерживается в верхних слоях фильтрующей загрузки, и при малой прочности скоплений взвеси может оказаться приемлемой двухэтапная промывка, включающая 1-й и 3-й этапы, что должно быть проверено в процессе эксплуатации сооружений.

Устройства для подачи и распределения воды и воздуха. Распределение воды и воздуха можно производить с помощью специальных колпачков или по перфорированным трубам.

Схема трубчатых систем подачи воды и воздуха показана на рис. 5.2. Системы состоят из магистрали и коллектора (в виде канала или трубы) для подачи воды, а также из дырчатых труб для ее распределения по площади сооружения. Воздух подается и распределяется по магистрали, коллектору и дырчатым трубам.

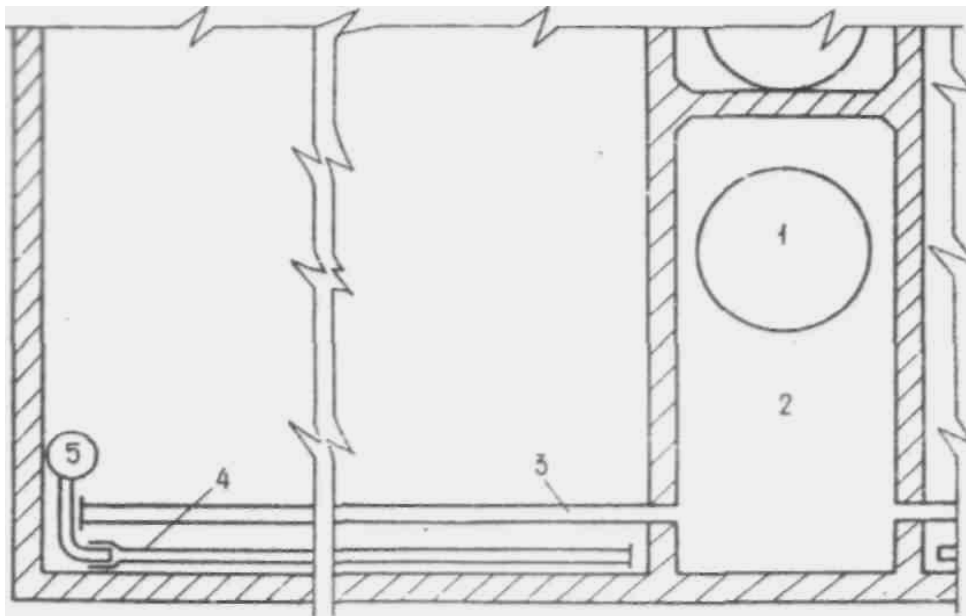


Рис. 5.2. Трубчатые системы для подачи воды и воздуха: 1 – магистраль для распределения воды; 2 – коллектор для распределения воды; 3 – дырчатые трубы для распределения воды; 4 – дырчатые трубы для распределения воздуха; 5 – коллектор для распределения воздуха

Отверстия в трубах, распределяющих воду и воздух, могут быть круглыми (когда фильтровальное сооружение имеет гравийные слои в нижней части) или щелевидными (при безгравийной загрузке). Щелевидные трубы (обычно полиэтиленовые) имеют щели шириной 0,5 мм и во избежание засорения их надлежит применять только в сооружениях с нисходящей фильтрацией в условиях, когда исключены коррозия подводящих труб и возможность попадания в трубы продуктов коррозии и других механических примесей с промывной водой и воздухом.

Для распределения воздуха следует применять полиэтиленовые трубы со стенкой, толщина которой должна обеспечивать их жесткость и прямолинейность. Трубы, поставляемые в бухтах, применять не рекомендуется. Отверстия или щели в трубах надлежит располагать в шахматном порядке двум образующим под углом 45 градусов к вертикали при направлении их вниз. Щели необходимо нарезать перпендикулярно оси трубы. Они должны иметь ширину больше 0,5 мм и длину (по внутренней поверхности трубы, т.е. в свету) 15-25 мм (в зависимости от диаметра трубы.). Круглые отверстия должны иметь диаметр 3-5 мм при расстоянии 180 мм друг от друга. Отверстия и щели должны быть по всей площади фильтра, включая пристенные участки. На краевых участках фильтра надлежит укладывать трубы для распределения воздуха, а не для распределения воды. Полиэтиленовые трубы для распределения воздуха необходимо укладывать строго горизонтально, непосредственно на днище или на подкладках высотой 10-30 мм. Должно быть обеспечено весьма надежное крепление труб к днищу. Возможные способы крепления труб показаны на рис. 5.3.

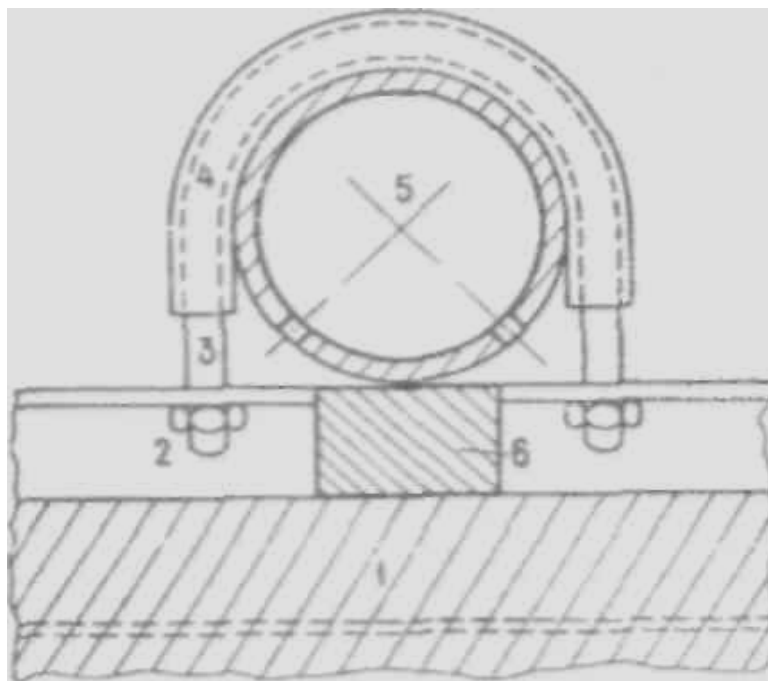


Рис. 5.3. Крепление распределительных труб для подачи воздуха с помощью хомутов: 1 – днище; 2 – швеллер, закладываемый в днище; 3 – хомут; 4 – резиновая трубка; 5 – труба для подачи воздуха; 6 – подкладка

Расстояния между креплениями должны предотвращать возможность изгиба труб в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Элементы крепления труб не должны закрывать отверстия в них. Концы труб должны быть заварены заглушками, утапливаемыми внутрь трубы на 10-15 мм. Для упора заглушек через оставшиеся свободными торцы труб следует пропускать 2-3 шпильки диаметром по 3-5 мм. Для компенсации теплового расширения труб расстояние между их концами и стенкой фильтра должно быть 20-30 мм. Конструкция системы должна обеспечивать возможность монтажа труб с высокой точностью. Отклонения верха труб от горизонтальной плоскости (проверяются по уровню воды) допускаются не более ± 3 мм, отклонения осей труб в плане более ± 10 мм.

Во время рабочего цикла трубы системы подачи воздуха должны быть заполнены водой. Для обеспечения выдавливания воды из системы во время промывки коллектор воздушной системы должен располагаться выше распределительных труб. Имеются примеры устройства отдельных коллекторов для каждого отделения фильтра с расположением в нижней части, а также над струенаправляющим выступом и внутри его.

Должна быть обеспечена надежная и прочная стыковка труб распределительной системы с коллектором. Коллектор рекомендуется выполнять в виде стальной трубы с приваренными вблизи нижней образующей отводами (коленами под углом 90 градусов); соединение полиэтиленовых распределительных труб с коленами следует производить, насаживая на них разогретые концы труб.

Магистральный воздухопровод должен располагаться на отметке, исключающей возможность попадания в него воды во время остановки воздуходувного агрегата с учетом давления, имеющегося в нижней части загрузки во время промывки, магистральный трубопровод надлежит располагать на 3-4 м выше зеркала воды в фильтровальном сооружении во время промывки. Магистраль должна соединяться с коллектором воздушной распределительной системы с помощью вертикального стояка. Во избежание образования воздушных мешков на присоединениях следует избегать длинных горизонтальных участков. На стояке устанавливается запорная арматура. Стояк надлежит присоединять к коллектору со стороны торца. С этой целью труба коллектора пропускается через стенку фильтра и за его пределами соединяется со стояком, подводящим воздух к фильтру.

При различном диаметре труб коллектора и стояка переход с одного диаметра на другой должен производиться за пределами фильтра. При наличии двух отделений фильтра с самостоятельными коллекторами, как правило, следует устанавливать один стояк с запорной арматурой и симметричными ответвлениями для присоединения к коллекторам.

Приближенный расчет системы подачи и распределения воздуха может быть произведен исходя из следующих данных: скорость выхода воздуха из отверстий труб распределительной системы должна быть равной 45-50 м/с, на входе в трубы распределительной системы – 13-17, на входе в коллектор – 7-10 м/с, при этом две последние скорости находятся в обратных соотношениях

(т.е. большим скоростям в трубах соответствуют меньшие скорости в коллекторе и наоборот).

Скорость движения воздуха в магистральных трубопроводах следует принимать равной 18-25 м/с. Указанные расчетные параметры систем подачи и распределения воздуха приняты при атмосферном давлении, поэтому расчет указанных систем следует производить без учета сжатия воздуха.

5.2. Применение тонкослойного отстаивания

Отстойники и осветлители со взвешенным осадком

Назначение и область применения. Отстойные сооружения (вертикальные и горизонтальные отстойники и осветлители со взвешенным осадком), оборудованные тонкослойными элементами, предназначены для осветления природных поверхностных вод малой и средней мутности и цветности на водоочистных станциях систем хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения.

В сооружениях тонкослойного осветления осаждение взвеси происходит в наклонных элементах малой высоты. При этом обеспечиваются быстрое выделение взвеси и ее сползание по наклонной плоскости элементов в зоны хлопьеобразования и осадкоуплотнения.

Тонкослойные отстойные сооружения можно применять как при реконструкции действующих отстойников и осветлителей в целях их интенсификации, так и для вновь проектируемых водоочистных станций.

Рекомендации распространяются на сооружения с противоточным движением воды и осадка в тонкослойных элементах.

Требования к качеству и методам обработки воды, поступающей на сооружения с тонкослойными элементами, аналогичны требованиям для других типов отстойных сооружений. Производительность тонкослойных отстойников и осветлителей не ограничивается.

Технологические схемы и конструктивные особенности тонкослойных отстойников. Тонкослойный вертикальный отстойник (рис. 5.4) работает следующим образом. Исходная вода, обработанная реагентами, поступает в расположенную в центральной части отстойника камеру хлопьеобразования и затем, после ее прохождения, вместе с образующимися хлопьями проходит последовательно распределительную зону и тонкослойные наклонные элементы. Осветленная вода через сборные желоба отводится из сооружения. Осадок из отстойника сбрасывается через систему удаления осадка.

В тонкослойном горизонтальном отстойнике (рис. 5.5) обработанная реагентами исходная вода поступает во встроенную камеру хлопьеобразования (любого из рекомендуемых действующими нормами типов). Из камеры поток воды, двигаясь горизонтально под блоками и поднимаясь снизу вверх, проходит тонкослойные элементы и поступает в расположенную над ними сборную систему и карман. Накапливающийся в отстойнике осадок периодически сбрасывается через систему удаления осадка.

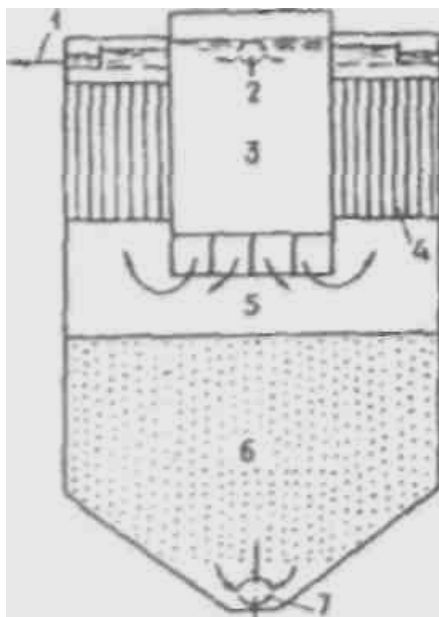


Рис. 5.4. Вертикальный отстойник, оборудованный тонкослойными блоками: 1 – отвод отстоянной воды; 2 – подача исходной воды; 3 – камера хлопьеобразования; 4 – тонкослойные блоки; 5 – зона распределения воды; 6 – зона накопления осадка; 7 – удаление осадка

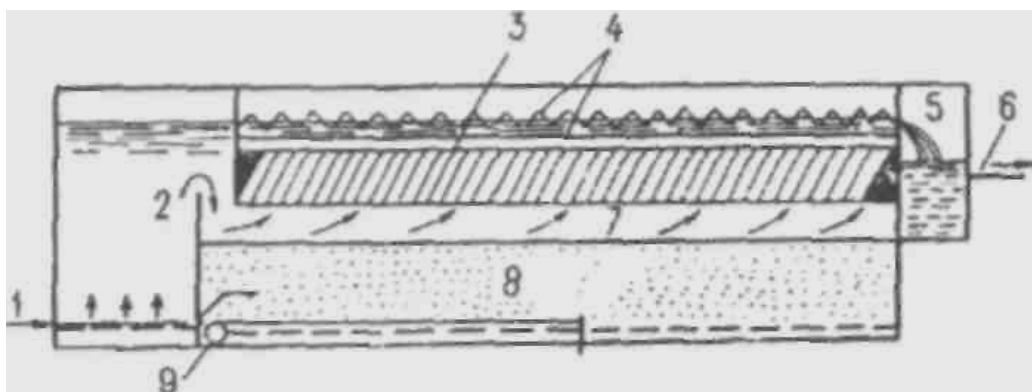


Рис. 5.5. Горизонтальный отстойник, оборудованный тонкослойными блоками: 1 – подача исходной воды; 2 – камера хлопьеобразования; 3 – тонкослойные блоки; 4 – сборные желоба; 5 – карман сбора осветленной воды; 6 – отвод осветленной воды; 7 – зона распределения воды; 8 – зона накопления осадка; 9 – удаление осадка

Тонкослойный осветлитель (рис. 5.6) работает следующим образом. Исходная вода, обработанная реагентами, поступает в зоны предварительного хлопьеобразования (взвешенного осадка) и далее через распределительную зону и зону сползающего осадка поступает в тонкослойные элементы. Осветленная вода, пройдя тонкослойные элементы, поступает в сборные устройства и отводится из сооружения. Осадок из зоны его накопления удаляется через перфорированные трубы.

Тонкослойные элементы или блоки могут выполняться из мягких или полужестких полимерных пленок, соединенных в сотовую конструкцию, или из жестких листовых материалов в виде отдельных полок (рис. 5.7).

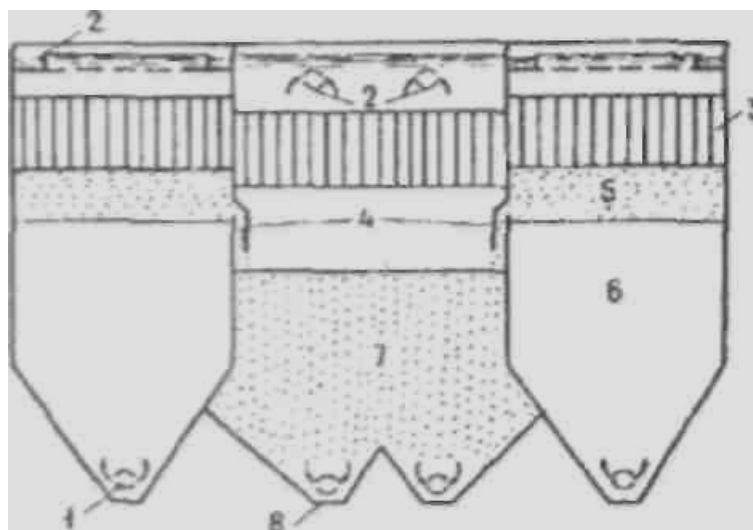


Рис. 5.6. Осветлитель, оборудованный тонкослойными блоками: 1 – подача исходной воды; 2 – отвод осветленной воды; 3 – тонкослойные блоки; 4 – окна для отвода осадка; 5 – зона сползания осадка; 6 – зона взвешенного осадка; 7 – зона накопления осадка; 8 – удаление осадка

Размеры в плане отдельных блоков для удобства их монтажа и эксплуатации следует принимать 1×1 – $1,5 \times 3,5$ м с учетом фактических размеров сооружения. Высоту поперечного сечения тонкослойного ячеистого элемента рекомендуется принимать равной 0,03-0,05 м. Ячейки могут быть приняты любой формы, исключающей накопление в них осадка. Угол наклона элементов необходимо принимать $50-60^\circ$ (меньшие значения – для более мутных вод, большие – для маломутных цветных). Длину тонкослойных элементов следует определять специальным расчетом и принимать 0,9-1,5 м.

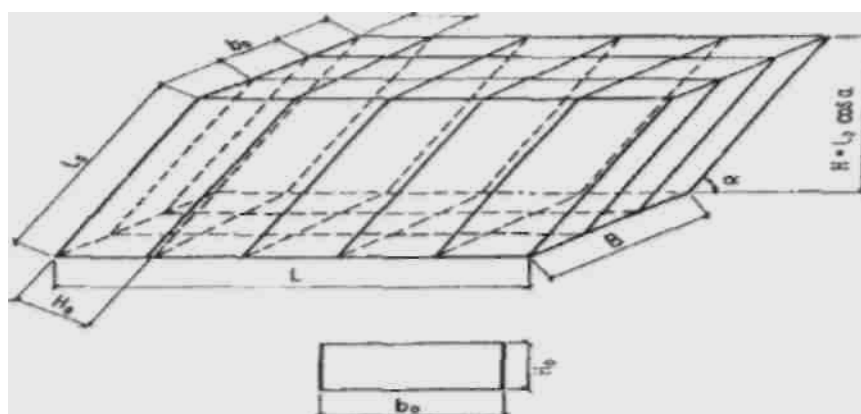


Рис. 5.7. Конструктивные параметры тонкослойных элементов в блоке: l – длина тонкослойного элемента; b – ширина тонкослойного элемента; H_0 – высота тонкослойного элемента; H – высота тонкослойного сотоблока; L – длина тонкослойного сотоблока; B – ширина тонкослойного сотоблока

Установку отдельных блоков в отстойниках и осветлителях следует осуществлять с помощью специальных несущих конструкций, расположенных под

или над ними, либо их креплением к элементам сборной системы (желобам, лоткам, трубам) и промежуточным стенкам сооружений. При этом могут быть использованы стальные или полимерные трубы, дерево, арматурная проволока, профилированные конструкции и т.д.

Необходимо обеспечивать герметичность зазоров между отдельными блоками и внутренними стенками сооружений, например с помощью резиновых прокладок.

Сбор осветленной воды из тонкослойных сооружений следует осуществлять по желобам с затопленными отверстиями или открытыми водосливами, например треугольного профиля, расположенными на расстоянии не более 2 м один от другого.

5.3. Мероприятия по увеличению коэффициента использования объема сооружений

Контактные камеры хлопьеобразования

Сущность метода и область применения. Контактные камеры хлопьеобразования следует применять в технологических схемах осветления мало- и среднемутных цветных и высоко-цветных вод.

Область применения контактных камер ограничивается мутностью исходной воды до 150 мг/л, цветностью до 250 град.

При более высокой мутности и цветности исходной воды применение контактных камер должно обосновываться соответствующими технологическими изысканиями.

Работа контактных камер хлопьеобразования основана на принципе контактной коагуляции, обусловленной способностью мелких частиц взвеси и микрохлопьев коагулянта после взаимной нейтрализации электрокинетических зарядов прилипать к поверхности более крупных частиц фильтрующей загрузки.

Адгезия частиц загрязнений и продуктов гидролиза коагулянта происходит до тех пор, пока в результате накопления осадка в порах зернистой контактной среды скорость движения воды не достигнет величины, при которой начинаются отрыв хлопьев осадка и вынос их в отстойники. В дальнейшем контактная камера работает в режиме устойчивого равновесия: масса поступающей в камеру взвеси и продуктов гидролиза коагулянта равна массе твердой фазы выносаемого водой из камеры осадка. Образование хлопьев осадка в контактных камерах происходит быстрее, чем в камерах со свободным объемом воды, особенно при маломутных цветных водах и низкой температуре воды. Осадок получается более плотным.

Технологической схемой станции осветления и обесцвечивания воды должна быть предусмотрена установка перед контактными камерами хлопьеобразования сеток, предпочтительно барабанных, или микрофильтров, а также распределителей коагулянта.

Технологические параметры контактных камер хлопьеобразования, встроенных в отстойники. Площадь контактной камеры хлопьеобразования следует определять по удельной нагрузке в расчете на площадь зеркала воды. Удельная нагрузка V_k , $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ или $\text{м}/\text{ч}$, назначается в зависимости от концентрации взвеси C_0 , $\text{мг}/\text{л}$, с учетом минимальных температур воды в водоисточнике: при $C_0 < 5$ $V_k = 7-10$; при $C_0 = 5-10$ $V_k = 10-15$; при $C_0 = 20-150$ $V_k = 15-20$ (C_0 – содержание взвеси в воде, включая образующуюся от коагулянта). Меньшие значения следует принимать для минимальных температур воды. Высота слоя контактной загрузки для вод указанных типов рекомендуется 0,7 м.

В качестве зернистой контактной загрузки камер хлопьеобразования следует использовать полимерные плавающие материалы типа пенопласта полистирольного марок ПСБ и ПСВ, разрешенных для контакта с питьевой водой, или другие аналогичные материалы. Крупность зерен загрузки – 30-40 мм.

Гранулы пенопласта необходимой крупности целесообразно получать путем нарезки плит с помощью нагретой электрическим током нихромовой проволоки диаметром 0,8-1,0 мм. Плиты из пенопласта полистирольного выпускаются промышленностью в широком ассортименте. Для ускорения процесса получения гранул нужного размера целесообразно нихромовую проволоку в виде решетки натянуть на деревянную раму с теплостойкими прокладками (например, асбестовыми), имеющую те же размеры, что и плита.

Для предотвращения всплытия гранул пенопласта в контактных камерах следует предусматривать закрепленную удерживающую решетку с прозорами на 10 мм менее минимальных размеров зерен загрузки.

В решетке должен быть предусмотрен люк, через который производится загрузка и выгрузка зернистого материала при необходимости проведения его ревизии. Материалом для решетки могут служить арматурные стержни, уголки и т. п. (для них следует предусматривать противокоррозионное покрытие).

Для задержания пенопласта при опорожнении отстойников в нижней части камеры должна быть установлена вторая нижняя решетка с ячейками, аналогичными верхней решетке.

Потерю напора (перепад давления) в слое заиленной зернистой контактной загрузки Δh_3 принимают равной 0,05-0,10 м.

Промывку контактных камер следует осуществлять обратным током воды при кратковременном выпуске ее без остановки станции. Промывку производят периодически при потере напора в камере выше расчетной.

Периодичность промывки зависит от состояния сетчатых защитных устройств на водозаборе или станции водоподготовки и степени загрязненности исходной воды.

Контактные камеры хлопьеобразования следует принимать встроенными в вертикальные и горизонтальные отстойники.

В вертикальных отстойниках контактные камеры располагают в центральной части отстойника. Воду в камеру подают на высоту 0,2-0,3 м над контактной загрузкой (рис. 5.8).

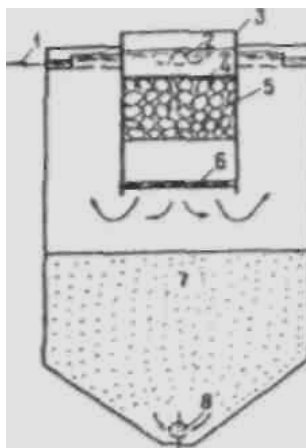


Рис. 5.8. Вертикальный отстойник с контактной камерой хлопьеобразования: 1 – отвод отстоянной воды; 2 – подача исходной воды; 3 – контактная камера хлопьеобразования; 4 – верхняя решетка; 5 – плавающая загрузка; 6 – нижняя решетка; 7 – зона накопления и уплотнения осадка; 8 – удаление осадка

При осветлении воды в горизонтальных отстойниках контактные камеры располагают в начале отстойников (рис. 5.9).

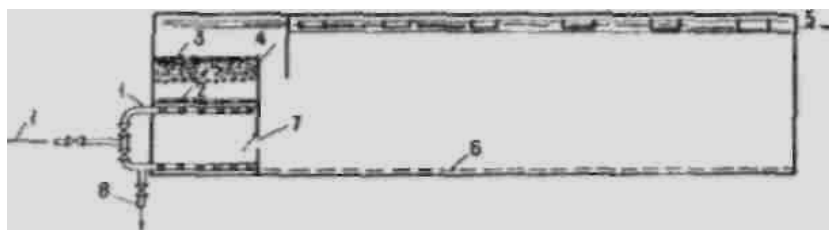


Рис. 5.9. Горизонтальный отстойник с контактной камерой хлопьеобразования: 1 – подача исходной воды; 2 – нижняя решетка; 3 – верхняя решетка; 4 – контактная зернистая загрузка; 5 – отвод осветленной воды; 6 – система удаления осадка из отстойника; 7 – люк для ревизии трубопроводов; 8 – система удаления осадка из камеры

Над камерами хлопьеобразования необходимо предусматривать павильоны шириной не более 6 м.

Отвод воды из камеры хлопьеобразования в горизонтальный отстойник следует предусматривать над стенкой (затопленный водослив), отделяющей камеру от отстойника, при скорости движения воды не более 0,05 м/с; за стенкой устанавливается подвесная перегородка, погруженная на 1/4 высоты отстойника и отклоняющая поток воды книзу.

На уровне верхней кромки затопленного водослива закрепляется решетка.

Распределение воды по площади камеры хлопьеобразования следует предусматривать с помощью перфорированных труб с отверстиями, направленными вниз под углом 45°. Расстояние между осями перфорированных труб следует принимать не более 2 м. Распределительные трубы размещают непосредственно под нижней решеткой, расположенной на расстоянии 1-1,2 м от верхней решетки.

Днище камеры следует выполнять с углом наклона граней 45° , в нижней части сходящихся граней располагают трубы для удаления осадка.

Для осуществления ревизии дна камеры и трубопроводов подачи воды и отвода осадка в нижней части затопленного водослива, отделяющего камеру от отстойника, следует предусматривать люк.

Применение контактных камер хлопьеобразования для интенсификации работы коридорных осветлителей со взвешенным осадком. В отличие от указанных рекомендаций высота слоя зернистой загрузки должна составлять 0,3-0,4 м (большие значения – при мутности исходной воды менее 5 мг/л).

Контактные камеры располагают по всей площади рабочих коридоров осветлителей в их нижней конической части (рис. 5.10). Решетку для предотвращения всплытия гранул пенопласта закрепляют на расстоянии 0,9-1,0 м над перфорированной трубой, подающей воду в осветлитель. Нижняя решетка не требуется.

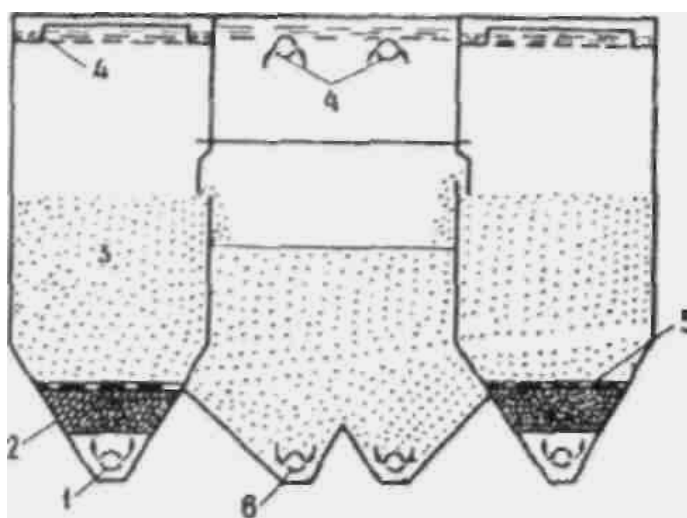


Рис. 5.10. Осветлитель с контактной камерой хлопьеобразования: 1 – подача исходной воды; 2 – контактная камера хлопьеобразования; 3 – зона взвешенного осадка; 4 – отвод осветленной воды; 5 – решетка; 6 – удаление осадка

При наличии контактных камер хлопьеобразования скорость восходящего потока воды в зоне осветления над слоем взвешенного осадка надлежит принимать на 20-30% более, чем указано в СНиП 2.04.02-84.

При использовании контактных камер необходимо обеспечить возможность спуска воды из рабочих коридоров осветлителей через распределяющие исходную воду дырчатые трубы, подсоединив их к коммуникациям сброса осадка.

Флотационные сооружения

Назначение и область применения. Флотационные сооружения надлежит применять для предварительного осветления и обесцвечивания природной водой перед подачей ее на фильтры. Они могут быть использованы как при новом строительстве, так и при реконструкции существующих водоочистных станций.

Наиболее эффективная область применения флотационных сооружений – осветление вод поверхностных источников (озер, водохранилищ, рек и т.п.) с небольшим количеством мелкодисперсных взвешенных веществ (не более 150 мг/л) и повышенной цветностью (до 200 град) при содержании фитопланктона и плавающих нефтепродуктов.

Возможность и целесообразность использования флотационного осветления воды в каждом конкретном случае должны быть обоснованы технологическими испытаниями.

Количество взвешенных веществ в воде после флотационных сооружений не должно превышать 10 мг/л.

Преимущества флотационных сооружений по сравнению с другими сооружениями предварительного осветления (осветлителями со взвешенным осадком, отстойниками) заключаются в следующем:

- значительно ускоряется процесс выделения взвеси из воды, благодаря чему уменьшается общий объем очистных сооружений;
- улучшается их санитарное состояние вследствие постоянного удаления выделенных загрязнений;
- более эффективно удаляется фитопланктон, что в большинстве случаев позволяет отказаться от установки микрофильтров;
- удаляются из воды плавающие и плохооседающие примеси.

Состав сооружений, их устройство и расчетно-конструктивные параметры. Очистные сооружения с флотационным осветлением воды имеют тот же состав основных и вспомогательных сооружений, что и обычные станции двухступенчатого осветления, за исключением отстойников или осветлителей со взвешенным слоем осадка, заменяемых флотационными установками.

В составе флотационных сооружений необходимо предусматривать флотационные камеры, узел подготовки и распределения водовоздушного раствора, устройства для удаления и отвода флотационной пены.

Перед осветлением воды флотацией надлежит предусматривать камеры хлопьеобразования, совмещенные с флотационными камерами. Флотационная камера (круглая или прямоугольная в плане) должна рассчитываться на удельную нагрузку 6-8 м³/ч на 1 м² площади.

Глубина слоя воды во флотационной камере должна быть 1,5-2,5 м. Длина флотационной камеры выбирается равной 3-9 м, ширина – не более 6 м, отношение ширины к длине – 2/3-1/3.

Во входной части флотационной камеры надлежит устанавливать струенаправляющую перегородку с наклоном 60-70° к горизонтали в сторону движения воды в камере.

Скорость входа обрабатываемой воды во флотационную камеру должна быть не более скорости выхода ее из камеры хлопьеобразования. Скорость движения воды над струенаправляющей перегородкой следует принимать 0,016-0,02 м/с.

Сбор осветленной воды во флотационной камере необходимо осуществлять равномерно по ее ширине или окружности из нижней части камеры с по-

мощью подвесной стенки и направлять поток вверх (к отводу воды из камеры) или с помощью отводящей системы из перфорированных труб. Скорость движения воды под подвесной стенкой или в отверстиях отводящих дырчатых труб принимается 0,9-1,2 м/с.

Днище флотационной камеры должно иметь уклон 0,01 к трубопроводу для опорожнения.

Подготовку водовоздушного раствора следует осуществлять путем насыщения воды воздухом под давлением 0,6-0,8 МПа в специальных напорных емкостях. Для приготовления водовоздушного раствора надлежит использовать воду после фильтров.

Расход воды следует принимать 8-10% расхода очищаемой воды. Подача воздуха в напорную емкость должна осуществляться от автоматизированной компрессорной установки.

Расход воздуха должен составлять 0,9-1,2% расхода очищаемой воды.

Примечание. Напорная емкость должна иметь внутреннее антикоррозионное покрытие, оборудоваться предохранительным клапаном и выполняться в соответствии с требованиями, предъявляемыми к сосудам, работающим под давлением.

Отвод водовоздушного раствора от напорной емкости к флотационным камерам следует производить по стальному трубопроводу. Потери напора в нем не должны превышать 0,8-1,0 м.

На трубопроводе допускается установка только отключающей арматуры.

Для равномерного распределения водовоздушного раствора в объеме обрабатываемой воды и для создания условий, обеспечивающих получение мелких воздушных рабочих пузырьков, во флотационной камере надлежит устраивать распределительную систему, состоящую из дырчатого трубопровода и расположенного под ним кожуха, выполненного из материала, стойкого к кислородной коррозии. Распределительную трубу следует устанавливать во входной части флотационной камеры (в отсеке, образованном ее торцевой стенкой и струенаправляющей перегородкой) на расстоянии 250-350 мм от дна камеры. Скорость выхода водовоздушного раствора из отверстий распределительной системы надлежит принимать равной 20-25 м/с, диаметр отверстий – 5-8 мм. Отверстия следует располагать равномерно в один ряд по нижней образующей трубы. Днище защитного кожуха размещают под отверстиями распределительной системы на расстоянии 80-100 мм.

В конце распределительного трубопровода следует устанавливать вентиль или кран для промывки распределительной системы.

Удаление пены с поверхности воды во флотационной камере должно быть осуществлено кратковременным подъемом уровня воды с отводом ее через подвесные лотки, расположенные равномерно по площади камеры, или с помощью скребковых механизмов, перемещающих пену к сборным лоткам.

Верхние кромки лотков необходимо располагать на одной общей отметке на 10-15 мм выше уровня воды во флотационной камере.

Днища лотков следует выполнять с уклоном 0,025 в сторону отвода пены.

Потери воды при сбросе пены подъемом уровня воды следует принимать 1,0-1,5% расхода обрабатываемой воды.

При удалении пены скребковыми механизмами скорость перемещения скребков в прямоугольных камерах следует принимать не более 0,02 м/с, в круглых – окружную скорость 0,015-0,02 м/с при частоте вращения скребков 5-10 об/с.

Обработку пены, удаляемой одновременно с частью обрабатываемой воды, необходимо производить аналогично обработке осадка, сбрасываемого из отстойников или осветлителей со взвешенным осадком, в соответствии с требованиями СНиП 2.04.02-84.

Методика технологической обработки воды методом напорной флотации. В целях определения возможности применения напорной флотации для предварительного осветления воды конкретного вод источника и получения основных расчетных параметров для расчета флотационных установок производятся технологические исследования на специальной лабораторной установке.

Лабораторная установка состоит из следующих основных элементов:

флотационной колонки, выполненной из прозрачной пластмассовой трубы диаметром 60-70 мм, высотой 400-600 мм, имеющей деления по высоте и оборудованной перемешивающим устройством, вентилями и пробоотборниками;

напорного бака для подготовки водовоздушного раствора вместимостью 2 л, выполненного из стального сосуда, рассчитанного на рабочее давление 0,8-0,9 МПа и оборудованного предохранительной запорной арматурой и манометром;

лабораторного компрессора, рассчитанного на подачу сжатого воздуха под давлением до 0,8-0,9 МПа.

Примечания: 1. Вместо компрессора могут быть использованы баллон со сжатым воздухом, оборудованный редуктором, понижающим давление до рабочего, или другие источники сжатого воздуха.

2. Напорный бак и его соединительные коммуникации выполняют и испытывают в соответствии с “Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением” Госгортехнадзора СССР.

Для проведения технологических исследований необходимо кроме лабораторной установки иметь исходную воду в объеме 10-12 л и рабочие растворы реагентов (коагулянта, хлора, извести и т.д.). Технологические исследования следует производить в такой последовательности (рис. 5.11):

1) производится выбор доз реагентов в отдельных цилиндрах по общепринятой методике пробного коагулирования для двухступенчатой очистки воды;

2) до начала работы на установке предварительно подготавливается водовоздушный раствор. До этого в напорный бак 4 через флотационную колонку 6 и трубопровод с вентилем 5 заливается 1-1,5 л чистой водопроводной воды, после чего вентиль 5 закрывается, включается компрессор 1 и открывается подача воздуха в напорный бак через вентиль 2. С помощью сбросного вентиля 11 по манометру 3 устанавливается рабочее давление, равное 0,5-0,8 МПа. При этом

избыток воздуха сбрасывается через вентиль 11 (время растворения воздуха в воде должно быть не менее 10-12 мин);

3) в отдельный цилиндр наливается 1 л исходной воды, в которую вводятся реагенты согласно выбранным дозам. Производится тщательное перемешивание реагентов с водой;

4) после перемешивания обрабатываемая вода переливается во флотационную колонку 6, которая заполняется на 60-70% ее объема. Вентили 5 и 10 при этом должны быть закрыты;

5) включается в работу электропривод 7, который приводит во вращение мешалку 9 с лопастями (скорость вращения мешалки должна быть 15-20 об/мин), что способствует образованию хлопьев гидроксидов;

6) после образования хорошо сформированных крупных, но неоседающих хлопьев гидроксидов, в исходную воду через игольчатый вентиль 5 вводится предварительно подготовленный водовоздушный раствор в количестве от 5 до 20% объема исходной воды. При этом в нижней части флотационной колонки должны появиться мелкие пузырьки воздуха, равномерно распределяющиеся в обрабатываемой воде по всей площади колонки;

7) отбор проб производят через пробоотборники 8 с определенной высоты с интервалом 1-1,5 мин до получения воды постоянного качества. Качество исходной и осветленной воды определяется общепринятыми методами. В конце флотационного осветления замеряется толщина слоя образованной пены и проводится визуальное наблюдение за ее структурой и плотностью;

8) по окончании технологических исследований вода из флотационной колонки 6 сбрасывается через вентиль 10 и колонка промывается чистой водопроводной водой.

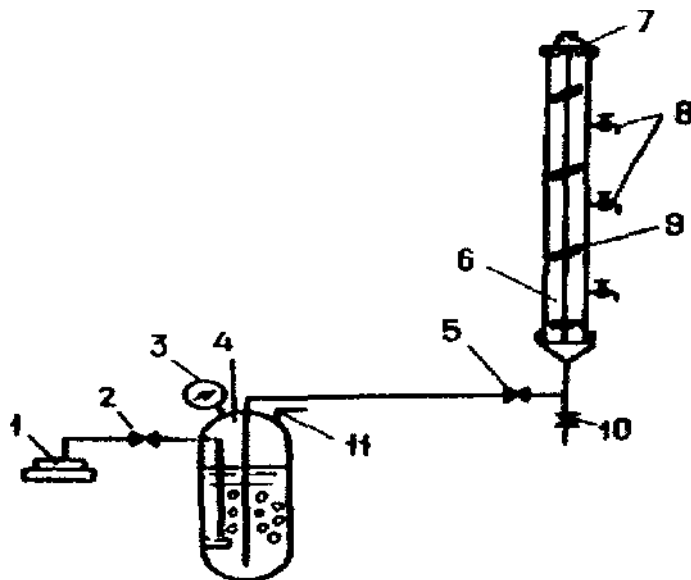


Рис. 5.11. Установка для проведения технологического анализа воды: 1 – компрессор; 2 – вентиль воздушный; 3 – манометр; 4 – напорный бак; 5 – игольчатый вентиль водовоздушного раствора; 6 – флотационная колонка; 7 – электропривод; 8 – пробоотборники; 9 – мешалка; 10 – вентиль опорожнения флотационной колонки; 11 – вентиль сброса избытка воздуха

В указанной последовательности следует производить технологические исследования другим сочетанием приемлемых доз реагентов, давлений и расходов водовоздушного раствора.

Оптимальные параметры давления и расхода водовоздушного раствора надлежит определять по результатам технологических исследований, учитывая высоту слоя воды и время ее нахождения во флотационной колонке. Необходимость в установке микрофильтров следует определять по эффективности содержания фитопланктона.

5.4. Новые коагулянты и флокулянты, фильтрующие материалы

В практике водоподготовки в соответствии с требованиями СНиП 2.04.02-84 должно быть обеспечено быстрое и равномерное распределение реагентов в обрабатываемой воде. Особенно важно увеличение скорости распределения при введении коагулянтов (растворов солей алюминия и железа) для создания условий их эффективного и рационального использования.

Гигиеническая оценка совершенствования технологии подготовки питьевой воды на основе внедрения реагентов нового поколения

Обеспечение населения доброкачественной питьевой водой – одна из актуальнейших проблем современности.

Самым распространенным методом очистки высокоцветных вод является обработка их коагулянтом – сернокислым алюминием и флокулянтом – полиакриламидом с последующей фильтрацией на контактных фильтрах и дезинфекцией хлором.

Использование традиционных реагентов в технологии водоподготовки питьевой воды не позволяет получить питьевую воду стандартного качества из-за повышенной остаточной цветности, запаха, железа, алюминия и побочных продуктов хлорирования – хлорорганических соединений.

В последние годы уделяется большое внимание совершенствованию технологических процессов водоподготовки, поиску, разработке и внедрению более совершенных реагентов для обработки высокоцветных и маломутных вод поверхностных источников централизованного водоснабжения. По данным ряда авторов, интенсифицировать процесс коагуляции высокоцветных и маломутных природных вод можно при использовании более эффективных реагентов: алюмината натрия, оксихлорида алюминия, “Экозоля-401” и др.

Уральской лесотехнической академией разработан и предложен новый неорганический флокулянт “Экозоль-401”, позволяющий устойчиво достигать показателей качества питьевой воды, соответствующих стандарту за счет высоких сорбционных свойств реагента и способности его ускорять образование хлопьев и их осаждение, независимо от температуры и щелочного резерва обрабатываемой воды, что обусловило необходимость исследований по гигиенической оценке указанных реагентов.

В настоящей работе выполнен комплекс сравнительных испытаний гигиенической эффективности совместного использования флокулянтов – “Экозоля-

401”, полиакриламида и различных коагулянтов – оксихлорида алюминия и сульфата алюминия.

Исследования осуществлены на водоисточниках городов Екатеринбурга, Нижнего Тагила и Полевского: Волчихинском и Черноисточинском водохранилищах, Верх-Исетском пруду и р. Чусовая в районе размещения водопроводных сооружений. Оценка качества воды проводилась после обработки реагентами: по цветности, мутности, остаточным концентрациям алюминия и железа.

Испытаниями установлено, что базовый вариант технологии (сульфат алюминия с полиакриламидом) значительно уступает технологии с применением флокулянта “Экозоль-401”, использование которого позволяет существенно улучшить качество кондиционирования питьевой воды (табл. 1).

Таблица 1

**Гигиеническая эффективность технологии водоподготовки
питьевой воды при использовании сульфата алюминия
и различных флокулянтов** (летняя межень, усредненные показатели)

Показатели	Единица измерения	Исходная вода	После обработки	
			Сульфат алюминия + полиакриламид	Сульфат алюминия + “Экозоль-401”
Цветность	градусы	105	25	10
Мутность	мг/л	83	1,8	< 0,5
Железо общее	мг/л	1,9	0,3	–
Алюминий остаточный	мг/л	0,007	0,7	0,2

При использовании флокулянта “Экозоль-401” в максимальной дозе (15 мг/л), традиционного сернокислого алюминия в диапазоне концентраций от 10 до 20 мг/л и перемешивании воды с реагентами в течение трех минут зафиксирована интенсификация процесса образования хлопьев и увеличение их среднего размера до 2,5 раза, даже в зимний период при температуре обрабатываемой воды не выше 4°C.

Применение реагента “Экозоль-401” совместно с оксихлоридом алюминия значительно ускоряет агрегацию первичных зародышей коагулянта, что положительно сказывается на скорости процессов отстаивания образовавшихся хлопьев (табл. 2).

Приведенные данные свидетельствуют о более эффективном использовании неорганического флокулянта “Экозоль-401” в сравнении с традиционным полиакриламидом. Наибольшие различия в действии двух флокулянтов проявились при совместном применении флокулянта “Экозоль-401” и коагулянта оксихлорида алюминия.

Итак, использование неорганического флокулянта “Экозоль-401” позволяет естественно повысить гигиеническую эффективность технологии водоподготовки питьевой воды за счет интенсификации процессов хлопьеобразования и

ускорения осаждения хлопьев, что обуславливает целесообразность его внедрения в практику хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Таблица 2

Гигиеническая оценка технологии кондиционирования питьевой воды при использовании различных реагентов (усредненные показатели)

Наименование реагентов	Процент осевшей взвеси через			
	15 мин	20 мин	25 мин	30 мин
Сульфат алюминия + полиакриламид	2	11	18	21
Сульфат алюминия + “Экозоль 401”	28	43	45	47
Оксихлорид алюминия + полиакриламид	5	14	19	23
Оксихлорид алюминия + “Экозоль 401”	30	46	52	55

Реагентные схемы осветления и обесцвечивания воды

Реагентные методы позволяют подготавливать природную воду питьевого качества практически при любом ее физико-химическом составе. К тому же процессы протекают очень интенсивно, а размеры основных сооружений меньше, чем при безреагентном методе. Однако эти методы требуют целевого набора реагентов и связанного с ними реагентного хозяйства, смесительных устройств. Кроме того, в технологических схемах с изменением физико-химических показателей исходной воды меняется технология ее очистки.

Ранее применяемые двухступенчатые схемы с отстойниками и осветлителями со взвешенным осадком не всегда обеспечивают глубокую обработку вод с сильно изменяющимися показателями цветности и мутности. На многих водоочистных станциях доказано, что в указанных схемах в период невысокой мутности и цветности исходной воды, обработанную коагулянтами воду следует направлять из смесителя, минуя первую ступень, непосредственно на скорые фильтры. Такая операция называется прямоточным фильтрованием, при котором вода поступает в загрузку с еще нескоагулированной взвесью. Непосредственно в толще зернистой загрузки происходит контактная коагуляция, способствующая процессу задержания взвешенных и коллоидных частиц и повышающая степень очистки.

Наилучшие результаты наблюдаются при низкой температуре и щелочности воды, когда коагуляция и укрупнение хлопьев идут очень медленно. Более успешно процесс проходит на станциях малой производительности с небольшой протяженностью трубопроводов и вводом коагулянта непосредственно в трубопровод исходной воды с применением шайбового смесителя. С повышением температуры и щелочности воды коагуляция может закончиться до поступления воды в загрузку – в воде появятся видимые хлопья.

По опыту эксплуатации прямоточное фильтрование успешно применяется при содержании взвеси в воде до 30...50 мг/л. Крупность хлопьев регулируют дозой коагулянта, увеличивая ее до получения фильтрата питьевого качества.

Фильтрующую загрузку целесообразно устраивать двухслойной или крупнозернистой, более однородной, высотой приблизительно 1,3...2,0 м.

При применении прямоточного фильтрования в двухступенчатой схеме используют буферные емкости из отстойников или осветлителей со взвешенным осадком, которые на длительное время нельзя оставлять наполненными водой из-за возможного ухудшения санитарных показателей. Обычно их оставляют на небольшом протоке, что может ухудшить и усложнить работу станций.

До последнего времени в практике водоподготовки большие сложности встречались при очистке высокоцветных вод. Применяемые двухступенчатые схемы с горизонтальными отстойниками или осветлителями со взвешенным осадком и скорыми фильтрами не справлялись с очисткой. Тонкодисперсная и коллоидная взвесь при обработке коагулянтами образовывала легкие и рыхлые хлопья, которые очень плохо оседали в отстойниках. При наличии такой взвеси можно применить технологическую схему обработки воды – флотаторы плюс скорые фильтры. По этой схеме вода после камеры хлопьеобразования ступает во флотационную камеру, куда вводится водовоздушный раствор. Хлопья скоагулированной взвеси слипаются в камере с мелкими пузырьками воздуха и во флотаторе всплывают вверх в виде пены, выводимой затем из флотатора с помощью скребкового механизма или гидравлически – кратковременным подъемом уровня воды. Эффект очистки при этом выше, чем на отстойниках и осветлителях со взвешенным осадком. Наиболее рационально приготовление водовоздушной смеси в напорном баке с насадкой и подачей воздуха в бак от компенсатора.

Наиболее широкое применение находит загрузка из плавающих гранул пенополистирола марки ПС-В, обладающая следующими достоинствами: растет объем выпуска продукции заводского изготовления; загрузка легкая, имеет высокую гидравлическую подвижность и обладает технологическими показателями при фильтровании воды, не уступающими кварцевому песку; требует меньшей интенсивности и продолжительности промывки; сооружения, в которых она применяется, просты по конструкции, компактны; загрузка мало подвержена загниванию и долговечна.

Впервые пенополистирольную загрузку предложено применять в осветлителях со взвешенным осадком, располагая ее слоем этого осадка. На станциях с коридорными осветлителями со взвешенным осадком для повышения производительности станции можно применить технологическую схему (рис. 5.12), состоящую из двух самостоятельных цепочек, которые используют существующие сооружения I и II ступени очистки воды.

В первой цепочке сооружений вода из смесителя по трубопроводу 3 поступает в осветлитель, проходит снизу вверх вначале слой взвешенного осадка, а затем слой пенополистирола крупностью гранул 0,5...2,0 мм с толщиной слоя не менее 0,5 м. Осветленная вода из надфильтрового пространства по трубопроводу 10 отводится потребителю. Пенополистирол удерживается специально установленной решеткой выше осадкоприемных окон. Для возможности промывки пенополистирола выше верхней границы осадка, но ниже пенополисти-

рола на высоту, допускающую его расширения при промывке, монтируется дополнительная дренажная система 1. Когда пенополистирол исчерпывает свою задерживающую способность по напору или защитному действию, загрузка промывается открытием задвижки на трубопроводе 5, сбрасывающем промывную воду в канализацию. Отвод фильтрованной воды в промываемый коридор прекратится, в то время как остальные коридоры работают в режиме фильтрации. Другие операции по управлению работой осветлителя остаются прежними.

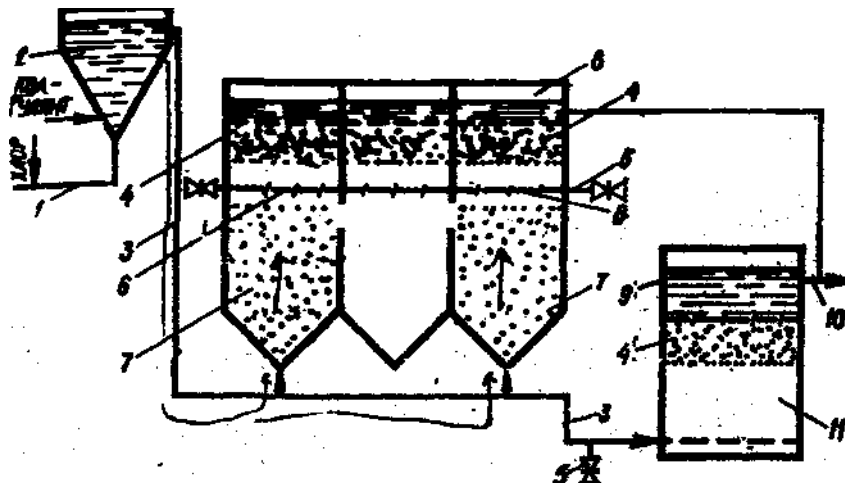


Рис. 5.12. Схема реконструкции станции с коридорными осветлителями со взвешенным осадком: 1 – подача исходной воды; 2 – вертикальный смеситель; 3 – подача воды из смесителя; 4 – пенополистирольная загрузка; 5 – отвод промывной воды; 6 – дополнительная дренажная система; 7 – слой взвешенного осадка; 8 – коридорный осветлитель со взвешенным осадком; 9 – скорый фильтр; 10 – отвод осветленной воды; 11 – подфильтровое пространство фильтра для накопления осадка

На малых водопроводах применяются установки заводского изготовления типа “Струя”. Увеличение производительности небольших станций достигается монтажом еще одной установки. В этом случае можно рекомендовать установку более простую и компактную (рис. 5.13), использующую двухступенчатую реагентную схему очистки с тонкослойным отстойником и пенополистирольным фильтром. Речная вода, смешанная с коагулянтом, из смесителя-воздухоотделителя поступает по трубопроводу в камеру хлопьеобразования со слоем взвешенного осадка, а затем проходит тонкослойный отстойник полочного типа. В отстойнике оседает основная масса хлопьев, а оставшиеся мелкие задерживаются пенополистирольной загрузкой при движении через нее воды снизу вверх. Осветленная вода по трубопроводу отводится потребителю. Промывается установка чистой водой из надфильтрового пространства во время открытия задвижки на трубопроводе, сбрасывающем промывную воду в канализацию. Вся установка имеет наклон к горизонту 50° .

Снижение мутности поверхностных вод позволяет все шире использовать одноступенчатые реагентные установки. Все большее применение находят контактные осветлители (КО). В технологической схеме перед ними устанавлива-

ются микрофильтры или барабанные сетки, предохраняющие дренажные системы от засорения. Такая схема проста и надежна.

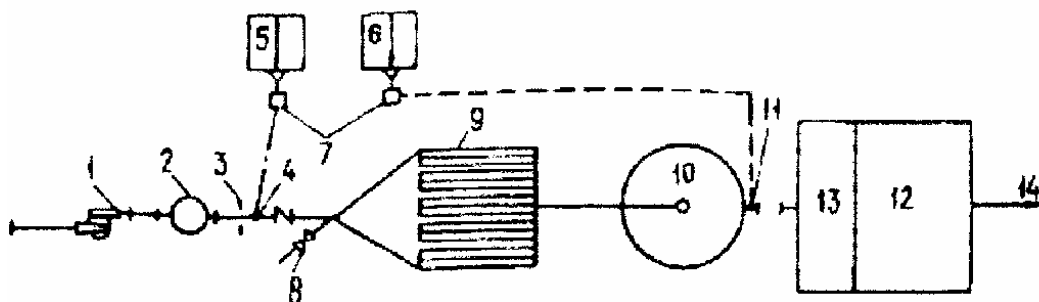


Рис. 5.13. Принципиальная схема работы установок типа “Струя”: 1 – насос подачи воды; 2 – сетчатый фильтр; 3 – смесительная диафрагма; 4 – ввод коагулянта; 5 – блок коагулирования; 6 – блок обеззараживания; 7 – насосы-дозаторы; 8 – операционная задвижка; 9 – отстойники; 10 – фильтры; 11 – ввод хлорреагента; 12 – водонапорная башня; 13 – промывной отсек; 14 – подача воды потребителям

Очистка воды с применением электроразрядной обработки

В настоящее время среди новых технологий по очистке и обеззараживанию питьевой воды наиболее перспективными являются окислительные фотохимические технологии, объединенные термином Advanced Oxidation Processes (AOP), включающие методы одновременного воздействия УФ-излучения и естественных для природной среды окислителей. К технологиям AOP относят и технологии, использующие электрический разряд. В последнее время электроразрядные технологии очистки воды интенсивно изучаются во многих странах. Используют различные виды разрядов: искровой разряд в воде, анодный микроразряд в воде, искровой разряд в водовоздушной среде, импульсный коронный и квазиобъемный разряды в водовоздушной среде.

Необходимо отметить, что акцент исследований постепенно смещается в сторону применения электрических разрядов в водовоздушной среде. Это связано с тем, что разряд в двухфазовой среде позволяет генерировать кроме озона и УФ-излучения ряд активных частиц (радикал OH , атомарный кислород, активные молекулы и возбужденные частицы). Реакционная способность у атомов кислорода во много раз выше, чем у озона, а радикал OH является одним из самых активных промежуточных частиц. Созданные в достаточных количествах эти частицы в результате последующих превращений способны разложить любое органическое вещество вплоть до полной минерализации (до CO_2 и H_2O) или, по крайней мере, до форм, легко подверженных биodeградации. Соли тяжелых металлов окисляются до высших форм окислов, теряя при этом свою токсичность, и легко могут удаляться фильтрацией.

В научной литературе описана электроразрядная технология очистки воды, где в качестве инструмента используется квазиобъемный разряд в водовоздушной среде. На основании результатов исследований созданы водоочистные установки “Импульс”.

Основными узлами установки “Импульс” являются: колонна в комплекте с озонатором и источником питания, бак-реактор, перекачивающие насосы и насос для промывки фильтра, фильтры, блок автоматики с необходимыми датчиками и приборами, трубопроводы, арматура, соединительные и коммутационные элементы. Для установок малой производительности изготавливаются и устанавливаются резервуары чистой воды.

В качестве аэратора используется противопоточная вентиляционная градирня. Входная вода распыляется эжектором Э1 и по загрузке аэратора стекает сверху вниз. Эжектор одновременно является ступенью аэрации. Воздух вентилятором подается навстречу потоку воды снизу вверх. Для улучшения перемешивания воды и воздуха аэратор заполнен полиэтиленовыми призмами типа ПР или полиэтиленовой стружкой. Поддерживающие решетки выполнены из дерева. Система аэрации потребляет около 50 Втч/м³.

Электроразрядная установка представляет собой озонатор, в котором, как и в известных промышленных озонаторах, используется барьерный разряд в газе. Но озонатор, выполненный на основе импульсного барьерного разряда, способен работать в воздухе с влажностью до 100%. Это отличие позволило разместить озонатор непосредственно в водовоздушном потоке и использовать для обработки воды не только долго живущий озон, но и УФ-излучение, сопровождающее газовый разряд, и коротко живущие атомарный кислород и радикал ОН. При таком подходе удалось реализовать наиболее перспективный технологический процесс – совместное воздействие УФ-излучения и природных окислителей. Максимальные энергозатраты на обработку воды в устройстве составляют всего 30-50 Втч/м³. Концентрация озона в электроразрядном блоке обработки воды поддерживается в диапазоне 1,5-2 г/м³. Параметром регулирования является частота следования импульсов. Энергозатраты на производство 1 кг озона составляют 5-7 кВтч.

Обработанная по такой технологии вода хорошо осветляется механическими фильтрами с зернистой загрузкой, применяются напорные фильтры заводского изготовления, а в качестве фильтрующей загрузки – минерал-альбитофир, розовый песок (горелая порода) или дробленый кварц.

Аэратор и электроразрядный блок объединены в реакционную колонну, изготавливаются четыре типа колонн производительностью 5, 10 20 и 40 м³/ч. Они комплектуются источниками питания мощностью 250, 500, 1000 и 2000 Вт соответственно. Высота колонн определяется высотой аэратора и составляет 3,5-4 м. В тех случаях, когда аэратор не требуется, высота колонны уменьшается до 1,5-2 м. Для удобства обслуживания колонна изготавливается из нескольких секций.

Одна или несколько колонн устанавливаются на бак-реактор и образуют модуль для обработки воды. На баке-реакторе расположен дополнительный эжектор Э2, который выполняет роль второй ступени озонирования. Объем бака-реактора выбирается из условия, что вода, обработанная озоном, должна находиться в баке не менее 12 мин. В настоящее время самый мощный модуль имеет производительность 120 м³/ч.

При размещении оборудования на существующих площадях части комплекса могут располагаться в произвольной форме, например: колонна расположена в одном месте, бак-реактор – в другом, а насосы и фильтры – в третьем.

Установка “Импульс” может быть размещена в блоке-боксе, который собирается из металлоконструкций, имеет хороший внешний вид и оснащен необходимым оборудованием. Общий вид блок-бокса для размещения установки производительностью 10 м³/ч имеет размер бокса 3×6 м, высота фонаря под колонну 6,7 м.

Режим работы типовой установки – автоматический, режим промывки фильтров – ручной. На пульт управления выводится информация о работе озонатора, вентилятора, перекачивающих насосов, данные об уровне воды в баке реакторе и в резервуаре чистой воды. По желанию заказчика уровень автоматизации может быть изменен.

В настоящее время в эксплуатации находится 21 водоочистной комплекс “Импульс” производительностью от 5 до 120 м³/ч. Третья часть комплексов установлена на предприятиях пищевой промышленности, остальные – в системе жилищно-коммунального хозяйства и на предприятиях нефтегазодобывающей отрасли. Комплексы установлены в Кемеровской, Томской, Тюменской областях и на Алтае. Воды этих регионов характеризуются повышенным содержанием железа 2-18 мг/л, марганца 0,1-1,5 мг/л, гуминовых соединений 0-11 мг/л, других органических веществ, аммиака, сероводорода, метана. Задача доведения таких вод до питьевого качества оказывается достаточно сложной и дорогостоящей. В тех случаях, когда содержание не превышает 3 мг/л, легко получить питьевую воду, соответствующую нормативным требованиям. В воде, содержащей 8-11 мг/л гуминовых соединений, 10,5 мг/л железа, 0,6 мг/л марганца, комплекс “Импульс” позволил снизить содержание железа до 0,5-0,8 мг/л, марганца до 0,2 мг/л. Однако получить воду питьевого качества при одном цикле обработки воды электрическими разрядами без применения реагентов не удалось.

Разработанная технологическая схема подготовки питьевой воды из скважин реки пос. Яшкино включала первичную обработку воды системой “Импульс”, перекачку обработанной воды на фильтры и фильтрование в одну ступень. В качестве фильтрующей загрузки использован дробленый кварц, прошедший модификационную обработку. Перед фильтрами предусмотрена обработка воды едким натром и перманганатом калия. Для обеззараживания воды после очистки предусмотрена ее обработка гипохлоритом натрия.

Пусконаладочные работы на водоподготовительных сооружениях показали, что при соблюдении технологического регламента качество воды соответствует нормативным требованиям. После некоторого срока эксплуатации сооружения из технологии были исключены обработка воды едким натром и перманганатом калия, при этом качество воды осталось очень высоким: содержание железа менее 0,08 мг/л, марганца 0,06 мг/л, фенол не определяется. Органолептические и другие показатели воды также соответствовали требованиям, предъявляемым к питьевой воде. Обеззараживание воды гипохлоритом натрия

используется только в аварийных ситуациях и при производстве ремонтных работ. В рабочем режиме система “Импульс” обеспечивает надежное обеззараживание воды.

В реке пос. Яшкино (Кемеровская обл.) создана уникальная система водоподготовки, использующая для обработки воды совместное воздействие УФ-излучения и природных окислителей. Трехлетняя эксплуатация показала высокую надежность и эффективность созданного оборудования.

5.5. Реконструкция реагентного хозяйства и смесителей. Реагентное хозяйство. Приготовление и дозирование коагулянтов

Для интенсификации процесса осветления и обесцвечивания в обрабатываемую воду вводят растворы коагулянтов. Наибольшее распространение из коагулянтов получил отчищенный и не отчищенный сернокислый алюминий. В то же время более высокими коагулянтными свойствами обладают железосодержащие коагулянты – сернокислое и хлорное железо, однако из-за высокой коррозионной способности растворов соли железа в технологических процессах осветления и обесцвечивания широко не применяют. Рекомендуется принимать сернокислый алюминий и хлорное железо в соотношении 1:1 (по массе), что соответствует 1 т хлорида железа к 3 т сернокислого алюминия. Это соотношение можно изменять, но не превышать 1:2. Вода, обработанная смешанным коагулянтом, не дает осадка и более полно осветляется уже в отстойниках. Составные части смешанного коагулянта можно вводить отдельно или смешав растворы. При раздельном вводе легче менять при необходимости соотношение составных частей, а при совместном проще дозировать алюминийсодержащие коагулянты.

Коагулянты вводят в основном в виде растворов (мокрое дозирование) и очень редко в виде порошка (сухое дозирование), последовательность ввода реагентов следующая: хлорсодержащие реагенты, коагулянт, флокулянт, подщелачивающие реагенты совместно с коагулянтом.

Эффективна коагуляция при совместной подаче коагулянта и извести или извести после первой ступени очистки. В этом случае возникает необходимость в производственных условиях искать оптимальную точку ввода коагулянта. При этом его раствор можно вводить как в начало, так и в середину смесителя в водораспределительные устройства осветлителей со взвешенным осадком, в камеру хлопьеобразования. В одноступенчатых схемах точку ввода коагулянта следует приблизить к фильтрующей загрузке, в контактных фильтрах лучше вводить коагулянт специальной дренажной системой над загрузкой, а перед контактными осветлителями желательна установка шайбового смесителя в непосредственной близости от них.

Для интенсификации процесса коагуляции используют фракционированное, концентрированное и прерывистое коагулирование.

При фракционированном коагулировании раствор вводится двумя или несколькими последовательными порциями с интервалом времени между вводами доз коагулянта от 30...60 до 90...120 с, с делением общей дозы коагулянта

на две примерно одинаковые порции или вторая порция на 65...75% меньше первой. После введения первой порции желательно интенсивное перемешивание для диспергирования продуктов гидролиза. Такое коагулирование позволяет увеличить на 6...20 % плотность осадка и степень очистки воды.

Концентрированное коагулирование заключается в дозировании коагулянта только в поток, составляющий 30...50% всего расхода. Последующее смещение коагулированного потока с общим обеспечивает ускоренное хлопьеобразование в одной части воды и удаление взвеси из коагулированной воды после смешения обеих ее частей. Применяя этот способ, экономят до 20...30% коагулянта.

При прерывистом или периодическом коагулировании увеличивается продолжительность фильтроцикла на фильтрах или контактных осветлителях с экономией коагулянта на 30...40%. Метод заключается в чередовании периода ввода коагулянта повышенными дозами и полным прекращением подачи коагулянта. При этом период коагулирования принят ориентировочно 0,5...3 ч, а отношение периодов ввода и прекращения подачи коагулянта составляет от 3:1 до 0,3:1. При очистке вод средней мутности коагулирование интенсифицируют магнитной обработкой воды, которая увеличивает плотность и гидравлическую крупность хлопьев, повышает производительность отстойников и осветлителей со взвешенным осадком, несколько снижает мутность обработанной воды. Омагничивать можно только раствор коагулянта или часть обрабатываемой воды с последующим её смешением с оставшейся частью всего объёма воды из 10...60 с до ввода коагулянта. Длительность омагничивания принимается 0,6...1 с при количестве знакопеременных магнитных контуров 4-6 и скорости потока воды в рабочем зазоре магнитного генератора 1 м/с.

Растворы коагулянтов приготавливают по определённым технологическим схемам, где применяют сухое (станции небольшой мощности), мокрое с хранением коагулянта в растворных баках (средней мощности), мокрое (большой мощности) хранение коагулянта.

Баки-хранилища при мокром хранении обычно располагают вне зданий реагентного хозяйства, их утепляют грунтом, чтобы температура в баках не была ниже -5°C.

При хранении коагулянта в растворных баках их вместимость определяется из расчета 2,2...2,5 м³ на 1 т товарного неочищенного коагулянта и 1,9...2,2 м³ на 1 т очищенного. Количество растворных баков должно быть не менее трех, а общая их вместимость увязывается с разовой поставкой коагулянта. Вместимость расходных и растворных баков при сухом хранении коагулянта зависит от концентрации растворов.

Баки реагентного хозяйства обычно выполняют из сборного или монолитного железобетона прямоугольными в плане с внутренней облицовкой кислотоупорными и стойкими по отношению к ударам материалами. В типовых проектах широко применена облицовка внутренней поверхности деревянными досками.

В настоящее время заменяют деревянную облицовку на облицовку кислотоупорными керамическими плитками (лучше, диабазовые) или кислотостойким кирпичом. Плитки прикрепляются к стенкам баков на растворе диабазовой муки, жидкого стекла, кремнефтористого натрия в пропорции 2:1:0,1. Стенки баков оштукатуривают этим же раствором. Коагулянт в баках растворяют не очищенной водой, но в период паводка желательно растворять коагулянт очищенной водой, чтобы снизить пенообразование, мешающее работе дозаторов коагулянта. Предварительное замачивание коагулянта в течение 7 дней с одной температурой 20...25°C обеспечивает получение раствора только 24%-ной концентрации. В зимнее время происходит еще более длительное замачивание (до двух недель). При растворении коагулянта важно иметь совершенную систему перемешивания (механическую или пневматическую). Растворы коагулянтов относятся к сильно агрессивным, быстро корродирующим металлические трубы, поэтому в настоящее время для транспортирования растворов коагулянта следует использовать различные типы пластмассовых труб.

На очистных станциях находят широкое применение насосы-дозаторы (табл. 3), где доза вводимого коагулянта изменяется в зависимости от длины хода плунжера при остановленном насосе.

Наряду с этим применяются дозировочные агрегаты 2ДА, 4ДА, 6ДА, дозирующие несколько видов реагентов с регулировкой дозы как при включенном, так и при выключенном агрегате. Вся эта аппаратура довольно проста и надежна в эксплуатации. Для Днестровской водопроводной станции Киева раствор реагента дозируют кислотостойким насосом. Необходимая доза реагента обеспечивается определенной концентрацией вводимого в воду постоянного расхода раствора. При этом насос забирает из расходного бака раствор коагулянта постоянной 10-20%-ной концентрации. Параллельно во всасывающий патрубок подается чистая вода. Ее объемный расход определяет концентрацию раствора в напорном патрубке насоса. С увеличением этого расхода концентрация раствора уменьшается с уменьшением дозы вводимого коагулянта.

Таблица 3

Характеристика насосов-дозаторов

Показатели	Марка				
	НД 400/10	НД 630/10	НД 1000/10	НД 1600/10	НД 2500/10
Подача, л/ч	100-400	160-630	250-1000	400-1600	600-2500
Давление, МПа	1,6	1	1	1	1
Диаметр условного прохода присоединительных патрубков, мм	25	25	32	32	40
Мощность электродвигателей, кВт	1,1	1,1	2,2	3,0	3,0

Регулируют подачу расхода чистой воды в зависимости от плотности раствора коагулянта в напорном патрубке насоса. Для изменения дозы коагулянта в исходной воде различного качества в системе подачи коагулянта производят ручное или автоматическое регулирование концентрации раствора в напорном патрубке.

Раствор реагента подают в смеситель либо другую емкость по трубе, заглубленной под уровень воды в зону турбулентности потока или трубопровод при помощи специального ввода, обеспечивающего смешение реагента. Ввод представляет собой трубочку со скошенным краем под углом 60 градусов к горизонтали, заглубленную в трубопровод на 0,6 его диаметра. Скошенный край располагают по ходу потока. Давление в трубопроводе не должно превышать 0,15 Па.

Интересы экологии требуют максимального повторного использования промывных вод и регенерации осадка, приносящих, кроме того, значительный экономический эффект благодаря экономии коагулянта. Эффективность регенерации серной кислоты составляет 65-85%, а соляной – 40-75%. Регенерированного серной кислотой коагулянта требуется на 15-20% больше, чем товарного, а при регенерации соляной кислотой – столько же.

Использование флокулянтов

Совместное действие коагулянтов и флокулянтов увеличивает плотность коагулированной взвеси, ускоряет хлопьеобразование и осаждение хлопьев, улучшает адгезионные свойства взвеси, увеличивает производительность сооружений, особенно при обработке мутных вод, в результате возрастает степень очистки воды, экономится коагулянт. Наибольшее применение находят флокулянты: активная кремнекислота и полиакриламид. Более эффективно применение флокулянтов при низких температурах и низкой щелочности воды, поэтому их обычно вводят в неблагоприятные для очистки воды периоды года.

Активная кремнекислота готовится периодически или непрерывно на месте использования, т.к. ее свойства сохраняются не более 7 суток. Сырьем для приготовления служит силикат натрия, активированный серной кислотой, сульфатом аммония, сульфатом алюминия, хлором, оксидом углерода, оксидом серы, гидрокарбонатом натрия, гидросульфатом натрия, кремнефторидом натрия. Существует мнение, что наиболее просто на очистных сооружениях внедрить дозатор активной кремнекислоты ДАК-15 или установку приготовления активной кремнекислоты.

В такой установке растворы сернокислого алюминия и силиката натрия непрерывно дозируют в бак зрельник, из которого через 1-1,5 ч выходит раствор активной кремнекислоты, подаваемой эжектором в трубопровод исходной воды. При этом режим активации следует корректировать для каждой новой партии силиката натрия, ибо в товарном продукте широко колеблется содержание отдельных компонентов.

Полиакриламид (ПАА) широко применяют в реагентном хозяйстве ввиду простоты приготовления его растворов и меньшего расхода по сравнению с активной кремнекислотой. Технический полиакриламид, известковый или амми-

ачный, выпускается промышленностью в виде прозрачной желто-зеленой желеобразной вязкой тягучей массы, прилипающей к дереву, ткани, бумаге. Известковый ПАА содержит 6-9% полимера, аммиачный – 4-6%. Они оба, и особенно аммиачный, коррозияруют черные и цветные металлы, поэтому на очистные станции ПАА доставляют в деревянных ящиках или полиэтиленовых мешках. Рабочие растворы приготавливают в баках, оборудованных гидравлическими, пневматическими, а чаще механическими лопастными мешалками.

Наиболее простая технологическая схема приготовления раствора ПАА состоит из одного бака с лопастной мешалкой и насосом для гидравлического перемешивания, из которого насосом-дозатором забирается готовый 0,1-0,2%-ный раствор.

Наряду с активной кремнекислотой и полиакриламидом используются катионовые флокулянты ВА-2, ВА-3 и т.д., обеспечивающие очистку мутных вод без применения коагулянта. Эти флокулянты не изменяют значений pH и щелочности обрабатываемой воды.

Вводить флокулянты можно как перед осветлителями с взвешенным осадком или отстойниками, так и перед фильтрами в двухступенчатых схемах очистки или контактными осветлителями в одноступенчатых схемах. Место ввода лучше выбирать на основании технологических исследований.

Тема 6. Сооружения физико-химической очистки

6.1. Техническое состояние сорбционных и гиперфильтрационных установок

Обесфторивание воды методом контактно-сорбционной коагуляции

Сущность метода и область применения

1.1. Обесфторивание воды методом контактно-сорбционной коагуляции основано на способности продуктов гидролиза алюминиевых коагулянтов (сернокислого алюминия, оксихлорида алюминия) извлекать фтор из воды. Процесс выделения фтора из воды значительно интенсифицируется в зернистом слое фильтровального сооружения, например типа контактного осветлителя. В этом случае сорбция фтора осуществляется на поверхности контактной зернистой среды.

1.2. Для обеспечения требуемой глубины и эффективности процесса обесфторивания необходима предварительная зарядка загрузки – накопление в ней избытка гидролизующихся в воде солей, содержащих гидроксид алюминия. Зарядку следует осуществлять в самом начале каждого фильтроцикла и производить путем подачи в воду в течение 1-2 ч повышенной дозы коагулянта. Затем до конца фильтроцикла в воду необходимо вводить рабочую дозу коагулянта, которая в 3-5 раз менее зарядной. Для повышения прочности осадка при повышенном содержании фтора в исходной воде дополнительно возможно введение в воду флокулянта-полиакриламида.

1.3. Область применения метода ограничивается следующими ориентировочными значениями показателей качества исходной воды, которые в каждом конкретном случае необходимо корректировать пробными технологическими изысканиями: фтор – не более 5 мг/л; жесткость – не менее 1,5-2,0 мг-экв/л; щелочность – до 3-5 мг-экв/л; рН – 7-8; сероводород – до 1,5-2,0 мг/л; железо (II) и (III) – до 5 мг/л.

1.4. Метод рекомендуется использовать на станциях производительностью 1600-20 000 м³/сут. При соответствующем технико-экономическом обосновании возможно применение метода для станций большей производительности. При меньшей производительности обесфторивание следует осуществлять на установках типа “Струя”.

Состав сооружений и схема работы станции обесфторивания. В состав основных сооружений станции обесфторивания следует включать контактную камеру, состоящую из двух смежных или отдельно расположенных секций. Одна из секций предназначена для подачи в воду повышенного зарядного расхода коагулянта, другая – для ввода рабочего расхода. При проектировании могут быть рассмотрены и другие варианты подачи в воду повышенных зарядных доз коагулянта. Фильтровальные сооружения с восходящим потоком воды – контактные осветлители; резервуар для сбора первого фильтрата; резервуар для сбора обесфторенной воды (резервуар чистой воды); резервуар-отстойник промывных вод.

Кроме того, на станции обесфторивания следует предусматривать реагентное хозяйство для приготовления и дозирования растворов коагулянта, щелочного реагента и полиакриламида, устройства для обеззараживания воды и обработки осадка.

Принципиальная схема станции показана на рис. 6.1. Вода, забираемая из водозабора, подается в контактную камеру и обрабатывается в начале фильтроцикла зарядными, а затем рабочими дозами коагулянта. В контактных осветлителях вода проходит снизу вверх через слой заряженной фильтрующей загрузки, где освобождается от повышенных количеств фтора, затем фильтрат последовательно поступает в резервуары промывной и чистой воды: первый фильтрат направляют в резервуар промывной воды (в течение периода зарядки), после окончания процесса зарядки – в резервуар чистой (обесфторенной) воды. Перед поступлением в резервуар вода подвергается обеззараживанию. Воду из резервуара первого фильтрата используют только для промывки контактных осветлителей.

Сточные воды от промывки контактных осветлителей следует сбрасывать в резервуар-отстойник промывных вод. После отстаивания и нейтрализации щелочью осветленную воду или направляют в голову сооружений, или сбрасывают в канализацию. Сырой осадок подают на сооружения по его обработке.

Контактную камеру следует устраивать по типу входной камеры, применяемой для станций контактного осветления при осветлении и обесцвечивании воды (по СНиП 2.04.02-84). Время пребывания воды в зарядной секции должно

составлять 2-3 мин в расчете на зарядку одного контактного осветлителя, в рабочей секции – 3-5 мин в расчете на общий расход воды станции.

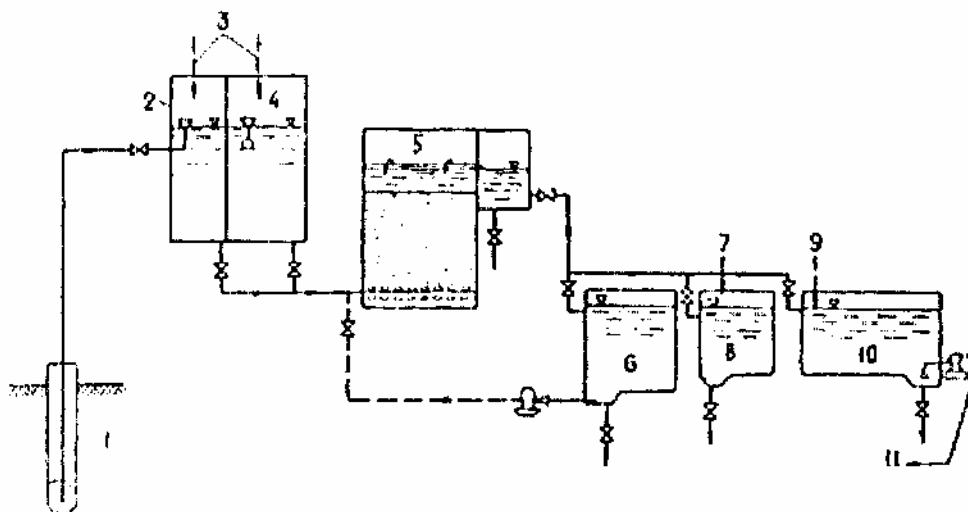


Рис. 6.1. Принципиальная схема работы станции обесфторивания воды: 1 – артезианская скважина; 2 – зарядная камера смесителя; 3 – подача коагулянта; 4 – рабочая камера смесителя; 5 – контактный осветлитель; 6 – резервуар сброса первого фильтра; 7 – подача воды; 8 – резервуар – отстойник промывной воды; 9 – подача хлора; 10 – резервуар чистой воды; 11 – подача воды потребителю

Конструктивно-технологические решения контактных осветлителей станции обесфторивания воды рекомендуется принимать также в соответствии со СНиП 2.04.02-84. Скорость фильтрации принимают равной 3-4 м/ч (при содержании фтора в исходной воде 4-5 мг/л) и 4-5,5 м/ч (при исходном содержании фтора менее 4 мг/л). Остальные параметры принимают следующими: высоту слоя фильтрующей загрузки – 2,0 м; эквивалентный диаметр загрузки – 1,0-1,2 мм; коэффициент неоднородности – 2,2-2,5. Продолжительность цикла при указанных параметрах рекомендуется принимать 12-18 ч в зависимости от исходного содержания фтора.

Проектирование реагентного хозяйства следует осуществлять в соответствии со СНиП 2.04.02-84. Ориентировочные дозы реагентов рекомендуются следующие:

доза коагулянта – сернокислого алюминия – по безводному продукту: зарядная – 300-500 мг/л, рабочая – 65-130 мг/л;

доза соды для нейтрализации промывных вод и осадка – 50-80 мг/л;

доза полиакриламида (ПАА) – 0,1-0,3 мг/л.

Применение ПАА рекомендуется предусматривать при содержании фтора в исходной воде свыше 3 мг/л. ПАА вводят в конце рабочей секции контактной камеры.

Параметры промывки контактных осветлителей (интенсивность, продолжительность) принимают в соответствии со СНиП 2.04.02-84.

Обеззараживание обесфторенной воды производят с учетом местных условий и в соответствии с общими рекомендациями СНиП 2.04.02-84.

Очистка воды фильтрованием

Процесс очистки воды фильтрованием заключается в её пропуске через пористую среду, на поверхности или в порах которой при этом происходит накопление частиц загрязнений, извлекаемых из очищаемой воды.

В зависимости от качества очищаемой воды, требуемой степени её осветления и производительности установок применяют фильтры с различными устройством пористой фильтрующей среды:

1. Фильтры с зернистой загрузкой, в которых в качестве фильтрующей среды используют слой из зёрен различных материалов; зёрна величиной от 0,3 до 2 мм, высота слоя – от 0,5 до 2 мм. В качестве фильтрующей загрузки применяются самые разнообразные природные и искусственные материалы (кварцевый песок, дроблёный антрацит, дроблёный керамзит и др.).

2. Сетчатые фильтры, в которых в качестве фильтрующего слоя используются сетки с мелкими отверстиями для задержания находящихся в воде взвешенных частиц. Применяются разнообразные по конструктивному оформлению сетчатые фильтры, в которых используются металлические сетки, ткань, стеклоткань, сетки из синтетических материалов и т.п.

3. Намывные фильтры, в которых фильтрующая среда образуется из специальных порошков, вводимых в очищаемую воду и накапливающихся на каркасе фильтра. В качестве фильтрующих порошков применяют диатомит, перлит, древесную муку, кизельгур и пр.; каркас может быть выполнен из сетки или из объёмных пористых элементов.

4. Фильтры, в которых в качестве фильтрующей среды используются эластичные или жёсткие объёмные пористые материалы.

Доминирующее распространение в коммунальном водоснабжении получили фильтровальные сооружения и устройства с зернистыми загрузками ввиду относительной простоты регенерации фильтрующего слоя из зернистых материалов, а также из-за меньшего, по сравнению с другими типами фильтров, необходимого давления для пропуска воды через фильтрующую среду при одновременном достижении необходимой степени очистки воды, а также возможности очистки больших количеств воды.

В коммунальном водоснабжении распространены также и сетчатые фильтры барабанного типа. Однако они в большинстве случаев не обеспечивают получения воды питьевого качества и поэтому их используют лишь как вспомогательные для предварительной, частичной очистки воды.

Мембранный метод. Исследование процессов разделения с использованием молекулярных сит позволило выделить мембранный метод как наиболее перспективный для тонкой очистки. Этот метод характеризуется высокой чёткостью разделения смесей веществ. Полупроницаемая мембрана – перегородка, обладающая свойством пропускать преимущественно определенные компоненты жидких или газообразных смесей. Широко мембранный метод используют для обработки воды и водных растворов, очистки сточных вод, очистки и концентрации растворов.

Мембраны. Процессы мембранного разделения зависят от свойств мембран, потоков в них и движущих сил. Для этих процессов также важен характер потоков к мембране со стороны разделяемых сред и отвода продуктов разделения с противоположной стороны.

Принципиальное отличие мембранного метода от традиционных приемов фильтрования – разделение продуктов в потоке, т.е. разделение без осаждения на фильтроматериале осадка, постепенно закупоривающего рабочую пористую поверхность фильтра.

Основные требования, предъявляемые к полупроницаемым мембранам, используемым в процессах мембранного разделения, следующие:

- высокая разделяющая способность (селективность);
- высокая удельная производительность (проницаемость);
- химическая стойкость к действию среды разделяемой системы;
- неизменность характеристик при эксплуатации;
- достаточная механическая прочность, отвечающая условиям монтажа, транспортировки и хранения мембран;
- низкая стоимость.

Для разделения или очистки некоторых нетермостойких продуктов применение мембранного метода является решающим, т.к. этот метод работает при температуре окружающей среды.

В то же время мембранный метод имеет недостаток – накопление разделяемых продуктов вблизи рабочей поверхности разделения. Это явление называют концентрационной поляризацией, которая уменьшает проникновение разделяемых компонентов в пограничный слой, проницаемость и селективность, а также сокращает сроки службы мембран.

Для борьбы с этим явлением проводят турбулизацию слоя жидкости, прилегающего к поверхности мембраны, чтобы ускорить перенос растворенного вещества.

Для мембран используют разные материалы, а различие в технологии изготовления мембран позволяет получить отличные по структуре и конструкции мембраны, применяемые в процессах разделения различных видов.

Процессы, возникающие при разделении смесей, определяются свойствами мембран. Необходимо учитывать молекулярные взаимодействия между мембранами и разделяемыми потоками, физико-химическую природу которых определяет скорость переноса. Эти взаимодействия с материалом мембран отличают мембранный метод от микроскопических процессов обычного фильтрования.

Мембранные методы отличаются типами используемых мембран, движущими силами, поддерживающими процессы разделения, а также областями их применения.

Существуют мембранные методы шести типов:

микрофильтрация – процесс мембранного разделения коллоидных растворов и взвесей под действием давления;

ультрафильтрация – процесс мембранного разделения жидких смесей под действием давления, основанный на различии молекулярных масс или молекулярных размеров компонентов разделяемой смеси;

обратный осмос – процесс мембранного разделения жидких растворов путем проникновения через полупроницаемую мембрану растворителя под действием приложенного к раствору давления, превышающего его осмотическое давление;

диализ – процесс мембранного разделения за счет различия скоростей диффузии веществ через мембрану, проходящий при наличии градиента концентрации;

электродиализ – процесс прохождения ионов растворенного вещества через мембрану под действием электрического поля в виде градиента электрического потенциала;

разделение газов – процесс мембранного разделения газовых смесей за счет гидростатического давления и градиента концентрации.

В ряду технологических приемов, используемых для разделения смесей по размерам частиц, мембранным методам уделяют большое значение. Выбор процесса для применения в заданной области разделения смесей зависит от различных факторов: характера разделяемых веществ, требуемой степени разделения, производительности процесса и его экономической оценки.

Промышленное использование процессов мембранного разделения требует надежного, стандартного и технологического оборудования. Для этой цели в настоящее время применяют мембранные модули, которые компактны, надежны и экономичны. Выбор конструкции модуля зависит от вида процесса разделения и условий эксплуатации в промышленных установках.

6.2. Принципы подбора технологических схем и режимов для реконструируемых сооружений

Выбор технологической схемы улучшения качества воды зависит не только от качества воды источника и требований потребителя, но и от количества потребляемой воды. Например, для обработки небольшого количества цветной или мутной воды не может быть рекомендована без изменения (по экономическим соображениям) основная технологическая схема. В этом случае вместо горизонтальных отстойников следует применять вертикальные, а смеситель можно заменить соплом Вентури или шайбой.

Ориентировочно технологическая схема для осветления и обесцвечивания воды до лимитов ГОСТ 2874-82 может быть выбрана по рекомендациям СНиП 2.04.02-84 “Водоснабжение, наружные сети и сооружения”.

Определение оптимального состава реагентов, мест их ввода в обрабатываемую воду, выбор типа и конструкции водоочистного сооружения должны производиться на основании тщательного рассмотрения данных химического и технологического анализов исходной воды и изучения опыта использования аналогичной технологии в подобных условиях. Однако некоторые решения могут быть приняты априорно на основании обобщения имеющегося опыта экс-

плуатации водоочистных комплексов в аналогичных условиях. Так, использование железных коагулянтов или смеси алюминиевых и железных предпочтительнее в условиях длительного весеннего паводка, сопровождающегося не только возрастанием цветности и мутности и понижением щелочности, но и низкими температурами обрабатываемой воды. Хранение коагулянта в сухом виде навалом по технологическим и экономическим мотивам допустимо для небольших водоочистных комплексов производительностью примерно до 30 тыс. м³/сут.

Применение в качестве флокулянта активированной кремнекислоты рекомендуется при обработке цветных вод, для этих же целей в качестве коагулянта целесообразно использование хлорного железа или оксихлорида алюминия, а для мутных вод – оптимально применять полиакриламид, К-4, ВА-102, ВПК-402 и др.

Необходимо предусматривать рассредоточенный ввод реагентов в обрабатываемую воду при помощи специальных распределителей, размещаемых в смесителях, подающих трубопроводах и каналах.

Для дезодорации, создания благоприятных условий очистки воды, интенсификации работы водоочистных сооружений, экономии коагулянта следует применять аэрацию путем излива и падения с некоторой высоты, каскадной аэрации или барбатирования потока в смесителе. Аэрирование может и должно осуществляться при использовании любых технологических схем подготовки воды для хозяйственно-питьевых нужд.

При кондиционировании цветных вод во избежание образования канцерогенных хлорорганических соединений следует отказываться от предварительного их хлорирования или предусматривать на пост-очистке непременно де-хлорирование, а еще лучше первичный хлор заменить озоном.

В технологических схемах с осветлителями со взвешенным осадком и с контактными осветлителями следует применять вертикальные смесители, обеспечивающие не только надлежащий и стабильный эффект смешения вводимых реагентов с водой, но и воздухоотделение. Для водоочистных установок с точной подачей до 8 тыс. м³/сут смешение реагентов с водой целесообразно производить в трубчатых смесителях, вставках и соплах Вентури и шайбах.

В технологических схемах с отстойниками камеры хлопьеобразования должны встраиваться в них и по возможности оборудоваться тонкослойными модулями.

При обработке маломутных цветных вод следует применять камеры хлопьеобразования с рециркуляторами осадка, зашламленного или контактного типа, а также осветлители со взвешенным осадком – рециркуляторы и флотаторы. В качестве сооружений первой ступени для осветления высокомутных вод рекомендуются: осветлители-водозаборы на плаву, тонкослойные, горизонтальные и радиальные отстойники с тонкослойными модулями, гидро- и мультициклоны, акустические фильтры. В горизонтальных отстойниках должна быть напорная гидравлическая система смыва и удаления осадка. Для извлече-

ния из воды планктона или крупных плавающих примесей следует применять: в первом случае – микрофильтры или флотаторы, а во втором – барабанные сита.

В качестве скорых фильтров следует рекомендовать фильтры большой грязеемкости с водовоздушной промывкой и боковым отводом промывной воды. В прямоточных реагентных и безреагентных схемах следует использовать контактные фильтры КФ-5, каркасно-засыпные и фильтры с пенополистирольной загрузкой (открытые и напорные).

При кратковременных периодах возникновения в водоисточнике нежелательных привкусов и запахов следует применять углевание воды или ввод суспензий цеолитсодержащих пород в конце смесителя. При этом из воды извлекаются ионы железа, меди, хрома, на 10-50% снижается остаточный алюминий и на 50-70% снижается содержание хлорорганических соединений (по хлороформу).

Априорно можно рекомендовать при кондиционировании вод повышенного антропогенного воздействия, помимо обычной реагентной технологии водоподготовки, двойное озонирование, озонифлотацию, сорбцию на активном угле, биологическую обработку.

6.3. Установки заводской готовности. Установка типа “Струя” для очистки поверхностных и подземных вод

Назначение и область применения. Установки типа “Струя” представляют собой набор элементов полной заводской готовности, монтируемых на месте применения и серийно выпускаемых отечественной промышленностью. Они предназначены для очистки (осветления и обесцвечивания) поверхностных вод, а также для обезжелезивания, обесфторивания и умягчения подземных вод и могут быть использованы при водоснабжении сельских и малонаселенных мест, баз отдыха, вахтовых поселков и т.п.

При использовании установок исходная вода должна отвечать следующим требованиям:

- при очистке поверхностных вод исходное содержание взвешенных веществ – до 1000 мг/л, цветность – до 120 град. Использование установок для очистки воды с более высоким содержанием взвешенных веществ возможно только при применении плавучих водозаборов-отстойников или сооружений и оборудования для предварительного осветления воды (ковшей, запруд, земляных отстойников и др.), а для воды с более высокой цветностью – при обосновании технологическими изысканиями;

- при обезжелезивании содержание железа – 10-50 мг/л, сероводорода – до 2-3 мг/л, свободной углекислоты – до 150 мг/л, окисляемость – до 30-40 мг/л O₂, pH > 5,8;

- при умягчении общая жесткость – до 12-18 мг-экв/л, карбонатная жесткость – до 8-10 мг-экв/л;

- при обесфторивании содержание фтора – до 5 мг/л, сульфатов – до 350 мг/л.

По остальным физико-химическим показателям качество исходной воды должно соответствовать ГОСТ 2761-84.

При совместном содержании в обрабатываемой воде избыточных концентраций солей жесткости и железа технология умягчения воды обеспечивает одновременно и ее обезжелезивание.

Производительность серийно выпускаемых установок применительно к очистке поверхностных вод $Q_{мин}$ равна 100, 200, 400 и 800 м³/сут.

Состав и технологические схемы работы установок. Схема работы установки в режиме очистки поверхностных вод следующая. Исходная вода забирается из водоисточника насосами и подается на установку. Раствор коагулянта в требуемых дозах (при работе в реагентном режиме), выбранных на основании пробных лабораторных испытаний, вводится во всасывающий или напорный патрубок насоса. Обеззараживающий раствор хлорреагента вводится в фильтрованную воду, а при необходимости – также и в исходную воду.

Смешение реагентов с обрабатываемой водой следует осуществлять непосредственно в насосе или в напорном трубопроводе до камеры хлопьеобразования. Для задержания крупных плавающих примесей после насоса устанавливается грубый фильтр. Пройдя грубый фильтр, вода поступает в камеру хлопьеобразования, в которой после ввода коагулянта образуются хлопья гидрата окиси алюминия с извлеченными из воды взвешенными и коллоидными частицами. Образовавшиеся в камере хлопья непосредственно поступают в отстойник. При движении воды в отстойнике в трубах и межтрубном его пространстве происходит выпадение взвеси и интенсивное ее осветление. Одновременно происходит сползание части осадка в камеру хлопьеобразования.

Отстоянная вода с остаточной мутностью проходит фильтр, в котором происходит ее окончательная очистка.

Пройдя фильтр, вода под остаточным напором поступает в бак водонапорной башни, откуда направляется в зависимости от условий в водопроводную сеть, в резервуар или к насосной станции (второго подъема). В напорной башне предусматривается отбор воды на промывку с обеспечением гарантированного запаса. Для удаления накапливающихся в установке загрязнений предусмотрена ее периодическая промывка. При этом промывная вода из башни, поступая на фильтр снизу вверх, расширяет его фильтрующую загрузку, вынося накопившиеся за фильтроцикл загрязнения, а затем поступает в отстойник и смывает накопившийся в нем осадок.

Оборудование для коагулирования воды включает двухсекционный бак с переносной электромешалкой и насос-дозатор для введения раствора реагента. Для обеззараживания используются электролизные установки ЭН-1 или ЭН-5. При их отсутствии осуществляются приготовление и дозирование хлорреагентов – гипохлорита кальция или хлорной извести.

Основными отличительными элементами установок для очистки подземных вод являются промежуточный бак-аэратор (газоотделитель) и блок для приготовления щелочных реагентов (при умягчении и обезжелезивании воды). В ряде случаев может потребоваться более производительное дозировочное

оборудование. Кроме того, при определенных условиях для обеззараживания воды вместо хлорреагентов могут быть использованы бактерицидные установки.

Схема работы установки в режиме обезжелезивания воды следующая. Исходная вода, поступающая от скважин, обогащается кислородом с помощью разбрызгивания ее через насадку с отражателем в аэрационном баке, где происходит также частичное выделение из нее углекислоты и других растворенных газов. Затем воду с помощью насосов подают на основные технологические сооружения установки – тонкослойный трубчатый отстойник со встроенной камерой хлопьеобразования и скорый зернистый фильтр. Перед отстойником в воду с помощью насосов-дозаторов дозируют раствор или суспензию щелочного реагента (извести или соды). В камере хлопьеобразования вода проходит через образующийся слой хлопьевидного высококонцентрированного осадка гидроокиси железа, который создает хорошие условия для ее осветления в тонкослойных элементах отстойника. Окончательная очистка воды происходит в скором фильтре, после которого она поступает в бак водонапорной башни.

При умягчении воду также необходимо подвергать аэрации для выделения углекислоты и других растворенных газов. Затем в нее добавляют необходимое количество щелочных реагентов (извести или соды, а в ряде случаев – оба реагента одновременно).

В камере хлопьеобразования отстойника происходит процесс образования карбоната кальция и гидроокиси магния. Выделение основного количества образующейся твердой фазы этих солей осуществляется в тонкослойном отстойнике, а окончательное осветление воды происходит в песчаном фильтре.

Для подщелачивания воды (при ее обезжелезивании и умягчении) следует в первую очередь применять известь в виде порошкообразного негашеного продукта (пушонки) или гашеную известь в виде готового известкового молока или теста. Как исключение, при соответствующем технологическом и технико-экономическом обосновании для подщелачивания воды может быть использована сода. В случае применения гашеного продукта в реагентном хозяйстве следует предусматривать баки мокрого хранения с устройством для перемешивания суспензии сжатым воздухом. В качестве расходных баков следует использовать баки реагентов с системой перемешивания сжатым воздухом (с использованием рециркуляционного насоса) или стандартные промышленные баки (с механическим или гидравлическим перемешиванием). Для перекачивания известкового продукта из баков мокрого хранения в расходные баки следует применять специальные насосы для суспензий. При использовании негашеной комовой извести следует предусматривать стандартные серийно изготовленные механические известегасители или шаровые мельницы. Рекомендуются использовать мокрый помол извести, обеспечивающий крупность частиц извести до 0,03-0,04 мм, при этом готовое известковое молоко необходимо сливать в баки мокрого хранения. При соответствующем обосновании допускается применять схему для получения известкового молока в сатураторах двойного насыщения.

Подачу воздуха для перемешивания рекомендуется осуществлять с помощью компактных компрессоров типа СО, оборудованных соответствующими ресиверами.

Дозирование щелочных реагентов следует осуществлять насосами-дозаторами типа НД или с помощью проточного дозирования центробежным насосом и бачком постоянного уровня.

При обесфторивании вода из скважин поступает в промежуточный аэрационный бак, необходимый в данном случае для предотвращения возможной флотации растворенных газов в отстойнике установки. Этот бак является также регулирующей емкостью между подземным водозабором и установкой. Вода из бака забирается насосами установки и обрабатывается коагулянтom – сернокислым алюминием, обладающим фторселективными свойствами (фтор сорбируется на поверхности осадка солей алюминия, выделяющихся из воды при коагуляции).

Для интенсификации выделения осадка при повышенном содержании фтора в воде (свыше 3-3,5 мг/л) необходимо дополнительно вводить в воду флокулянт – полиакриламид (ПАА).

Осветление воды, как и в предыдущих случаях, следует осуществлять в трубчатом отстойнике и фильтре.

Приготовление раствора коагулянта не имеет принципиальных различий по сравнению с принятым режимом работы установки для очистки поверхностных вод.

Обеззараживание подземных вод осуществляют или в бактерицидной установке, или с использованием хлорреагентов. Метод обеззараживания должен быть выбран с учетом местных условий и согласован с местными органами санитарного надзора.

Тема 7. Сооружения для обеззараживания воды

7.1. Выбор оптимального метода обеззараживания

При предварительном хлорировании воды, коагулировании ее примесей с последующим отстаиванием и фильтрованием не удастся достичь полного удаления болезнетворных микроорганизмов. До 10% хлоррезистентных бактерий и вирусов, среди которых могут быть и патогенные, сохраняют свою жизнеспособность, поэтому исключительным этапом подготовки воды питьевой кондиции является ее обеззараживание. Использование для питья подземной воды в большинстве случаев возможно без обеззараживания.

Эффект обеззараживания воды контролируют, определяя общее число бактерий в 1 см³ воды и количество индикаторных бактерий группы кишечной палочки в 1 л воды после ее обеззараживания. По ГОСТ 2874-82 “Вода питьевая” общее число бактерий в 1 см³ неразбавленной воды должно быть не более 100, а количество бактерий группы кишечной палочки в 1 л (коли-индекс) – не бо-

лее 3. Объем воды, в котором содержится одна кишечная палочка (коли-титр), должен быть не менее 300 мл.

Использование кишечной палочки в качестве индикаторного микроорганизма для оценки эффекта обеззараживания воды обусловлено следующими соображениями:

- присутствие кишечной палочки в воде определить проще, чем другие бактерии кишечной группы;
- кишечная палочка всегда присутствует в кишечнике человека и теплокровных животных;
- присутствие ее в воде источника свидетельствует о его загрязнении фекальными сбросами;
- окислители, используемые при обеззараживании воды, действуют на кишечную палочку труднее, чем на патогенные микроорганизмы, вызывающие заболевания желудочно-кишечного тракта;
- кишечная палочка безвредна и является лишь контрольным микроорганизмом, характеризующим бактериальную загрязненность воды.

В технологии водоподготовки известно много методов обеззараживания воды, которые можно классифицировать на четыре основные группы: 1) термический; 2) с помощью сильных окислителей; 3) опигодинамия (воздействие ионов благородных металлов); 4) физический (с помощью ультразвука, радиоактивного излучения, ультрафиолетовых лучей). Из перечисленных методов наиболее широко применяют методы второй группы. В качестве окислителей используют хлор, диоксид хлора, озон, йод, марганцовокислый калий; пероксид водорода, гипохлорит натрия и кальция. В свою очередь, из перечисленных окислителей на практике отдают предпочтение хлору, озону, гипохлориту натрия. Выбор метода обеззараживания воды производят, руководствуясь расходом и качеством обрабатываемой воды, эффективностью ее предварительной очистки, условиями поставки, транспорта и хранения реагентов, возможностью автоматизации процессов и механизации трудоемких работ.

Обеззараживанию подвергается вода, уже прошедшая предшествующие стадии обработки, коагулирование, осветление и обесцвечивание в слое взвешенного осадка (или отстаивание), фильтрование, т.к. в фильтрате отсутствуют частицы, на поверхности или внутри которых могут находиться в адсорбированном виде бактерии и вирусы, оставаясь, таким образом, вне воздействия обеззараживающих средств.

7.2. Новое оборудование для ультрафиолетового излучения

Одной из актуальных задач при обеззараживании питьевой воды, а также промышленных и бытовых стоков после их осветления (биоочистки) является применение технологии, не использующей химические реагенты, т.е. технологии, не приводящей к образованию в процессе обеззараживания токсичных соединений (как в случае применения соединений хлора и озонирования) при одновременном полном уничтожении патогенной микрофлоры.

Наиболее безопасная технология из безреагентных способов обеззараживания – обработка воды ультрафиолетовым излучением. Традиционно применяющиеся для обработки воды ультрафиолетовые лампы низкого давления малоэффективны при уничтожении спорообразующих бактерий, вирусов, грибов, водорослей и плесени.

Дозы облучения для ряда спор и грибов составляют 100-300 мДж/см², в то время как ультрафиолетовые облучатели низкого давления с трудом могут обеспечить требуемые 16 мДж/см².

Безусловно, существенное ограничение в применении этого типа обеззараживания воды играет и обрастание кристаллами соли, и биообрастание защитных кварцевых оболочек ультрафиолетовых ламп.

Как же обойти эти недостатки в безусловно современной технологии? Выход был найден при разработке новой технологии, включающей непрерывную обработку воды ультрафиолетовым излучением с длиной волны 253,7 нм и 185 нм с одновременным облучением воды ультразвуком с плотностью ≈ 2 Вт/см². На базе этой технологии были созданы установки серии “Лазурь-М”.

В чем преимущества данного способа обеззараживания? При обработке проходящего потока воды ультразвуковым излучателем, размещенным непосредственно в камере ультрафиолетового облучателя, в воде возникают короткоживущие парогазовые каверны (пузырьки), которые появляются в момент снижения давления в воде и схлопываются при сжатии воды. Скорость схлопывания очень высокая, и в окрестности точек схлопывания возникают экстремальные параметры – огромные температура и давление. Вблизи точки схлопывания полностью уничтожается патогенная микрофлора и образуются активные радикалы. Каверны возникают в объеме камеры ультрафиолетового излучателя, причем преимущественно на неоднородностях. В качестве неоднородностей могут служить споры грибов и бактерий, которые затем, при схлопывании пузырька, оказываются в центре схлопывания, играя роль своеобразной мишени.

Одновременно в пузырьках под воздействием жесткого ультрафиолетового излучения с длиной 185 нм возникают активные радикалы, озон, пероксид водорода (H₂O₂) и др. Благодаря многочисленности пузырьков при малых их размерах и при наличии тенденции к схлопыванию наработанные в пузырьках активные радикалы эффективно и равномерно растворяются в воде, а затем уничтожают патогенную микрофлору. При этом ультрафиолетовое излучение существенно стимулирует действие активных радикалов. Энергозатраты на обеззараживание воды составляют 7,0-8,0 Вт на 1 м³/ч, а срок службы установок не менее 10 000 ч.

Надо также учесть, что ультразвуковой излучатель, помещенный внутри камеры ультрафиолетовой обработки, работает и как стиральная машина, тщательно отмывающая поверхности корпуса и защитного кварцевого кожуха ультрафиолетового излучателя, что предотвращает их биообрастание и соляризацию.

Подобная технология успешно используется для обеззараживания воды в бассейнах и банях, а также питьевой воды и сточных вод.

Как пример можно привести результаты длительного исследования обеззараживающих свойств установок “Лазурь-М”, проведенного одной из крупнейших в мире компаний по производству средств водоочистки Rand Water Board в Южно-Африканской Республике в 1998 г.

По заключению специалистов этой компании, использование данного способа обеззараживания, по сравнению с традиционными методами (при промышленных производительностях установок), эффективнее в 100-1000 раз, а экономические затраты в 2-3 раза ниже. В настоящее время проводятся испытания по обеззараживанию промышленных и бытовых стоков в городах Претория (ЮАР) и Веллингтон (Новая Зеландия) на общую производительность станций обеззараживания до 150 000 м³/ч.

Тема 8. Внутренний водопровод

8.1. Эксплуатация насосных станций

Экономические показатели и надежность работы систем водоснабжения во многом зависят от правильной эксплуатации насосных станций, обслуживающих эти системы.

Для нормальной эксплуатации на насосных станциях в зависимости от класса надежности их действия необходимо иметь соответствующий резерв насосного оборудования.

Расположение внутренних коммуникационных трубопроводов станции должно быть удобным для эксплуатации, осмотра и ремонта, а их пропускная способность рассчитана на возможность подачи насосными агрегатами заданного расхода жидкости как в нормальных, так и в аварийных режимах работы станции. Насосы, их двигатели и трубопроводы должны быть оборудованы необходимой арматурой, регулировочными приспособлениями и контрольно-измерительной аппаратурой.

Вновь построенные насосные станции включаются в постоянную эксплуатацию после приемки их приемочными комиссиями, проверяющими качество выполненных работ и соответствие всех элементов сооружений станции утвержденному проекту.

8.2. Ревизия и ремонт центробежных насосов

1. На текущий ремонт агрегата допускать бригаду только после получения распоряжения лиц, имеющих право на выдачу распоряжений и наряд-допуска.

2. Перед допуском людей на рабочее место необходимо произвести технические мероприятия:

- 1) отключить ВМГ;
- 2) отключить цепи управления и защиты;
- 3) отключить линейный разъединитель (ЛР);

- 4) отключить шинный разъединитель (ШР);
- 5) наложить заземление (включить заземляющие ножи);
- 6) вывесить запрещающие и напоминающие плакаты;
- 7) проверить соседние ячейки (должны быть закрыты на ключ).

3. Провести краткий инструктаж:

- 1) проинструктировать, какое электрооборудование под напряжением;
- 2) запрещается приближаться к работающему оборудованию;
- 3) запрещается приближаться к работающим подъемным механизмам

ближе 1 м.

4. После окончания работы удалить бригаду с места и произвести технические мероприятия:

- 1) снять заземление;
- 2) включить шинный разъединитель (ШГ);
- 3) включить линейный разъединитель (ЛГ);
- 4) включить ВМГ (по необходимости включение агрегата);
- 5) в оперативном журнале записывать все технические мероприятия, производимые на ячейке.

Раздел 2. ВОДООТВЕДЕНИЕ

Тема 9. Водоотводящие сети

9.1. Краткий обзор развития инженерных сетей и сооружений водоотведения

Системы водоснабжения и канализации сооружали еще в глубокой древности, когда возникли первые крупные поселения. Наиболее грандиозные водопроводные и канализационные сооружения были созданы в Древней Греции и Риме. По своим масштабам они не уступали современным сооружениям, а по качеству работы и по примененным конструкциям в течение многих столетий не имели себе равных ни в эпоху феодализма, ни даже в начальный период развития капитализма. Только машинная индустрия конца XIX и начала XX столетия в состоянии была уже на новой технико-экономической базе превзойти то, что было сделано греками и римлянами свыше двадцати столетий тому назад.

Средние века характеризуются как период упадка и застоя в области водопроводного и канализационного строительства. Развитие такого строительства началось лишь с IX века в Западной Европе, и в первую очередь в Англии, где сказались непосредственно результаты промышленного переворота, приведшего к бурному росту городов. Но благоустройство их проводилось медленно. Прокладывались канализационные сети, по которым отводились сточные воды и выпускались в водоемы без всякой очистки. В силу маломощности водоемов Англии они быстро загрязнялись, что приводило к частым эпидемиям. Это заставило английское правительство издать ряд законов по охране водоемов от загрязнений. Сточные воды перед выпуском в реки начали очищать, причем наибольший эффект в XIX веке в Англии дал метод очистки на полях орошения, известный еще с древних времен.

На Руси подземные каналы для отвода дренажных и атмосферных вод начали строить в XI-XII веках в Новгороде, в XIV веке в Москве (в Кремле). Канализация городов России, начатая в XVIII веке, служила вначале для отвода дождевых вод. В 1770 г. приступили к устройству водосточков в центральной части Санкт-Петербурга и к 1832 г. длина их составляла 95 км и превышала в то время протяженность водосточных сетей Парижа. Под Конногвардейским бульваром был построен водосток высотой 3,78 м, шириной 3,6 м. В дальнейшем в водостоки стали спускать бытовые сточные воды. В 1872 г. в Одессе действовала сеть водосточков длиной 60 км, отводившая дождевые и бытовые сточные воды в море, с 1888 г. их стали направлять для очистки на поля орошения.

По общесплавной системе в 1884-1885 гг. построили канализацию в Гатчине, в 1835 – в Тбилиси, в 1887 – в Ялте. В 1893 г. в Ростове-на-Дону началось сооружение канализации по полной раздельной системе. В этом же году началась эксплуатация первых участков канализации по неполной раздельной сис-

теме в Киеве. В Москве приступили к строительству неполной раздельной канализации в 1894 г.

Поля орошения в России впервые были устроены в Одессе в 1888 г., затем в Киеве – в 1895 г., в Москве – в 1898 г. Всего до 1917 г. канализация была построена в 23 городах. По отношению к общему числу городов это составило 3%.

Совершенно отсутствовали водопровод и канализация на окраинах Российской империи – на Дальнем Востоке, в Сибири, Средней Азии. Строившиеся в России системы канализации не отличались от подобных систем в Западной Европе. Однако в силу общей социально-экономической отсталости России того времени развитие канализации происходило очень медленно, поэтому ценные предложения передовых русских специалистов в этой области не находили применения. Идея очистки сточных вод в аэротенках была предложена английским химиком Дибдином в 1887 г. Однако начало практического применения аэротенков относится к 1914 г. Биологические фильтры также стали впервые применяться в Англии в 1893 г. С тех пор они получили большое распространение во всем мире. Высоконагружаемые биофильтры под названием аэрофильтры были изобретены и исследованы в СССР коллективом ученых под руководством профессора С.И. Строганова. В 1929 г. аэрофильтры были впервые в мире построены и введены в эксплуатацию в составе Кожуховской станции аэрации в Москве. За рубежом высоконагружаемые биофильтры, названные биофильтрами Строганова, начали применять лишь в 1936 г. Однако примерно с 1946 г., когда началась “холодная война”, авторство высоконагружаемых биофильтров стали приписывать американцу Ходгсону.

Во Владивостоке канализационные сети начали сооружать в 30-х годах прошлого века, но сети небольшой протяженности были уже в 1905 г. Владивосток – один из нескольких городов России, не имеющих очистных сооружений.

9.2. Бестраншейные методы реконструкции трубопроводов

1. *Основные этапы бестраншейного строительства подземных коммуникаций методом горизонтально направленного бурения (ГНБ).* Строительство подземных коммуникаций по технологии горизонтально направленного бурения (ГНБ) осуществляется в три этапа:

- бурение пилотной скважины на заданной проектом траектории;
- последовательное расширение скважины;
- протягивание трубопровода.

1.1. Бурение пилотной скважины.

Бурение пилотной скважины – особо ответственный этап работ в бестраншейной прокладке методом горизонтально направленного бурения (ГНБ) сетей, от которого во многом зависит конечный результат. Оно осуществляется при помощи породоразрушающего инструмента – буровой головки со скосом в передней части и встроенным излучателем.

Буровая головка соединена посредством полого корпуса с гибкой приводной штангой, что позволяет управлять процессом строительства пилотной

скважины и обходить выявленные препятствия в любом направлении в пределах естественного изгиба протягиваемой рабочей нити. Буровая головка имеет отверстия для подачи специального бурового раствора, который закачивается в скважину и образует суспензию с размельченной породой. Буровой раствор уменьшает трение на буровой головке и штанге, предохраняет скважину от обвалов, охлаждает породоразрушающий инструмент, разрушает породу и очищает скважину от ее обломков, вынося их на поверхность. Контроль за местоположением буровой головки осуществляется с помощью приемного устройства локатора, который принимает и обрабатывает сигналы встроенного в корпус буровой головки передатчика.

На мониторе локатора отображается визуальная информация о местоположении, уклоне, азимуте буровой головки. Также эта информация отображается на дисплее оператора буровой установки. Эти данные являются определяющими для контроля соответствия проектной траектории строящегося трубопровода и минимизируют риск излома рабочей нити. При отклонении буровой головки от траектории оператор останавливает вращение буровых штанг и устанавливает скос буровой головки в нужном положении. Затем осуществляется задавливание буровых штанг, устанавливается скос буровой головки в нужном положении с целью коррекции траектории бурения. Строительство пилотной скважины завершается выходом буровой головки в заданной проектом точке.

1.2. Расширение скважины.

Расширение скважины осуществляется после завершения пилотного бурения. При этом буровая головка отсоединяется от буровых штанг и вместо нее присоединяется риммер – расширитель обратного действия. Приложением тягового усилия с одновременным вращением риммер протягивается через створ скважины в направлении буровой установки, расширяя пилотную скважину до необходимого для протаскивания трубопровода диаметра. Для обеспечения беспрепятственного протягивания трубопровода через расширенную скважину её диаметр должен на 25-30% превышать диаметр трубопровода.

1.3. Протягивание трубопровода.

На противоположной от буровой установки стороне скважины располагается готовая плетть трубопровода. К переднему концу петли крепится оголовок с воспринимающим тяговое усилие вертлюгом и риммером. Вертлюг вращается с буровой нитью и риммером, и в то же время не передает вращательное движение на трубопровод. Таким образом буровая установка затягивает в скважину плетть протягиваемого трубопровода по проектной траектории.

Технология горизонтально направленного бурения (ГНБ) уникальна тем, что она позволяет изменять при необходимости направление прокладки как в плане, так и в профиле, огибая на своем пути различные препятствия (действующие или брошенные подземные коммуникации или другие сооружения).

Достоинства технологии горизонтально направленного бурения (ГНБ):

- высокие темпы производства работ;
- значительное снижение объемов земляных работ;

- возможность выполнения работ в сложных гидрогеологических условиях;
- возможность выполнения работ без остановки движения, с сохранением дорожного покрытия и ландшафта;
- точность выполнения работ;
- существенное сокращение привлекаемой для производства работ техники и рабочей силы.

2. Горизонтально-направленное бурение

Сущность метода ГНБ заключается в бурении пилотной скважины по трассе прокладываемого трубопровода с последующим обратным прохождением расширителя для увеличения диаметра скважины. Трубопровод прикрепляется к расширителю и протаскивается к начальной точке бурения. Бурение скважины производится установками ГНБ, формирующими криволинейную скважину любой заданной конфигурации в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Управление буровым инструментом и определение его местонахождения осуществляется электронной системой локализации (трассоискателем) или управляющим компьютером с пульта управления установки.

Перед началом бурения производится измерение длины буровой трассы, протяженность скважины и её максимальная глубина от поверхности земли для правильного выбора марки установки ГНБ и режимов производства работ.

Установка ГНБ позволяет решить следующие основные задачи: бестраншейная прокладка трубопроводов в стесненных условиях, где нет возможности применять землеройную технику; прокладка трубопроводов под автомобильными дорогами и железнодорожными путями без разрушения дорожного полотна и насыпи; прокладка трубопроводов под или над другими подземными коммуникациями; прокладка трубопроводов под зданиями и сооружениями ниже их фундаментов; прокладка трубопроводов под дном небольших водных преград без разработки траншей на дне водоема.

Основными факторами, ограничивающими возможности применения способа горизонтального направленного бурения, являются: крупнообломочные грунты с включением валунов и гальки; грунты песчаные, глинистые и гравелистые (с содержанием гравия более 30%). Исключена прокладка трубопроводов в плывунах (при коэффициенте текучести грунта $IL > 1$) из-за невозможности создания стабильного бурового канала.

Затруднена прокладка трубопроводов в рыхлых песках (при коэффициенте пористости более 0,7) из-за сложности создания прочных стенок бурового канала.

3. Технология бестраншейной прокладки подземных коммуникаций и реконструкции существующих инженерных коммуникаций при сооружении трубопроводов высокого давления или футляров для трубопроводов под реками, ж/д путями, магистралями.

После перевозки и установки ГНБ и сопутствующего технологического оборудования с базы механизации на объект производства работ (для выполнения буровых работ) подготавливается площадка для размещения:

буровой установки;
генератора;
контейнера для хранения строительных материалов;
служебных помещений для персонала;
приводного блока;
подставки для хранения буровых штанг и т.д.

Производится рытье ямы для бурового входа и ямы для временного хранения используемой буровой смеси. Установка ГНБ устанавливается в точке бурения и закрепляется анкерными стойками и фиксируется упорными устройствами, рассчитанными на двойное усилие, которое может развить установка.

Работы по бурению и протаскиванию трубопровода в буровой канал выполняются в следующей последовательности:

пилотное бурение;
выход бура на поверхность в заданной точке;
замена бурового инструмента расширяющим;
закрепление за расширяющим инструментом протаскиваемого трубопровода или штанг;
протаскивание трубы в буровой канал.

В протаскиваемую трубу вставляется распорный ниппель или надевается защитный оголовок. Соединение с расширительной насадкой осуществляется при помощи вертлюга. Для этого тяговая насадка вертлюга вставляется в вилочную головку расширителя так, чтобы отверстия совпадали. Задняя тяговая насадка вертлюга соединяется с вилочной головкой тяговой насадки-штекера, после чего крепится к вилочной головке распорного ниппеля. Для защиты вертлюга от попадания грязи и предотвращения тормозного эффекта рекомендуется при протаскивании трубопровода использовать отрезок полиэтиленовой трубы. При благоприятных грунтовых условиях и относительно небольших расстояниях бурения расширение скважины возможно производить с одновременным затягиванием трубы.

4. Метод пневмоударной прокладки коммуникации.

Применяется для канализационных самотечных коллекторов, при сооружении футляров для трубопроводов и кабелей, трубопроводов водоснабжения и водоотведения под дорогами или железнодорожными путями.

Диаметр сооружаемых трубопроводов: от 100 до 1400 мм. Расстояние: до 60 м. Материал: стальные трубы.

Описание технологии

Из подготовленного приямка, глубина которого равна глубине укладываемого футляра, стальная труба открытым концом забивается пневмомолотом по направлению к подготовленному приямку на другой стороне улицы. Возможно забивать трубу отрезками длиной 1-3 м, при этом к забиваемой трубе каждый раз приваривается новый отрезок. После того, как труба достигнет места соединения, из нее удаляется скопившийся грунт и она используется как футляр или рабочая труба.

5. Замена изношенных трубопроводов.

5.1. Бестраншейная замена аварийных трубопроводов методом статического разрушения.

Если аварийный трубопровод засоряет почву и грунтовые воды, существуют продольные и поперечные трещины, провалы, проникновения корней, смещения, и когда нужно увеличить диаметр трубопровода, экономически и технически выгоднее заменить трубы. Замена труб путем разрушения старых (метод бестраншейной прокладки труб) происходит быстрее, проще и дешевле открытого способа.

5.2. Преимущества метода статического разрушения.

- Замена аварийных участков трубопроводов из бетона, чугуна и стали.
- Использование существующего канала коммуникаций (бестраншейная прокладка коммуникаций).
- Исключение риска повреждения соседних коммуникаций.
- Все работы производятся с минимальными помехами для движения городского и общественного транспорта (делаются проколы под дорогой).
- Уменьшение расходов на земляные и восстановительные работы (необходимо всего 2 технологических котлована размером 2×0,8 м по обе стороны ремонтируемого участка. При этом длина единовременно ремонтируемого участка может достигать 150 м).
- Используемый материал: ПНД и ПВД трубы диаметром 110-315 мм
- Возможна протяжка трубопровода большего диаметра (в 1,5-2 раза).

5.3. Преимущества методов бестраншейной прокладки коммуникаций

Экономическую эффективность метода ГНБ показал сравнительный анализ стоимости сметных работ методом бестраншейной прокладки с другими способами строительства инженерных коммуникаций. Применение метода ГНБ для сооружения подземных инженерных коммуникаций, в особенности переходов под реками и лесными массивами, позволяет существенно (до 30-50%) сократить объем финансовых затрат за счет следующих факторов:

- сокращение сроков строительства переходов (в 5-10 раз);
- значительное снижение объемов земляных и взрывных работ;
- сокращение привлекаемых для производства работ техники и специального оборудования;
- уменьшение количества рабочей силы;
- отсутствие в производстве ряда высокозатратных видов работ (по оценке авторитетных специалистов стоимость этих видов работ при обычном способе строительства инженерных коммуникаций может достигать 50% сметной стоимости);

оптимизация затрат по энергообеспечению строительства, сооружению временных зданий, накладными и прочими расходами;

сокращение последующих расходов на контроль и ремонт коммуникаций в процессе их эксплуатации, увеличение гарантийного, безаварийного срока экс-

плуатации подводного перехода (в 2-3 раза) и, как следствие, минимизация платежей за экологический ущерб в силу экологической безопасности.

Методы ГНБ, направленные на сохранение окружающей среды и минимальное нарушение жизни городов, позволяют работать высокими темпами и с высоким качеством, что особенно важно в условиях сооружения подземных инженерных коммуникаций, когда необходимо обеспечить сохранение экологического баланса и оказывать минимальное влияние на окружающую среду в местах проведения работ. Традиционный способ, основанный на механизированной разработке береговых и русловых траншей, приводит: к размыву берегов и донных отложений; увеличению концентрации минеральных частиц грунта в воде, значительному распространению загрязнения воды; уничтожению природного слоя земли и вырубке лесов в местах проведения работ. В результате чего происходит нарушение экосистемы, флоры и фауны.

Метод ГНБ имеет множество преимуществ по сравнению как с традиционным методом, так и с методами прокола и продавливания, что важно при строительстве переходов под железными и автомобильными дорогами в стесненных условиях города. Нет необходимости в рытье котлованов для размещения в них оборудования. Установка ГНБ работает с поверхности земли, благодаря чему снижается объем земляных работ. Преимущества обоснованы не только значительным сокращением времени на реализацию самого проекта, но в первую очередь с минимальными временными и финансовыми затратами на согласование проекта с местными властями и владельцами сооружений и близлежащих коммуникаций. Такая экономия времени и средств на разного вида согласования и разрешения выливается в конечном итоге в существенное снижение себестоимости 1 м уложенной в землю трубы, что возводит метод ГНБ в ранг экономически высокоэффективных методов. Более того, во многих городах, особенно в центральных районах и районах с плотной застройкой, муниципальные власти все чаще запрещают прокладывать подземные коммуникации открытым способом.

6. Восстановление трубопроводов холодного и горячего водоснабжения путем нанесения цементно-полимерного покрытия на внутреннюю поверхность трубопроводов.

Технология внутренней цементно-песчаной облицовки труб эффективно применяется при восстановлении работоспособности (санировании) изношенных подземных стальных и чугунных трубопроводов хозяйственно-питьевого и горячего водоснабжения и напорной канализации и обеспечивает:

- предотвращение коррозии внутренней поверхности трубопроводов;
- предотвращение минеральных отложений и биологических обрастаний;
- увеличение пропускной способности (улучшение гидравлических характеристик) действующих трубопроводов;
- снижение потребления электроэнергии для транспортировки перекачиваемой воды;
- устранение утечек воды за счет герметизации свищей и неплотностей стыковых соединений;

- сохранение качества в процессе транспортировки по трубам питьевой и высококачественной технологической воды;

- увеличение срока службы труб.

Недостатки покрытий на основе цемента

Основной недостаток данной технологии – сложность или невозможность произвести санацию в случае больших свищей (более 5 мм), особенно при инфильтрации в трубу. В случае сильного износа трубопроводов или при наличии большого количества дефектов, таких как промятая трубы, чопики и др., не рекомендуется санация трубопроводов покрытиями на основе цемента. В этом случае мы предлагаем замену стальных трубопроводов на пластмассовые.

7. Способы нанесения цементно-полимерного покрытия (ЦПП) на внутреннюю поверхность трубопроводов.

В зависимости от диаметра трубопровода покрытие наносится двумя способами:

1. Поршневой метод нанесения покрытия для труб диаметром от 100 до 250 мм. Работы можно производить из существующих колодцев. Длина рабочего участка до 200 м при неограниченном количестве стандартно выполненных отводов. Это немаловажно в условиях развитых коммуникаций и застройки. При производстве работ используется стандартное оборудование. Между двумя поршнями заливается раствор, после чего производится выстрел посредством компрессора. При этом наносится слой раствора от 2 до 4 мм. Нанесение ЦПП производится в несколько слоев для достижения необходимой толщины покрытия.

2. Нанесение покрытия центробежным набрызгом для труб диаметром более 300 мм. Работы производятся из существующих камер или котлованов размером 1,5-2 м. Восстановлению подлежат только прямые участки длиной не более 120 м. Для нанесения покрытия используется специализированная техника и оборудование, такое как растворонасос, лебедка с регулируемым приводом, электрогенератор на 30 кВт и др. Нанесение цементно-полимерного покрытия производится в один заход. Необходимая толщина покрытия достигается за счет установки скорости лебедки.

8. Ремонт трубопроводов холодного и горячего водоснабжения, канализационных и водоотводящих систем путем протягивания новой трубы из полимерных материалов внутрь старой трубы с разрушением или без разрушения старого трубопровода.

Применяется для трубопроводов холодного и горячего водоснабжения, канализационных и водоотводящих систем. Данный метод можно использовать для трубопроводов, имеющих сквозную коррозию или другие дефекты труб. Существуют два способа протягивания новой трубы в старую:

1. Без разрушения старого трубопровода.
2. С разрушением старого трубопровода.

В первом случае для протягивания трубы требуется предварительная прочистка трубопровода без специальной обработки поверхности. Предварительно

трубу сваривают на поверхности, затем ее протягивают внутрь старой с помощью лебедки.

Естественно, при этом способе происходит сужение диаметра трубы, однако вследствие того, что у полимерных труб гидравлические характеристики много выше, чем у стальных, это не столь существенно.

Во втором случае для разрушения старой трубы используют нож, которым разрезают старую трубу, а за ним закрепляется расширитель и новая пластмассовая труба. Для протягивания трубы используют мощную лебедку с усилием от 35 до 250 т в зависимости от диаметра трубы.

При использовании данного способа можно протягивать трубы без сужения диаметра или даже большего диаметра.

Работы можно производить из существующих колодцев.

Комплекс работ по бестраншейному восстановлению трубопроводов:

1. Трассировка трубопроводов.
2. Прочистка трубопроводов.
3. Диагностика трубопроводов на предмет выявления свищей, дефектов, врезок и общего износа трубопровода.
4. На основе полученных данных производится выбор наиболее подходящего метода ремонта изношенного участка – санация методом нанесения ЦПП или бестраншейная замена на пластмассовые трубы.
5. Восстановление трубопровода одним из выбранных методов.
6. Теледиагностика на предмет качества восстановления (в случае санации).
7. Дезинфекция для трубопроводов питьевого водоснабжения.
8. Гидроиспытания.

Тема 10. Канализационные насосные станции

10.1. Реконструкция насосных станций перекачки

Фекальные насосы Homa Barracuda GRP идеальны для водопроводов с малым поперечным сечением труб, применимы в качестве осушительных систем в топографически труднодоступных районах. Для них характерен сильный напор даже при работе с относительно малым уровнем воды. Фекальные насосы Homa Barracuda измельчают крупные твердые комки грязи в перекачиваемой воде в доли секунды, что позволяет использовать пластмассовые водопроводные трубы с поперечным сечением от 1 1/2". Материальные затраты при прокладке таких водопроводов значительно ниже, чем при применении обычных насосных систем.

Госстандарт: разработка и сборка фекальных насосов производится в соответствии с немецкими промышленными нормами под контролем государственных учреждений. Сертификат № 0220119.

Установка погружного фекального насоса: стационарная и переносная. Автоматическое включение фекального насоса в зависимости от уровня воды.

Область применения фекального насоса: чистая и загрязненная вода, сточная вода с твердыми и волокнистыми частицами или фекалиями. Максимальная температура перекачиваемой воды 35°C, кратковременно до 60°C.

Конструкция фекальных насосов. Полностью затопляемый погружной насос состоит из:

собственно фекальный насос с горизонтальным напорным патрубком R 2" AG;

рабочее колесо насоса – открытое многолопастное;

перед колесом встроенная дробилка для измельчения крупных твердых комков грязи;

электродвигатель насоса – погружной, водонепроницаемый электродвигатель (одно- или трёхфазный) с датчиком нагрева изоляции. Класс стойкости нагрева изоляции F. Класс защиты IP 68. Кабельный ввод в насос Barracuda GRP 16-36 в отделенной от мотора стыковой камере. Вал электродвигателя насоса: стальной хромированный вал, не требующий смазки на весь период эксплуатации подшипник качения. Прокладки: Barracuda GRP 16 комбинация из торцевой (карбид кремния) и радиальной прокладок в масляной запорной камере, модели от GRP 22 с двумя торцевыми прокладками в масляной запорной камере. Все модели фекальных насосов могут быть заказаны с электронным датчиком контроля герметизации в масляной запорной камере.

Комплектация фекального насоса

Насос модель W: однофазный насос в комплекте 10 м кабеля. Для работы насоса необходим конденсатор, встроенный в коммутационный аппарат (поставляется отдельно, как дополнительное оборудование).

Насос модель D: трёхфазный насос – в комплекте 10 м кабеля.

Насос модель A: с автоматическим поплавковым выключателем, с поплавковым датчиком AS, 10 м кабеля, коммутационный аппарат с защитой для мотора, ручное и автоматическое включение.

Модели насоса W со встроенным конденсатором и сетевым штекером.

Модели насоса D с двухсторонним сетевым штекером СЕЕ. Модели насосы Ex с реле для защиты системы управления (транзисторным реле).

Насос модель Ex: взрывобезопасное исполнение насоса.

Насос модель V: со встроенной подставкой для наземной установки.

Канализационная насосная станция Homa SK

Канализационная насосная станция – готовый к подключению канализационный колодец из пластмассы.

Канализационные насосные станции Homa SK 6 и Homa SK 9 – это готовые к подключению канализационные насосные станции, каждая из которых имеет коллекторный сточный канализационный колодец. Как правило, КНС применяются для обслуживания помещений, находящихся ниже уровня воды в канале. Канализационные насосные станции могут поставляться как с фекальными насосами для сточных вод серии Homa Barracuda GRP с режущими лопастями, так и с дренажными насосами для перекачки воды с крупными твёрдыми частицами серии Homa TP с канальным или свободновихревым рабочим коле-

сом насоса. Поставляются как готовые канализационные насосные станции со всеми деталями для подсоединения к трубопроводу, что значительно облегчает монтаж и снижает затраты на установку.

Малый вес и интегрированные ручки для переноски облегчают транспортировку и установку КНС.

Впускные штуцеры различных размеров DN 100/150/200 для оптимального присоединения канализационной насосной станции к имеющимся трубопроводам.

Незасоряющийся пластиковый колодец для КНС, благодаря подвесному креплению насоса. Удобная для обслуживания насоса конструкция – насос вынимается (вытягивается) из шахты отдельно от соединительных элементов.

Только у модели канализационной насосной станции Нoma SK 9: спускное отверстие, защищенное от замораживания, на 1100 мм ниже крышки колодца.

10.2. Автоматизированные системы автоматического управления (САУ)

Системы автоматического управления (САУ) предназначены для управления локальными технологическими объектами вспомогательного значения (насосными станциями, подогревателями резервуаров воды и т.д.).

САУ состоит из отдельных шкафов, стоек или навесных блоков, имеющих в своем составе программируемые контроллеры, элементы управления и отображения информации о ходе технологического процесса.

В качестве способа отображения информации и управления объектом могут использоваться (по желанию заказчика) следующие виды:

- размещение на лицевой панели стойки САУ мнемосхемы объекта с элементами управления и сигнализации;
- размещение на лицевой панели стойки САУ экрана (дисплея) специальной панели оператора, на которой программным способом изображается технологическая схема объекта, точки сигнализации технологических параметров, а также точки управления исполнительными устройствами.

САУ КНС с горизонтальными насосами

САУ КНС (система автоматического управления канализационной насосной станцией) с горизонтальными насосами разработана с применением программируемого контроллера, предназначена для автоматического управления работой КНС и выполняет следующие функции:

- непрерывный контроль уровня стоков в приемном резервуаре и дренажном приемке;
- контроль наличия воды в баке разрыва струи; управление насосами, установленными в КНС; контроль напряжения в цепях управления насосами; контроль давления в напорном коллекторе насосов уплотнения; контроль температуры воздуха в щитовой; вывод информации о состоянии насосной на мнемосхему САУ КНС;
- вывод информации о состоянии насосной в центральную операторную.

Автоматизация насосных станций. Одно из направлений, по которому предлагаются комплексные решения, – это автоматизация и диспетчеризация насосных станций различного назначения, начиная от разработки технического задания под требования заказчика до сдачи под “ключ” автоматизированной системы управления станцией или группой станций. Данные системы применяются как на объектах ЖКХ, так и на промышленных предприятиях, где есть насосные станции, например на водооборотных циклах.

Автоматизированная система управления водопроводной насосной станцией (АСУ ВНС) – это комплексный подход к решению проблемы управления и контроля подачи воды насосными станциями крупных и средних промышленных предприятий, а также объектов коммунального хозяйства на основе внедрения передовых энергосберегающих технологий.

Решение данной проблемы заключается в управлении расходом воды и поддержания необходимого давления в выходном водоводе за счет изменения скорости вращения насосных агрегатов. Техническую базу для такого подхода составляют современные средства частотно-регулируемого электропривода и микропроцессорной техники.

Назначение системы:

- дистанционное управление работой насосов, задвижек;
- автоматическое поддержание заданного давления вод в выходном водоводе;
- вывод текущих параметров системы и задание необходимых установок на видеотерминале;
- визуализация и управление технологическим процессом на рабочем месте оператора;
- сбор, обработка и архивация необходимых статистических данных;
- повышение надежности оборудования насосной станции;
- продление ресурса электродвигателей насосов;
- снижение затрат на электроэнергию.

Система представляет собой трехуровневый аппаратно-программный комплекс:

1. Уровень управления механизмами станции (датчики давления, температуры и расхода воды, регулируемый и нерегулируемый электропривод насосов и задвижек).
2. Уровень контроля и управления оборудованием и технологическим процессом по разработанным алгоритмам (шкаф контроля и управления с программируемым контроллером).
3. Уровень оперативно-административного управления (рабочая станция оператора на базе персонального компьютера, SCADA-система).

Автоматика

Автоматическая работа КНС во многом определяется технологией перекачки стоков. И если мы рассматриваем классический случай – работу с накоплением стоков, то возможности автоматизации станции определяются типом

первичных датчиков – измерителей и сигнализаторов уровня. Датчик-измеритель – это электромеханический или электронный прибор, выходная электрическая величина на выходе которого (ток или напряжение) пропорциональна неэлектрической величине на его входе (в нашем случае это уровень в приемке). В этом случае возможно использование электронного устройства для управления насосами КНС. В общем случае электронное устройство должно обладать следующими функциями:

- иметь электрически совместимые с датчиком-измерителем входные цепи;
- иметь возможность хранить значения уровней включения и выключения насосов (установки);
- иметь электрически совместимые с исполнительными механизмами выходные цепи.

Кроме этих функций устройство должно обладать пользовательским интерфейсом, на поддержку которого требуется гораздо больше ресурсов, нежели на поддержку собственно функций станции. Задачи пользовательского интерфейса:

- обеспечить ввод установок для всех насосов;
- обеспечить индикацию текущего уровня;
- обеспечить индикацию состояния насосов;
- поддерживать дополнительные функции контроллера. Дополнительные функции контроллера повышают его эксплуатационные характеристики и облегчают действия персонала и анализ работы станции. К их числу можно отнести:

- часы реального времени;
- журнал фиксации действий персонала;
- журнал фиксации работы станции;
- ротация насосов в заданное время;
- учет времени работы насосов;
- вычисление объема перекачанных стоков;
- контроль работы приборов, лишенных своего пользовательского интерфейса;
- первичный анализ аварийных ситуаций.

Дополнительных функций контроллера может быть очень много, и они во многом определяют его рыночную стоимость, но не являются обязательными.

В контроллер вводятся значения уровней включения и выключения каждого из насосов и в зависимости от показаний датчика-измерителя происходит управление работой станции. Это автоматический режим.

Ручной режим предназначен для проверочного включения-выключения насосов и управления насосами в аварийных ситуациях с участием оператора. Наличие контроллера не исключает необходимость установки элементов электрической коммутации для насосов. Это приводит к возможности реализации ручного режима, независимого от работы и состояния контроллера.

Ручной режим выбирается ключом на панели управления для каждого насоса и позволяет оператору включать и выключать выбранный насос. В ручном режиме работа насоса ограничена только действием электрических защит.

Тема 11. Особенности проектирования реконструкции дождевой сети

11.1. Дождевая канализация – водостоки

Для отведения дождевых и талых вод устраивают дождевую канализацию, которая делится на внутренний и наружный водостоки. Внутренний водосток предназначен для удаления атмосферных осадков с крыш зданий, наружный – с территорий и внутренних водостоков. Сеть дождевой канализации может быть открытой, состоящей из открытых лотков и канав, закрытой (подземной) – из труб и каналов в земле и смешанной, представляющей собой сочетание открытой и закрытой сетей. Открытая дождевая сеть устраивается при малой плотности застройки, малом количестве населения, небольшом количестве атмосферных осадков. Наружная закрытая дождевая канализация состоит обычно из дождеприемников – устройств для приема дождевых вод, стекающих с поверхности улиц, сети труб и каналов, смотровых, перепадных и других колодцев на сети, выпусков в водоемы или овраги. Дождеприемники – небольшие колодцы на водостоках, круглые или прямоугольные. Приемные решетки дождеприемников изготавливают прямоугольной или круглой формы из чугуна или стали и устанавливают в проезжей части на 20-30 мм ниже поверхности лотка. Закрытую сеть сооружают из бетонных и железобетонных труб и коллекторов круглой и прямоугольной формы. Лотки и канавы выполняются как дренажная система с одеждой дна и откосов на песчано-гравийной подготовке, с фильтрующими прослойками из геотекстилей или из железобетонных лотков. Диаметры труб и размеры водосточных каналов определяются гидравлическим расчетом.

Зарубежные фирмы предлагают более современные конструкции для устройства водостоков.

FASERFIX Standart – системы водостоков общего назначения со встроенными перепадами или горизонтальным днищем – применяются для пешеходных зон, подъездных путей, автостоянок, зон приготовления пищи (рис. 11.1). Такие водостоки имеются в виде мелкосидящих секций, предназначенных к установке в мощенные плитками поверхности с ограниченной глубиной заложения. Решетки, прикрывающие водостоки, выполняются из оцинкованной стали, чугуна, нержавеющей стали и меди. Решетки имеют ячеистую структуру нескольких типов и снабжены пружинными защелками.

FASERLIX Super – эти системы водостоков изготавливаются из армированного стекловолокна. Они легкие, прочные и обладают повышенной стойкостью к воздействию солей, солнечных лучей и низкой температуры. Подходят для установок в местах с повышенными нагрузками и высокой интенсивностью движения. Выпускаются также дополнительные принадлежности: пескоулови-

тель, торцевые заглушки, сифоны, насадки металлические на боковые борта лотка, бордюры пластиковые, дождеприемники, придверные решетки для чистки обуви.

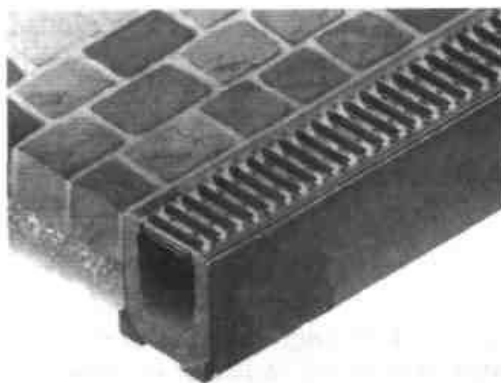


Рис. 11.1. FASERFIX Standart – системы водостоков общего назначения со встроенными перепадами или горизонтальным днищем

Система линейного водоотвода “АКО” предназначена для сбора дождевых стоков по плоским уклонам поверхности в линию каналов, предварительной очистки от мусора пескоуловителями и отвода их в канализацию. Система состоит из каналов из полимербетона, решеток из чугуна и оцинкованной стали с безрезьбовыми замками крепления, пескоуловителей. Полимербетон в два раза прочнее и легче бетона, морозостоек, химически нейтрален.

При невозможности организации сброса дренажных и дождевых вод самоотекотом и при необходимости подачи их на очистные сооружения устраивают станции перекачки, оснащенные насосами и автоматикой.

Дождевая канализация и дренаж для частного дома. Дренаж собирает в области фундамента воду и предотвращает слишком быстрый подъем грунтовых вод к основанию дома. Для обслуживания трубопровода на каждом втором изгибе устанавливают дренажный колодец.

Канализация дождевой воды собирает всю стекающую с крыш воду, чтобы она не образовывала лужи во дворе, создавая угрозу для фундамента и влияя на влажность в погребе. Канализация дождевой воды начинается уже под водосточными трубами. Установленные под ними воронки для сбора стекающей с крыши воды отфильтровывают сначала наиболее крупный мусор. В подходящем месте устанавливается колодец для дождевой воды, снабженный фильтрующей крышкой. Его подсоединяют либо к канализации дождевой воды, либо непосредственно к основному водяному колодцу.

Из дренажа и канализации дождевую воду собирают в основной водяной колодец “Колодец для двора Uponor”. Установленный в колодце на стыке дренажных труб клапан служит для того, чтобы в случае наводнения вода не смогла подняться по дренажным трубам назад в фундамент дома. Из основного водяного колодца вода выводится в коммунальную канализацию дождевой воды, в ближайшую открытую дренажную трубу или всасывается через каменную насыпку в земле участка.

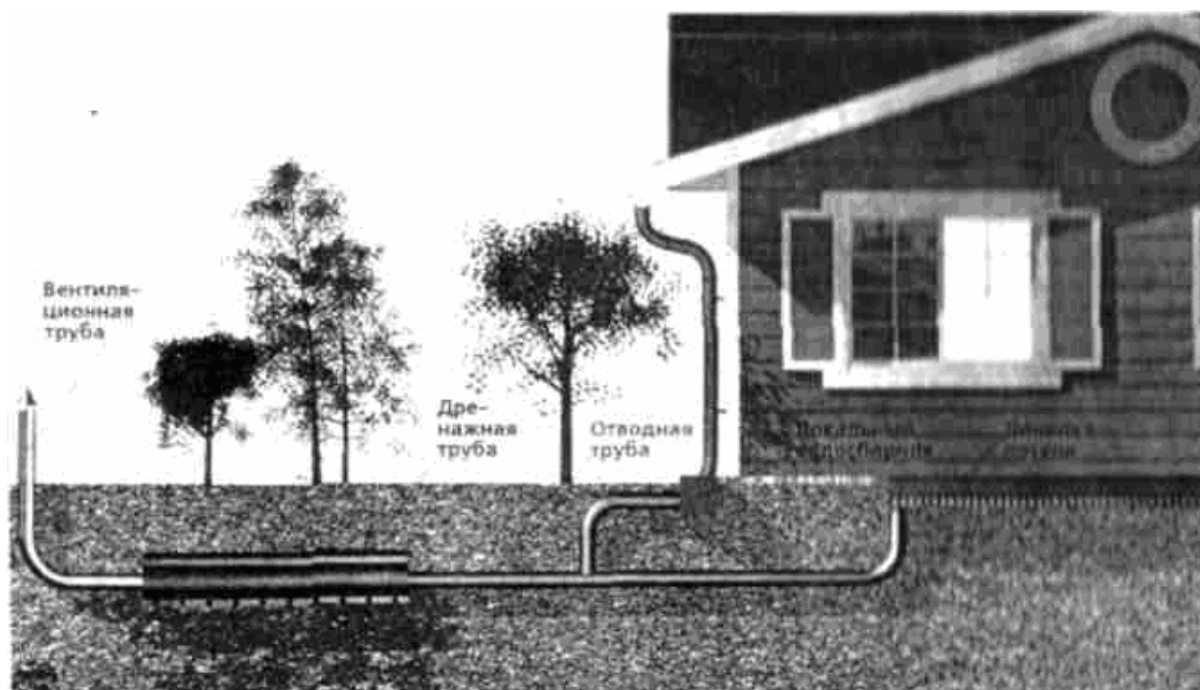


Рис. 11.2. Схема дренажной системы

Описанные системы выпускает фирма Уропор (Финляндия). В систему входят: дренажный колодец с крышкой, дворовый колодец с крышкой, шариковый клапан, воронки под водосточные трубы, уплотнители, дренажные трубы, трубы, муфты, отводы (рис. 11.2).

11.2. Дождевая канализация на большом участке с коттеджем

Еще на ранней стадии освоения участка нужно подумать о сборе и удалении дождевой воды. Применяют два способа сбора воды – линейный для протяженных участков территории и точечный для локальных стоков (например, из водосточных труб). Для приема воды устанавливают водосборные устройства в тех местах, где могут собираться лужи на рельефе, а также у дома, гаража. Если подъездные дороги и пешеходные дорожки устланы тротуарной плиткой, то с них воду собирают и отводят с помощью линейки лотков (желобов). Для этого покрытие должно быть уложено с небольшим уклоном в сторону линейки. С крутого склона на участке может стекать много дождевой воды, тогда на ее пути размещают линию водосборных лотков. Монтировать водосборную систему разумнее одновременно с укладкой тротуарной плитки.

Тротуарную плитку, бордюрные камни, бетонные желоба, чугунные решетки делают многие российские заводы и комбинаты ЖБИ. Зарубежные производители предлагают полностью укомплектованные системы ливневого водоотвода для дома и сада.

Модульная система ACO Self фирмы ACO SEVERLIN AHLMANI GmbH & Co. KG (Германия) достаточно универсальна, проста в монтаже и надежна при эксплуатации. Основные элементы системы – лоток 10×13×100 мм и пескоуловитель. Лотки оснащены пазом с одной стороны и шпунтом с другой, посредст-

вом которых их можно соединять встык и затем собирать в линию лотков (линейку) (рис. 11.3). Предусмотрена также возможность соединения под углом 90 град. Линейка должна быть установлена с уклоном не менее 0,5%. Пескоуловитель располагается в конце или другом месте линейки. Лотки и пескоуловитель, в корпусе которого помещается мусоросборник, закрываются стальными оцинкованными или чугунными решетками и удерживаются плоскими пружинными защелками. При точечном сборе воды используют локальный дождеприемник с мусоросборником. Поток в него может направляться сверху через решетку или прямо из водосточной трубы через специальную насадку, укрепленную на корпусе дождеприемника. В систему также входят заглушки, сифоны для пескоуловителя и водосборного лотка, отводные патрубки, решетки для очистки обуви. Корпуса элементов изготовлены из высокопрочного полимербетона, средний срок службы около 30 лет.

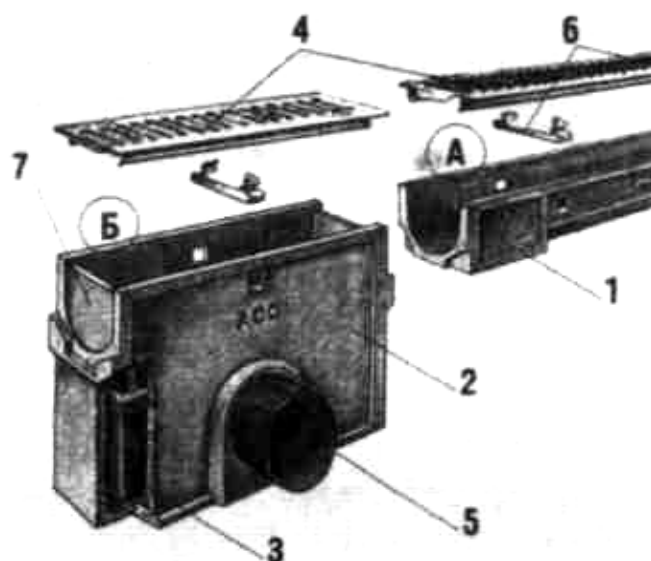


Рис. 11.3. Основные элементы системы линейного водоотвода: А – водосборный лоток, Б – пескоуловитель; 1 – корпус лотка; 2 – корпус пескоуловителя; 3 – мусоросборник; 4 – решётка; 5 – выводной патрубок; 6 – пружинная защёлка для крепления решетки; 7 – заглушка пескоуловителя, удаляемая при монтаже системы

Пескоуловитель (в случае его использования) устанавливают на месте. К нему соединением “шпунт в паз” монтируют линию лотков. Если линейку прокладывают по земле без дополнительного покрытия (например, вдоль детской площадки или теннисного корта), то рекомендуется с обеих сторон на ширину не менее 30 см уложить бетонную подушку, а на неё – тротуарную плитку.

При использовании локального дождеприёмника вначале в корпус вставляют водоотводящий патрубок, а затем его устанавливают в ямку на слой бетонного раствора так, чтобы верхняя плоскость патрубка была горизонтальная, а закрывающая решётка – на 3-5 мм ниже окружающего покрытия. Выводные патрубки всех элементов водосборной системы канализационными ПВХ-трубами, тройниками и угловыми элементами диаметром 110 мм присоединяются к трубам, по которым собранная вода направляется в отводящую систему.

Если от лотков и пескоуловителей вода отводится в канализацию (раздельную), то в отводном трубопроводе устанавливают сифоны.

После завершения монтажа в пескоуловители и дождеприемники устанавливают мусоросборники, водоприемные элементы закрывают решетками, и система готова к эксплуатации. Ее обслуживание заключается в периодической прочистке – 2-4 раза в месяц и желательно после обильного дождя. Для этого снимают с лотков решетки и удаляют мусор щеткой, скребком или струей воды из поливочного шланга. Чтобы очистить мусоросборники, их нужно вынуть из корпуса пескоуловителя или точечного водоприёмника, выбросить мусор, промыть водой, а после этого поставить на прежнее место.

Собранная дождевая вода должна быть удалена за пределы участка. Если рядом с участком имеется овраг с ручьём, речка или какой-нибудь водоём, то это большая удача, т.к. в этом случае собранную дождевую воду можно отвести за пределы участка через закопанную в землю трубу. Её можно собрать из обыкновенных канализационных труб (дешевле из ПВХ), уложить в траншею с уклоном не менее 2%. Поскольку дождевая вода достаточно чистая и не содержит вредных веществ, то её отвод в овраг или речку совершенно безопасен.

Отвод воды в канализацию проблематичен. Централизованные поселковые сети обычно общесплавные, и отводить в них дождевые воды не разрешается. Автономные канализационные системы для одного дома – сложные и дорогие сооружения, которые при приеме дождевых вод не смогут обеспечить качественную очистку бытовых стоков. В новых коттеджных поселках иногда сооружают раздельную канализационную систему, в которой бытовые и поверхностные сточные воды отводят по разным трубам. В этом случае прокладывается труба от водосборной системы дома до канализационного колодца.

Если нет системы канализации, оврага или водоема, необходимо сооружение дренажной системы, аналогичной применяемой в канализационных сетях для утилизации очищенных сточных вод. Собранная вода отводится в дренажную трубу (дрену), из которой она постепенно просачивается в грунт. Дрену можно собрать из любых труб, применяемых в системах дренажа, – гончарных, асбестоцементных, пластмассовых. Водоотводную и дренажную трубы укладывают с уклоном не менее 0,5% в траншею. Параметры такой системы – длина и число дренажных труб, расстояние между ними, место, глубина, способ их укладки и т.п. – определяют с учетом предполагаемого количества собираемой дождевой воды, вида грунта, уровня грунтовых вод и других факторов. Очевидно, что системы дождевой канализации должны разрабатываться одновременно с проектированием коттеджа и составлением схемы благоустройства участка.

11.3. Регенерация дождевой воды (из опыта Германии)

Дождевую воду можно использовать для нужд полива, сантехнических стоков и стирки белья. Производители предлагают множество установок, разных по типу использования, конфигурации и конструктивным особенностям.

Системы ирригации используют дождевую воду для полива. Наипростейшая установка – обычная бочка, куда выведена водосточная труба с фильтром. Вода к потребителю поступает через кран либо посредством наружного насоса.

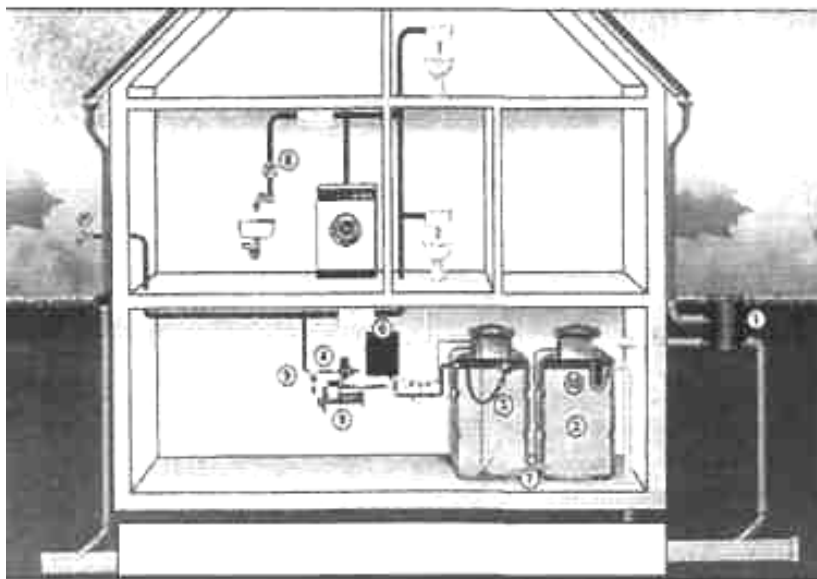


Рис. 11.4 Схема установки с резервуарами в подвале: 1 – автоматический фильтр; 2 – ряд бочек; 3 – поплавок со всасывающей трубой; 4 – насос с регулятором давления; 5 – консоль для установки настенного насоса; 6 – устройство подачи питьевой воды с регулятором, оснащенный поплавковым выключателем; 7 – комплект соединения бочек между собой; 8 – заводские таблички; 9 – вторичный фильтр тонкой очистки; 10 – перелив с сифоном и защитой от грызунов и мелких животных

Примером такой установки является комплект Top-Tank фирмы Gtaf. В комплект входит одна или несколько пластмассовых бочек, соединенных между собой рукавами длиной около 25 см. Вода из бочки откачивается наружным струйным насосом через всасывающую трубу длиной 4-7 м, оснащенную сеточным фильтром и обратным клапаном. Существуют системы с заглубленными в грунт бочками; системы с заглубленным в землю фильтром отдельно от бочки, работающим с системой барабанов. Вода из водостока, конец которого заглублен в грунт, проходит черт фильтр и поступает в бочку. Фирма Elwa предлагает системы для декоративных фонтанов с механизмом отвода лишней воды.

Интегрированные системы для дома и сада. Для использования дождевой воды для сантехнического слива и стиральных машин необходимы более чистая вода и непрерывное водоснабжение. Для большинства систем характерно наличие поплавка, который удерживает фильтр и всасывающий клапан на глубине 10 см от поверхности, что уменьшает попадание загрязнений. При отсутствии поплавковой системы дождевую воду можно использовать только для сантехнического слива. Фирмы GreenLife и Graf предлагают установки с погружным поплавковым насосом и подземными резервуарами с фильтрами. Для нормальной работы погружного клапана при необходимости подается питьевая

вода. Есть разные системы: с самоочищающимся наружным фильтром, с самовсасывающим центробежным насосом с электронным регулятором, с размещением резервуаров в подвале (рис. 11.4) или под землей (рис. 11.5, 11.6). Внутреннюю систему двойного действия производит фирма Roth. В нее входят бочки емкостью 750-2000 л, а система фильтрации размещается непосредственно в водостоке (в том числе под землей). Фирма Dehoust предлагает подземную сферическую систему из стеклопластика емкостью от 4000 до 12 000 л. Фирмы Werit, Procasa, Wilo производят системы с электронными блоками управления различной сложности и мощности. В любых системах регенерации используют только пластмассовые трубы.

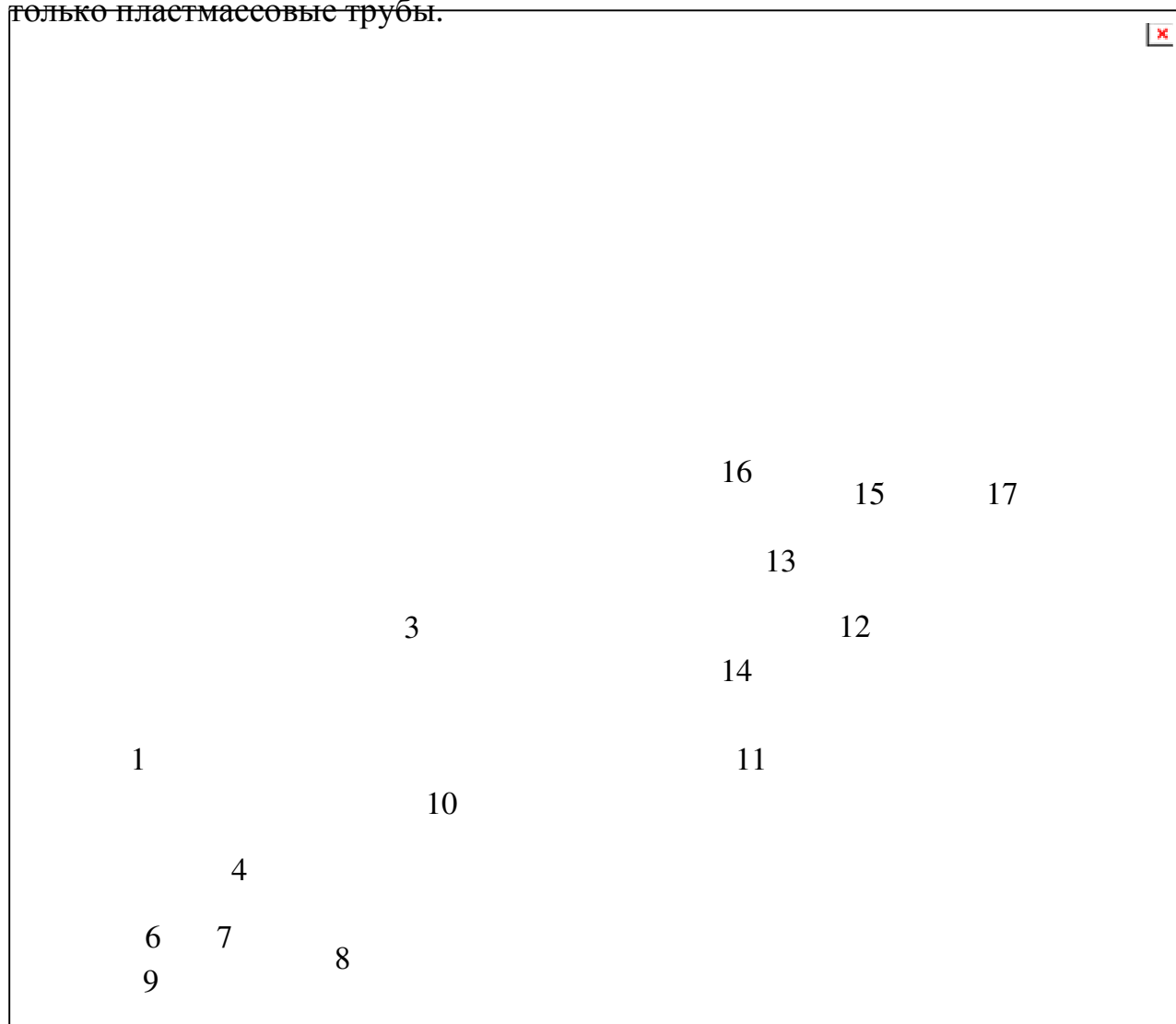


Рис. 11.5. Схема с погружным насосом: 1 – подземная бочка; 2 – встроенный двухфазный фильтр; 3 – труба подачи дождевой воды; 4 – погружной насос; 6 – труба с поплавковой системой; 7 – индикатор уровня жидкости; 8 – встроенная система регулируемой подачи воды; 9 – слой щебенки; 10 – выпускная труба либо дисперсионная система; 11 – дождевая вода для полива; 12 – труба для дождевой воды; 13 – система управления насосом; 14 – регулятор уровня; 15 – система доставки питьевой воды посредством соленоидного клапана; 18 – дождевая вода для стирки; 19 – дождевая вода для сантехнического слива; 20 – дождевая вода для уборки дома

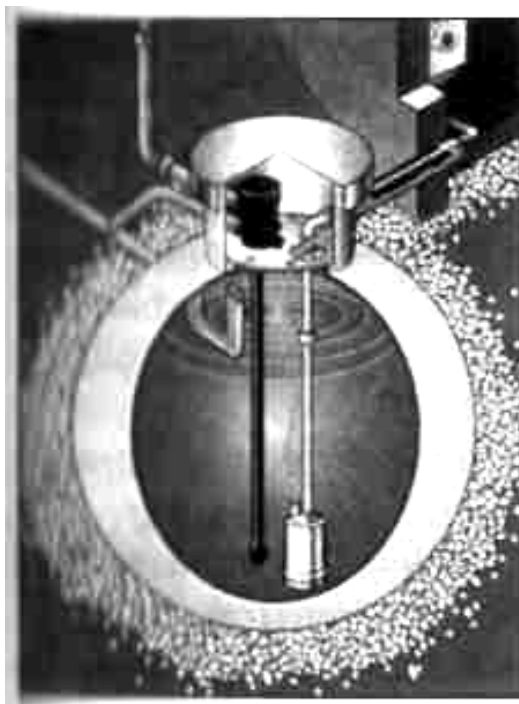


Рис. 11.6. Схема установки сферической бочки

11.4. Реконструкция устройств и сооружений на действующих водоотводящих сетях

Установка очистки ливневых стоков типа НГП-С и НГП-СК (рис. 11.7)

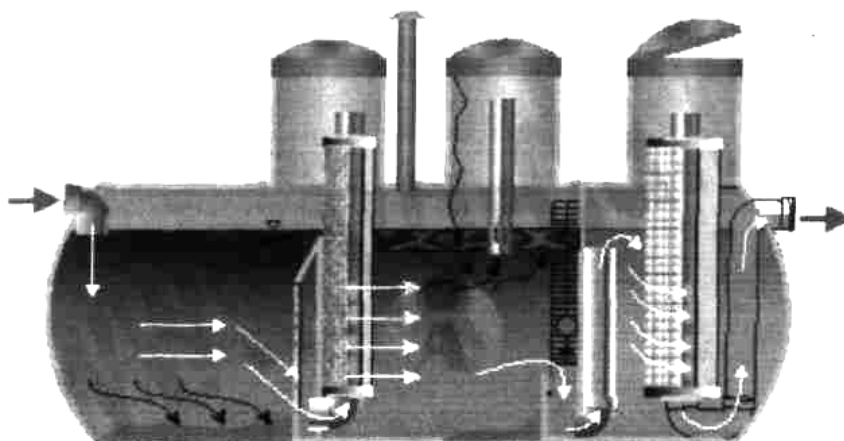


Рис. 11.7. Установка очистки ливневых стоков типа НГП-С. Общий вид

Для очистки ливневых стоков в установке типа НГП используются три основных технологических процесса, которые осуществляются в трех отдельных камерах. Нефтеловушка может производиться в одном корпусе с пескоулавливателем (тип НГП-С), что позволяет снизить стоимость оборудования.

Преимущества данных очистных сооружений:

- удаляют более 95% загрязнений;
- прочная, лёгкая конструкция из стекловолокна;

- простые в обслуживании;
- справляются с пиковым увеличением концентрации нефтепродуктов;
- отсутствуют внутренние движущиеся детали, нуждающиеся в замене или регулярном присмотре.

Область применения

Очистные сооружения этого типа предназначены для очистки ливневых сточных вод и производственных стоков, загрязненных нефтепродуктами. Используются на автозаправочных станциях, автостоянках, гаражных комплексах, автотранспортных станциях, транспортных погрузочно-разгрузочных терминалах и других территориях, загрязненных нефтепродуктами. Очистные устройства типа НГП могут включаться в разнообразные технологические системы. При очистке ливневых стоков с сильно загрязненных территорий перед очистными НГП должны быть предусмотрены пескоуловители.

СТРОГО ЗАПРЕЩАЕТСЯ подавать в систему хозяйственно-бытовые стоки. Выпускать в систему химические вещества, попадание которых в систему канализации запрещено правилами эксплуатации. Бросать в систему мусор. При наличии этих и других нарушений правил эксплуатации, фирма-изготовитель не несет ответственности за неполадки в работе системы и вызванные последствия.

Очистное сооружение типа НГП-С и НГП-СК оборудовано двумя системами защиты: устройством автоматической блокировки, которое предотвращает произвольные утечки нефтепродуктов, а также автоматической сигнализацией, которая срабатывает в тех случаях, когда уровень накопившихся нефтепродуктов в установке достигает критической отметки.

Тема 12. Станции очистки сточных вод

12.1. Изучение существующих схем очистки сточных вод, разработка проекта ее изменения при максимальном использовании новых приемов и технологий

К физико-химическим процессам очистки производственных сточных вод относятся: коагуляция, флокуляция, экстракция, сорбция, эвапорация, флотация, ионный обмен, дезактивация и дезодорация.

Коагуляция. Для ускорения процесса осаждения тонкодисперсных примесей, а также эмульгированных смол производят их коагулирование. При этом уменьшается концентрация взвешенных веществ, запах и цветность. Этот процесс применяется для очистки производственных сточных вод в том случае, когда простое отстаивание и фильтрование их не дает удовлетворительного эффекта.

В качестве коагулянта наиболее часто используют сульфат алюминия, алюминат натрия, сульфат железа, хлорид железа, известь и др.

Экспериментами установлено, что доза 40 мг/л Fe^{3+} обеспечивает высокую степень очистки сточных вод. При использовании Fe^{3+} эффект очистки по ХПК

достигает 72%, а при использовании Fe^{2+} – 70,5%. Снижение мутности достигает 90%. Fe позволяет снизить содержание фосфора на 97,5%, уменьшить содержание бактерий на 40-80%, снизить цветность и уменьшить запах.

Флокуляция. Для интенсификации процессов коагуляции и осаждения взвешенных частиц широко используются органические природные и синтетические реагенты – высокомолекулярные флокулянты. Флокулянт ПАА катионно-анионного типа представляет собой сополимер акриламида и солей акриловой кислоты. Оптимальная доза ПАА для очистки производственных сточных вод колеблется в пределах от 0,4 до 1 г/м.

Новые флокулянты синтезированы в Институте химии АН Узбекистана. Применение анионных флокулянтов К-4, СМА, САВ, АКС-1 наиболее эффективно для очистки воды совместно с сульфатом алюминия. Анионные флокулянты МАА, САА и катионные ПВМ, ВПН не требуют добавления в осветляемую воду коагулянтов. Эти новые флокулянты могут применяться при дозах от 0,25 до 3 г/м для глубокой очистки сточных вод при концентрации мелкодисперсной взвеси от 100 до 10 000 г/м³.

Экстракционные способы очистки. Для выделения из производственных сточных вод растворенных в них органических веществ, например фенолов и жирных кислот, можно использовать способность этих веществ растворяться в какой-либо иной жидкости, не растворимой в очищаемой воде. Если такую жидкость прибавлять к очищаемой сточной воде и перемешивать, то эти вещества будут растворяться в прибавленной жидкости, а концентрация их в сточной воде будет уменьшаться. Этот физико-химический процесс основан на том, что при тщательном перемешивании двух взаимно нерастворимых жидкостей всякое вещество, находящееся в растворе, распределяется между ними в соответствии со своей растворимостью согласно закону распределения. Если же после этого прибавленную жидкость выделить из сточных вод, то последние оказываются частично очищенными от растворенных веществ.

Сорбционные способы очистки. Сорбция является одним из универсальных способов глубокой очистки от растворенных органических веществ сточных вод таких производств, как коксохимические, сульфат-целлюлозные, хлорорганические, синтез полупродуктов, красителей и др. Для удаления органических веществ, определяемых величиной БПК, пригодна биологическая очистка. Для удаления стойких органических веществ, определяемых ХПК, биологическая очистка не является эффективной. Даже хорошо очищенные сточные воды после биологической очистки имеют загрязнения органическими веществами, величина которых по ХПК равна 20-120 мг/л. Эти вещества включают танины, лигнины, эфиры, протеиновые вещества и другие органические загрязнения, имеющие цветность и запахи, пестициды, такие как ДДТ и др. Сорбционная очистка сточных вод используется как до биологической очистки, так и после нее. В последнее время исследуется возможность замены биологической очистки производственных и бытовых сточных вод сорбционной очисткой.

Эвапорационные способы очистки. Очистка производственных сточных вод эвапорационным способом состоит в том, что через сточную воду, нагретую

тую приблизительно до 100°C, пропускается насыщенный водяной пар, который увлекает летучие примеси. Далее пар проходит через какой-либо нагретый также примерно до 100°C поглотитель, в котором из пара удаляются захваченные им примеси (регенерация пара); освобожденный от них водяной пар снова направляется на очистку сточных вод.

Очистка сточных вод эвапорационным методом может производиться только в условиях прохождения пара навстречу протекающей воде. Аппарат, применяемый при эвапорационном методе, представляет собой колонну, состоящую из двух частей: эвапорационной, где происходит очистка сточных вод, и поглотительной, где происходит регенерация пара.

Диаметр эвапорационных колонн от 0,8 до 3 м, высота слоя насадки H колеблется от 6 до 12 м. Плотность орошения обычно не превышает 3 м/(м/ч), расход пара $P = 0,5 \dots 1,5$ кг/кг.

Флотационные способы очистки. Флотация применяется для удаления из сточных вод нефтепродуктов, жиров, поверхностно-активных веществ, волокон минеральной ваты, асбеста, шерсти и других нерастворимых в воде веществ с развитой поверхностью и мало отличающихся от воды по плотности. Флотационная очистка сточных вод обычно следует после извлечения из них осаждающихся и всплывающих примесей в нефтеловушках, жироловушках, отстойниках и производится во флотаторах. Вода, прошедшая флотаторы, может быть использована в системе оборотного водоснабжения предприятий или направлена на дальнейшую очистку от растворенных загрязнений.

Сущность процесса флотации заключается в том, что к диспергированным в тонкой суспензии пузырькам воздуха или газа прилипают частицы взвешенных веществ и всплывают вместе с пузырьками на поверхность очищаемой воды. При малых размерах пузырьков суммарная поверхность последних оказывается очень большой.

Практическое применение получили флотационные установки двух типов, отличающихся способом диспергирования воздуха: первый тип – флотация с механическим диспергированием воздуха турбинкой насосного типа; второй тип – диспергирование путем изменения давления (напорная флотация).

Ионный обмен. Одним из способов очистки производственных сточных вод, отличающихся высокой токсичностью, является ионный обмен. Ионитами возможно извлекать из сточных вод соединения мышьяка и фосфора, цианистые соединения и радиоактивные вещества, а также хром, никель, цинк, свинец, медь, ртуть и другие металлы.

В качестве ионообменных материалов используются как природные глауконитовые пески, так и искусственные алюмосиликаты типа пермутита, силикагели, сульфуголь и синтетические смолы.

При очистке сточных вод особенно важно правильно выбрать марку ионообменной смолы, которая определяет гранулометрический состав, плотность сухого и набухшего ионита, набухаемость, обменную емкость. Применяемые в практике ионообменные смолы характеризуются следующими показателями:

емкость поглощения – 6-10 мг-экв иона на 1 г смолы, набухаемость – 200-300%, термостойкость – 60-160°C.

Схема очистки сточных вод гальванических производств ионообменным методом представлена на рис. 12.1.

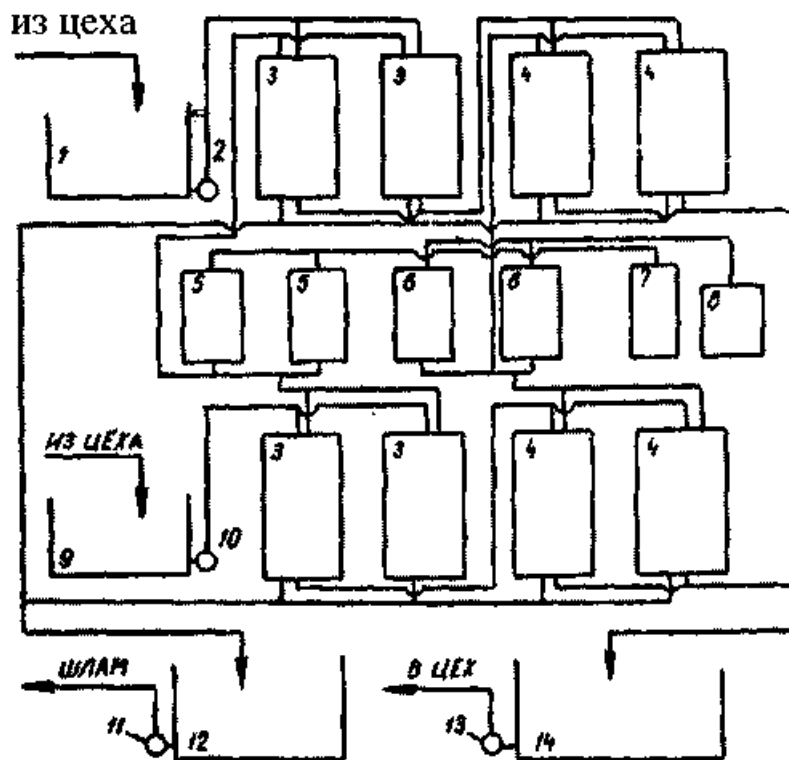


Рис. 12.1. Технологическая схема очистки гальванических сточных вод ионообменным методом: 1 – сборник хромосодержащих стоков; 2 – насос для подачи стоков; 3 – катионитовые фильтры; 4 – анионитовые фильтры; 5 – сборники раствора кислоты; 6 – сборники раствора щелочи; 7 – кислотный мерник; 8 – щелочной мерник; 9 – сборник кислотнo-щелочных стоков; 10 – насос подачи кислотнo-щелочных стоков на фильтры; 11 – насос перекачки шлама в отстойник; 12 – нейтрализатор; 13 – насос подачи воды в цех; 14 – сборник обессоленной воды

Сточные воды гальванического производства поступают в приемные резервуары 1 и 9 по двум отдельным сетям канализации: а) сеть для кислого хромосодержащего стока, б) сеть для смешанного кислотнo-щелочного стока.

Кислые хромосодержащие стоки из сборника 1 насосом 2 через песчано-гравийный фильтр (на схеме не показан) подаются на катионитовый фильтр 3, загруженный смолой КУ-2-8 в Н-форме. Катионит обеспечивает извлечение из сточных вод трехвалентного хрома и тяжелых металлов (медь, цинк, и др.), попадающих в процессе гальванической обработки в промывные воды. Фильтрат из катионитового фильтра с содержанием хромовой кислоты и свободных сильных кислот поступает на анионитовый фильтр 4, загруженный смолой АВ-17-8. В результате ионного обмена происходит полное извлечение из стоков

всех примесей, нейтральная обессоленная вода из сборника 14 насосом 13 подается снова на гальваническое производство.

Регенерация катионита производится 5%-ным раствором соляной кислоты. Кислота из сборника 5 сжатым воздухом подается в фильтр 3. Водород кислоты обменивается в смоле на катионы тяжелых металлов. Соли тяжелых металлов поступают в нейтрализатор 12. Образовавшийся шлам насосом 11 подается на фильтр-пресс.

Регенерация анионита происходит аналогично, но 5%-ным раствором щелочи, подаваемым из сборника раствора щелочи 6.

Очистка смешанных кислотно-щелочных стоков производится аналогично очистке хромсодержащих стоков.

Пример. Очистка сточных вод отдельно стоящих объектов

В последние годы с ростом строительства коттеджей, небольших производств, баз отдыха в районах, отдаленных от города и других населенных пунктов, возросла потребность в возведении локальных очистных сооружений и систем водоотведения.

К качеству очистки сточных вод предъявляются жесткие требования, поскольку в большинстве случаев они отводятся в небольшие ручьи, реки или в непроточные водоемы. Во многих регионах, в частности в Приморском крае, не проведено деление водоемов по группам пользования, поэтому все они считаются рыбохозяйственными, сброс в которые даже хорошо очищенных сточных вод проблематичен. Часто водоприемник находится на значительном удалении от строящегося объекта, что требует значительных затрат на строительство отводящего коллектора и нередко канализационной насосной станции. В этом случае нужны иные способы водоотведения.

Высокая арендная плата за землю зачастую не позволяет использовать типовые проекты очистных сооружений, поскольку для их размещения с учетом зон санитарной охраны требуются значительные земельные площади. Типовые решения не обеспечивают требуемую степень очистки сточных вод, рассчитаны на обработку десятков, иногда и сотен кубических метров стоков в сутки и крайне критичны к режиму неравномерного поступления стоков. Они рассчитаны на обработку только хозяйственно-бытовых сточных вод или на смесь бытовых и производственных, близких по составу к бытовым.

Часто на вновь возводимых объектах отсутствует или крайне ограничено горячее водоснабжение; при этом температура сточных вод в зимний период составляет менее 2,5°C, что значительно ниже температуры жизнедеятельности микроорганизмов.

Вышеперечисленное определяет требования к водоотведению от отдельно стоящих объектов:

1. Биологические очистные сооружения должны быть компактны, не критичны к неравномерному поступлению стоков, достаточно эффективны при температуре воды 6-8°C; не могут применяться при более низких температурах сточных вод.

2. При температуре сточных вод ниже 6-8°C и преобладании производственных стоков или неравномерности их поступления в течение суток должны применяться сооружения (установки) физико-химической очистки, работающие в автоматическом режиме и оборудованные усреднителями-накопителями сточных вод.

3. При отдаленности водоприемника очищенных сточных вод следует использовать сооружения подземной фильтрации для отвода и дополнительной очистки сточных вод.

В ДальНИИ ВОДГЕО разработаны установки физико-химической очистки различных категорий сточных вод.

Компактные установки физико-химической очистки хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод и их смесей, а также оборотных вод и ливневых стоков автомоек и автозаправочных станций производительностью 1,5; 3 и 6 м³/ч могут быть использованы как самостоятельно, так и с различными сооружениями по доочистке сточных вод: биофильтрами, дренажными траншеями и подземными песчано-гравийными фильтрами. Эскиз установки приведен на рис. 12.2.

Установки применяются для холодных хозяйственно-бытовых сточных вод (зимняя температура ниже 8°C) отдельно стоящих производств при длительных (более двух суток) перерывах в поступлении сточных вод. Для небольших производств с ограниченным числом работников очистные сооружения могут перерабатывать весь объем совместного производственного и бытового стока. В зависимости от требуемой степени очистки, условий водоотведения и компонентного состава производственных сточных вод установки выпускаются с угольным фильтром доочистки или без него. В ДальНИИ ВОДГЕО используется углеродный сорбент “Техносорб-1”, выпускаемый Конструкторско-технологическим институтом технического углерода СОРАН (г. Омск). В зависимости от компонентного состава сточных вод (фенолы, нефтепродукты и т.д.) поставщик по заказу изготавливает сорбент с оптимальным размером пор.

В установке в качестве механического фильтра использован плавающий фильтр типа ФПЗ-3 из гранул пенополистирола крупностью 1-3 мм. Такой тип фильтра выбран исходя из условий удобства эксплуатации установки. Все установки физико-химической очистки комплектуются в обязательном порядке усреднителем-накопителем объемом не менее 30% суточного расхода, погружными канализационными насосами с режущей кромкой GRUNDFOS, датчиками уровня и блоком управления насосом, насосами-дозаторами (ЕМЕС, ЕТАТРОН, Prominent), включающимися параллельно с погружным насосом. Это позволяет автоматически дозировать реагенты в установку одновременно с поступлением в нее сточных вод, место ввода реагентов варьируется в зависимости от состава сточных вод. Установки также комплектуются пластиковыми емкостями для растворения и хранения растворов реагентов. Установки могут изготавливаться как для размещения в отдельном отапливаемом помещении, так и в утепленном контейнере с электрообогревом.

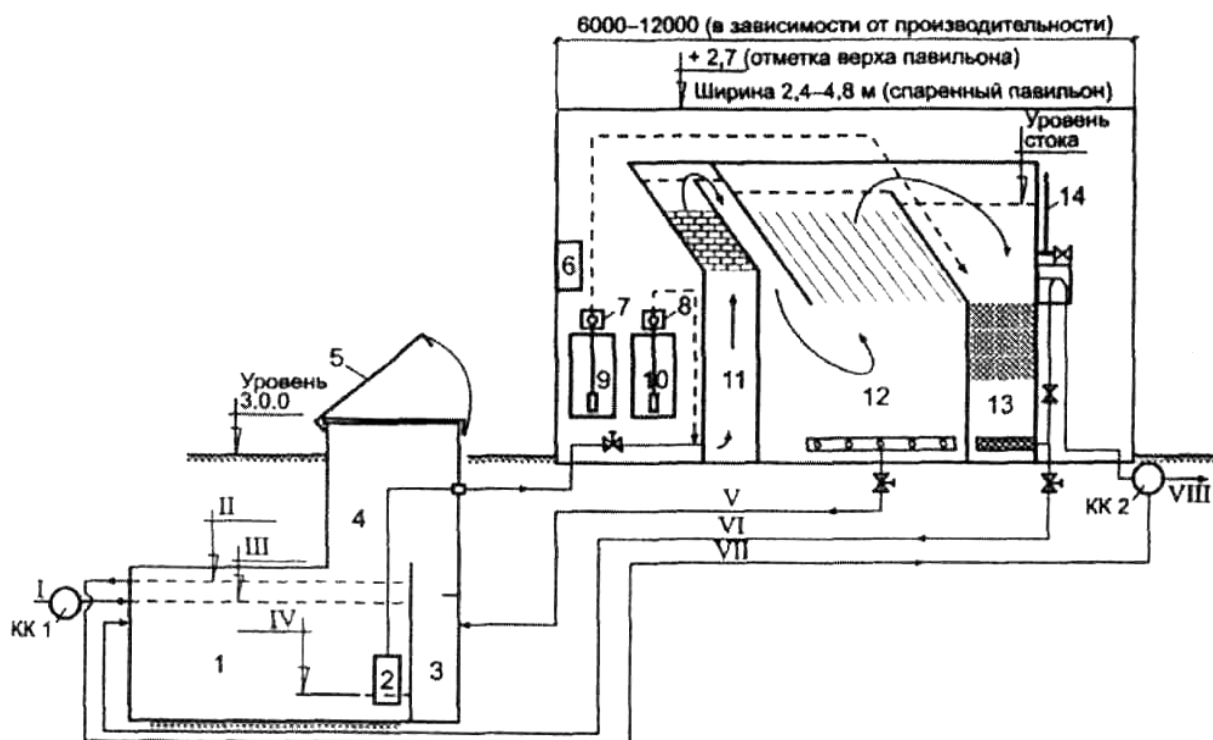


Рис. 12.2. Принципиальная схема сооружений физико-химической очистки: I – подача стока, II – аварийный уровень стока, III – максимальный уровень стока, IV – минимальный уровень стока, V – сброс осадка из отстойника, VI – сброс загрязненных промывных вод от фильтров, VII – аварийный сброс стоков, VIII – сброс очищенных стоков; 1 – накопитель-усреднитель; 2 – погружной канализационный насос с режущей кромкой; 3 – илоуплотнитель; 4 – переходный модуль; 5 – крышка люка; 6 – щит управления насосом; 7, 8 – насосы-дозаторы (4 шт.); 9 – бак с раствором хлорамина; 10 – баки с раствором реагентов (3 шт.); 11 – камера хлопьеобразования с грубозернистой плавающей загрузкой; 12 – полочный отстойник; 13 – фильтр с тонкозернистой плавающей загрузкой; 14 – водоизмерительная трубка

Установки физико-химической очистки устойчиво работают в автоматическом режиме, уровень очистки по всем показателям достаточно высок. При очистке физико-химическим методом хозяйственно-бытовых сточных вод с высоким содержанием (до 100 мг/л и выше) аммония от отдельно стоящих административно-бытовых корпусов не удастся достичь снижения концентрации аммония более чем на 30%. Поэтому перед сбросом очищенного стока в водоем требуется его доочистка от аммония на подземных фильтрующих сооружениях. Конструкция подземных фильтрующих сооружений выбирается исходя из состава грунтов, их коэффициента фильтрации, уровня залегания грунтовых вод, гидравлической нагрузки.

ДальНИИ ВОДГЕО осуществляет работы по проектированию, привязке, изготовлению, монтажу и наладке очистных сооружений “БИОЦЕОЛ” и установок физико-химической очистки.

12.2. Обработка сточных вод флотацией

Люди все больше задумываются об экологической обстановке, в частности о загрязнении водных объектов сточными водами, поэтому проблема очистки сточных вод в настоящее время очень актуальна. Метод флотации является одним из физико-химических методов обработки сточной воды.

Флотация – выделение из сточных вод примесей путем введения флотореагента, обволакивающего частички примесей и удаляемого из воды вместе с ним. В качестве реагентов при флотационной очистке при необходимости применяют соли железа и алюминия и флокулянты ПЭЙ (полиэтиленамин), ПАА. В зависимости от характера насыщения воды воздухом различают напорную (компрессорную), барботажную (пенную), электрическую, импеллерную, биологическую и химическую флотацию.

Функциональное назначение и недостатки

Барботаж – диспергируемый газ проходит через поры (отверстия) фильтросного устройства, погруженного в воду, и образует поток газовых пузырьков. Применяют при очистке сточных вод, содержащих загрязнения, способные образовывать достаточно прочные флотокомплексы и обладающие устойчивым пенообразованием. Барботажные флотационные сооружения отличаются простотой и относительно малыми расходами энергии. Для уменьшения отрицательного влияния продольного перемешивания в камере флотации обычно выделяют две и более последовательные секции. Воздух во флотационную камеру подается через мелкопористые фильтросные пластины, трубы, насадки. Размер пор обычно находится в пределах 50-200 мкм, давление воздуха 0,1-0,2 МПа, продолжительность флотации 20-40 мин, расход воздуха определяется экспериментально. Рабочая глубина камеры флотации 1,5-3 м. Недостатками этого типа сооружения являются значительная интенсивность перемешивания и возможность зарастания пор фильтросных элементов, а также трудность подбора для них мелкопористых материалов, обеспечивающих получение мелких, близких по размерам пузырьков воздуха.

Флотационные сооружения с использованием компрессионного метода получили достаточно широкое распространение малых и средних очистных комплексов. Напорная флотация позволяет регулировать степень пресыщения в соответствии с требуемой эффективностью очистки сточных вод при начальной концентрации загрязнений до 4-5 г/л и более. Флотационные камеры компрессионных флотаторов в зависимости от структуры загрязнений сточных вод могут быть дополнены совмещенной зоной отстаивания. При напорной флотации сточные воды под давлением 0,3-0,5 МПа подаются в напорный бак (сатуратор), туда же компрессором подают воздух. Насыщенная воздухом вода из сатуратора подается во флотационную камеру, где выделившиеся из сточной воды пузырьки воздуха всплывают вместе с частицами взвешенных веществ. Всплывающая масса непрерывно удаляется механизмами для сгребания пены в пеносборник. При расходе до 100 м³/ч принимаются прямоугольные в плане камеры глубиной 1-1,5 м, при большей производительности – радиальные флотаторы глубиной не более 3 м. Недостатком этого метода является ограничен-

ность удельного расхода воздуха и сложность эксплуатации вспомогательного оборудования для приготовления водовоздушной смеси.

При методе электрофлотации вещества, содержащиеся в сточных водах, сорбируются на пузырьках газа, образующихся при электролизе. Размер пузырьков газа меньше, чем при механической аэрации, поэтому они распределяются более равномерно. Электрофлотаторы применяют для обработки относительно небольших количеств сточных вод (до 20-40 м³/ч) с высоким содержанием солей и низкой электропроводностью. Используется постоянный ток низкого напряжения 0,2-1,2 кВт/м³, продолжительность обработки 5-20 мин. Электрофлотационные установки универсальны по своему применению. Электрофлотаторы выполняют круглыми или прямоугольными в плане глубиной 1-2 м. В состав внутреннего оборудования входят блоки электродов, конструкции которых весьма разнообразны. Различают плоскостные, коаксиальные, сетчатые и объемные блоки. Производительность ограничивается технико-экономической целесообразностью. Основным недостатком является ограниченность срока службы или высокая стоимость электродов.

При протекании в очищаемой воде химических, биохимических реакций, сопровождающихся образованием газов, получаются пересыщенные газовые растворы, из которых выделяются пузырьки. В начальный период реакции требуется некоторое время до возникновения состояния перенасыщения жидкой фазы газовым компонентом. Далее характер перенасыщения может быть различным. При проведении реакции в жидкой фазе степень перенасыщения быстро увеличивается, достигает максимума, а затем по мере образования пузырьков и их роста снова уменьшается. Примером этого может служить взаимодействие растворов карбонатов с растворами кислот при их быстром смешении. Если в реакции используют твердые исходные продукты, то газ выделяется преимущественно на их поверхности. Реакции с использованием твердых веществ являются саморегулирующимися, т.к. возникающая газовая фаза уменьшает доступ жидкого реагента в зону реакции до установления состояния подвижного равновесия.

Для механического диспергирования газовой фазы используют различного вида устройства, движущиеся части которых попеременно то погружаются в жидкость, то выходят из нее. Однако в чистом виде этот метод применяют редко. Чаще всего комбинируют истечение газов в виде пузырей с последующим их дополнительным диспергированием турбинкой, при этом газовая фаза образуется либо при истечении газов из барботера, расположенного ниже мешалки, либо газ подают прямо в мешалку, снабженную отверстиями. В процессах механического диспергирования газовой фазы энергия тратится на ее дробление и на преодоление сил гидродинамического сопротивления жидкости. Флотационные установки с механическим диспергированием воздуха имеют круглую или квадратную в плане камеру флотации. В состав внутреннего оборудования входят воздушная труба, турбинка (импеллер) с валом привода, статор и спрямляющая решетка. Сточная вода из приемного кармана поступает к вращающемуся импеллеру, который по воздушной трубе подсасывает воздух. Над импел-

лером расположен неподвижный статор в виде диска с отверстиями для внутренней циркуляции воды. Смесь воды и воздуха выбрасывается импеллером через статор. Спрямолинейная решетка, расположенная вокруг статора, способствует мелкому диспергированию воздуха в воде и уменьшению скорости выхода водовоздушной смеси в камеру флотации. Пена, содержащая флотируемые частицы, удаляется лопастным пеноснимателем. Обычно импеллерная флотационная установка включает несколько последовательных камер. Применение импеллерных установок целесообразно при очистке сточных вод с высокой концентрацией дисперсных загрязнений, преимущественно таких, как нефть, нефтепродукты, жиры.

Недостатком импеллерных флотаторов является относительно высокая обводненность пены. Особенно существенным становится этот недостаток в тех случаях, когда основная цель флотации – извлечение растворенных ПАВ, т.к. большой объем воды в пене заставляет создавать дополнительные установки для ее обработки, что удорожает очистку в целом.

Все типы флотационных сооружений содержат ряд общих конструктивных элементов. К ним относятся камеры флотации, система распределения подаваемой на очистку воды, система подачи диспергированной газовой фазы, устройства для сброса и удаления флотошлама.

12.3. Компактные очистные сооружения (на примере компактных очистных сооружений “Биотек+”)

1. Общие сведения

Компактное очистное сооружение “Биотек+” предназначено для глубокой биологической очистки фекально-бытовых сточных вод от коттеджей, дач, коттеджных поселков, кафе и ресторанов, предприятий, при отсутствии централизованной канализации. Установка может поставляться в полной заводской готовности или может быть изготовлена заказчиком по чертежам разработчика – ООО “Экопланета В” (рис. 12.3, 12.4).

Производительность очистного сооружения рассчитывается для каждого объекта индивидуально и лежит в пределах 1-100 м³/сут.

В каждом конкретном случае возможно добавление или видоизменение технологических процессов для получения требуемой степени очистки с учётом специфики очищаемого стока.

Используя самые современные технологические решения на основании СНиП, специалисты разработали новую конструкцию очистных сооружений, обеспечивающую высокую степень очистки при малых строительно-монтажных размерах. Стоки проходят пятиступенчатую очистку в полном цикле, непосредственно внутри объема установки.

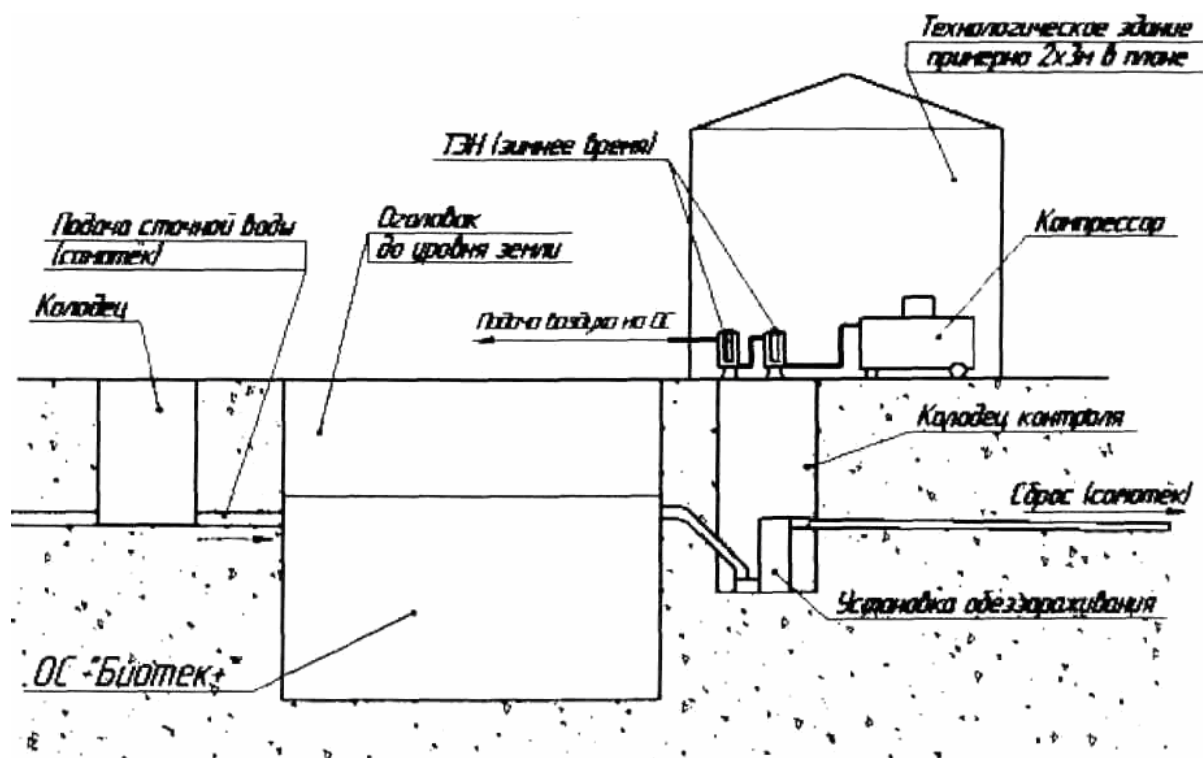


Рис. 12.3. Приблизительная схема компоновки очистного сооружения бытовых стоков, находящегося в стороне от капитальных помещений

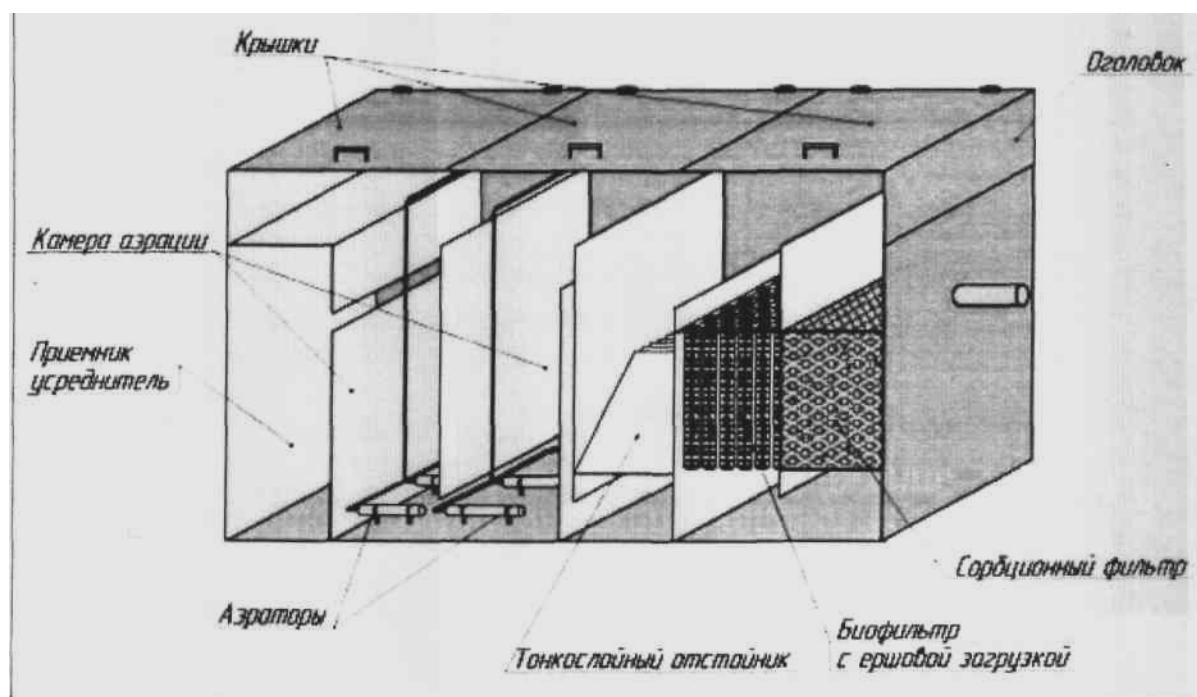


Рис. 12.4. Компактное очистное сооружение глубокой биологической очистки "Биотек+" (вариант компоновки)

В отличие от других подобных установок, “Биотек+” уже оборудована блоком обеззараживания, что выгодно отличает её от аналогов.

“Биотек+” в зависимости от требования заказчика и из условия эксплуатации оснащается системой автоматики, что позволяет без участия потребителя оптимально работать в изменяющихся условиях эксплуатации (неравномерное поступление жидкости, низкая температура воздуха и т.д.).

Очистные установки изготавливаются из стали, защищенной надежным многослойным антикоррозийным покрытием. Срок службы до капитального ремонта – не менее 30 лет.

Преимущества очистных сооружений типа “Биотек+”:

- Компактность очистных сооружений и возможность их размещения в непосредственной близости от места выпуска стоков (жилого дома, производственного помещения).

- Высокоэффективная пятиступенчатая очистка.

- Не требуются дополнительные биодобавки.

- Устойчивость процесса очистки к перебоям в электроснабжении, к временным перегрузкам по расходу и загрязнению сточных вод, к значительным перерывам в поступлении стоков.

- Соотношение полезного объема конструкции и суточному притоку сточных вод 2:1.

- Возможность сброса очищенных сточных вод в любой водоем, в том числе рыбохозяйственный; на рельеф; в придорожный кювет; в водоприемный колодец; в дренажную канаву.

- Возможность применения в условиях высоких грунтовых вод, а также в глинистых и суглинистых грунтах.

2. Краткое описание и принцип работы очистного сооружения

Краткое описание представлено на базе одного из вариантов изготовления очистного сооружения.

Очистное сооружение расположено выше уровня канализации. Ёмкость-накопитель расположена с условием самотечного попадания сточных вод. Подача на очистное сооружение осуществляется фекальным насосом, сброс происходит самотёком на грунт.

Установка изготавливается в подземном исполнении. В этом случае отпадает необходимость утеплять установку, что способствует стабильному температурному режиму в течение года. Это благотворно сказывается на развитии микроорганизмов, которые не любят температурных колебаний.

Установка в целом является аэротенком непрерывного действия, в котором проходит аэробная стабилизация (аналогично иловой площадке).

Сточные воды попадают в приёмную ёмкость самотёком. На входе трубы в приёмную ёмкость установлена корзина для улавливания крупных механических примесей (бумага, тряпки и т.д.). Далее фекальным насосом жидкость подаётся в голову очистного сооружения. В соответствии с техническим заданием стоки, поступающие в приёмную ёмкость, наполняют её через 4-6 ч, т.е. имеется

временной запас для проведения ремонтно-профилактических работ на очистном сооружении. При сбое работы основного насоса или при залповом сбросе жидкости в систему хозяйственной канализации включается резервный насос, при этом на пульте отображается “аварийная работа” системы, что является поводом для проверки рабочих насосов.

Установка разделена внутренними перегородками на отдельные камеры, которые имеют следующее назначение:

- успокоительная камера – она также является камерой первичного отстоя для отделения крупнодисперсных взвесей;

- камера аэрации – происходит насыщение воды кислородом воздуха, что дает возможность развиваться в загрязненной воде аэробным бактериям, которые биологически окисляют все растворенные и нерастворенные загрязнения, присутствующие в сточной воде. Камера аэрации разделена на две части, что увеличивает время обработки воды в реакционной камере. В зимнее время воздух, подаваемый на аэрацию, может подогреваться, обеспечивая комфортную среду для жизнедеятельности микроорганизмов;

- камера отстаивания. Тонкослойное отстаивание является эффективным способом разделения фаз вода – осадок при небольших габаритах устройства;

- биофильтр – состоит из двух частей. Первая оборудована искусственными водорослями. Это позволяет создать пространственную колонию гидробионтов, благодаря чему происходит интенсификация процессов биологической доочистки сточных вод. Загрузка искусственными водорослями имеет ряд преимуществ: незначительное гидравлическое сопротивление; большая площадь контакта при малых габаритах, долговечность. Вторая оборудована зернистой загрузкой, имеющей развитую пористую структуру, в порах которой развиваются аэробные бактерии. Она также является фильтром взвешенных частиц;

- камера обеззараживания – вода обрабатывается ультразвуковой установкой для уничтожения болезнетворных бактерий. Преимущества метода заключаются в 100%-ном обеззараживании воды, при максимальной надёжности узлов устройства, значительной долговечности работы излучателей и малой энергоёмкости. Эффект обеззараживания сводится к механическому разрушению бактерий в результате УЗ-кавитации. На частотах от 20 до 30 кГц основная масса бактерий гибнет за 2-5 с при интенсивности не менее 10 Вт/см². Мощность используемых излучателей составляет 450 Вт на частоте 25 кГц, что имеет многократный запас по эффекту обеззараживания. Обеззараживание может производиться и другими методами (по согласованию с заказчиком).

Скопившийся ил удаляется дренажным насосом на иловую площадку или вывозится спецавтотранспортом.

Системы эрлифтов перекачивают активный ил в голову очистного сооружения, что многократно повышает производительность установки.

В целом установка компактна, имеет небольшое энергопотребление, не требует постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Конструктивное решение позволяет использовать установку на маленьких участках, при достаточно большой производительности. Полное отсутствие запахов при работе. Не нужно закупать бактерии для эксплуатации установки.

Тема 13. Механическая очистка сточных вод

13.1. Модернизация конструкций решеток

Механическая решетка грабельного типа

1. Научно-производственная фирма “Экополимер” ООО НПФ “Экополимер” (RU) Россия.

Установленная на раме решетка с возможностью перемещения, состоящая из набора вертикальных параллельных стержней, образующих фильтрующий экран, закрепленных с прозорами перпендикулярно направлению потока жидкости, двух бесконечных цепей, движущихся при помощи звездочек по бокам решетки вместе с расположенными между ними граблями, сделанными в виде пластин с зубьями, заходящими в прозоры, направляющие изменение движения грабель. Особенность в том, что решетка выполнена с возможностью перемещения относительно горизонтальной оси. Сечение стержней решетки имеет форму клина с закругленными краями основания, обращенного навстречу потоку сточной воды. Фильтрующий экран решетки набран из отдельных взаимозаменяемых секций, закрепленных на поперечных ребрах жесткости рамы решетки, при этом ребро жесткости, находящееся в сточной воде, выполнено в виде изогнутой металлической пластины с закрепленной на ней резиновой полосой. Порог основания рамы решетки приподнят над дном канала на регулируемую высоту и имеет форму диффузора. Каждая из грабель состоит из набора пластин с зубьями, а направляющие для изменения направления движения грабель дополнены центрирующими накладками, установленными до и после фильтрующего экрана. Изобретение относится к области очистки вод, в частности к устройствам для задержания и удаления механических примесей из сточных вод, и может быть использовано в городских и промышленных очистных сооружениях. Устройство для удержания и удаления механических примесей из сточных вод содержит корпус с размещенной в нем решеткой, состоящей из жесткой рамы и собственно фильтра, выполненного в виде ряда пластин, устройство для очистки решетки, каретку и специальный накопительный лоток для сбора задержанных примесей. При этом в устройстве установлено $n > 1$ решеток, установленных последовательно в канале по направлению потока сточных вод и имеющих прозоры, уменьшающиеся по направлению потока. Устройство для очистки решетки выполнено в виде щетки из гибких упругих прутков, установленных с возможностью вращения, и соединено с приводом. Форма накопительного лотка согласована с формой щетки, а лоток выполнен из перфорированного материала. Технический результат: повышение эффективности устройства для задержания и удаления механических примесей.

2. Открытое акционерное общество “Владимирский завод «Электроприбор»” (RU).

Конструкция решетки аналогична разработке фирмы “Экополимер”.

3. Московское государственное унитарное предприятие “Мосводоканал”.

МГУП “Мосводоканал” использует решетку с фильтровальным полотном из параллельных пластин, поддерживаемых перемычками, граблины, несущие гребенки с прочищающими зубьями и закрепленные на двух бесконечных цепях, установленных на парах цепных звездочек, и привод, отличающиеся тем, что перемычки фильтровального полотна выполнены самоочищающимися в виде “рыбки” в поперечном сечении и с боковых сторон снабжены двухступенчатыми отражателями потока сточных вод, а граблины оснащены гребенками с режущими зубьями и эластичными скребками с зубьями, причем гребенки с режущими и прочищающими зубьями установлены отдельно на различных граблинах с чередованием относительно друг друга.

Отличительные признаки:

- двухступенчатые отражатели потока сточных вод выполнены в виде двух радиусных поверхностей, одна – в головной, а другая – в хвостовой частях перемычек;
- головная часть перемычек имеет форму клина со скругленной вершиной, направленной навстречу потоку сточных вод;
- шаги режущих зубьев и зубьев скребков выполнены равными шагу прочищающих зубьев;
- эластичные скребки установлены между гребенками и граблинами.

4. Акционерное общество “Научно-исследовательский и проектно-технологический институт химического машиностроения”, г. Москва

Используют дуговую колосниковую решетку, привод и установленный на оси с возможностью поворота вокруг нее шатуна, на большем плече которого закреплен скребок с зубьями, перемещаемыми вдоль прозоров колосниковой решетки, у верхнего конца которой расположен механизм сбрасывания отходов. Отличается тем, что, в целях повышения надежности эксплуатации за счет исключения необходимости выхода зубьев скребка из прозоров колосниковой решетки при сбрасывании с него отходов и при возврате скребка в исходное положение, скребок жестко закреплен на конце шатуна, а механизм сбрасывания отходов выполнен в виде расположенных симметрично по обе стороны канала сточных вод и шарнирно на его краях закрепленных трехплечих рычагов, первое плечо каждого из которых шарнирно соединено тягой, имеющей паз, с качающимся в направлении колосниковой решетки лотком, второе плечо снабжено пазом, в котором размещен шарнир скалки сбрасывателя, аксиально подвижной в направляющей, шарнирно установленной на краю канала сточных вод, а третье плечо взаимодействует с упором, монтированным на шатуне, и снабжено переставным по этому плечу противовесом, причем крайнее верхнее положение скребка соответствует совпадению верхнего конца колосниковой

решетки и рабочей плоскости скребка с исключением выхода его зубьев из ее прозоров.

5. Предприятие “Экомтех” Россия

Изобретение относится к коммунальному хозяйству, а конкретно к устройствам для задержания и извлечения из потока сточных вод твердых включений и другого находящегося в нем мусора. Устройство для очистки от твердых включений потока сточных вод в каналах содержит раму, на которой своим верхним концом шарнирно установлена решетка, включающая в себя пластины дуговой формы, размещенные с зазором между собой. В зазоры помещены очистные зубья приводной граблины, которая установлена на раме с возможностью вращения. Над верхним концом решетки установлен основной скребок для взаимодействия с передней поверхностью очистных зубьев при прямом ходе граблины вверх, а перед нижним концом решетки смонтирован дополнительный скребок для взаимодействия с задней поверхностью очистных зубьев, которая выполнена в виде клина. Дополнительный скребок очищает зубья от твердых включений, попавших на них при обратном ходе граблины вниз, и препятствует накапливанию твердых включений в нижней части решетки у дна канала.

6. Владимирский завод “Электроприбор” (RU)

Разработал агрегат механической очистки сточных вод, содержащий корпус, размещенный на опорах, решетку, устройство очистки решетки, конвейер или спецтару, электродвигатель с приводом, в котором решетки непрерывной цепи с закрепленными на стержнях улавливающими крючками установлены в корпусе с возможностью обеспечения непрерывного движения. При этом устройство очистки решетки выполнено в виде щетки из гибких прутков, соединенной с узлом привода вращения. Для повышения эффективности, надежности и долговечности полотно решетки, выполненное из стержней с нанизанными на них улавливающими крючками, установлено на двух валах-барабанах: верхнем – ведущем, соединенным с приводом вращения, и нижнем – опорном. При этом полотно решетки и верхний вал-барабан соединены звездочками, равномерно размещенными по длине вала-барабана (по ширине полотна решетки).

Отличительные признаки:

- В целях повышения эффективности работы агрегата путем устранения прогибов стержней, с установленными на них улавливающими крючками, конструкция корпуса снабжена и выполнена в виде замкнутых опорных пластин (полос), размещенных параллельно движению решетки, при этом полотно решетки опирается на опорные пластины.

- В целях повышения эффективности удаления отходов путем обеспечения возможности изготовления решеток с малыми прозорами улавливающие крючки поперечные выполнены комбинированными; крючок изготовлен из листовой стали, а втулки из пластмассы, при этом соединение крючка с втулкой выполнено методом, исключаяющим их относительное проворачивание при работе.

- В целях повышения эффективности путем снижения затрат энергии на привод, повышения надежности и долговечности агрегат снабжен регулируемым приводом решетки, изменяющим скорость движения решетки в зависимости от перепада уровней воды в канале до и после решетки.

Устройство относится к очистке сточных вод, в частности к оборудованию для задержки и извлечения мусора и отходов из сточных вод. Оно позволяет повысить эффективность и надежность работы, для чего между пластинами решетки установлены с возможностью продольного перемещения гибкие элементы, каждый из которых жестко соединен с граблинами, а между рабочими и приводными зубчатыми колесами установлены направляющие барабаны с поперечными выступами, предназначенными для взаимодействия с граблинами. Выступы размещены на барабанах в одной плоскости с соответствующими пластинами решетки, а высота выступов выполнена такой, что между гибкими элементами и поверхностью барабанов существует зазор. Между натяжными зубчатыми колесами размещен направляющий барабан с продольными выступами, предназначенными для взаимодействия с гибкими элементами. Высота продольных выступов выполнена такой, что между граблинами и поверхностью барабана существует зазор. Изобретение относится к технике механической очистки сточных вод и может быть использовано в городских водопроводно-канализационных хозяйствах и на предприятиях, имеющих автономные очистные сооружения.

Устройство для очистки сточных вод

Изобретение относится к технике механической очистки сточных вод и может быть использовано в городских водопроводно-канализационных хозяйствах и на предприятиях, имеющих автономные очистные сооружения.

Устройство для очистки сточных вод от отходов содержит фильтрующую решетку, встроенную в раму, основание с установленными на нем граблинами. Граблины имеют привод и верхний очиститель. Привод граблины выполнен в виде шарнирно-рычажного механизма. Верхний очиститель с встроенным механизмом для очистки пластины, зубьев и прозоров граблины выполнен в виде коллектора с соплами. Основание выполнено в виде направляющей пространственной рамы треугольного контура. Граблина имеет вид вилочного захвата и установлена на катках с возможностью перемещения по контуру рамы. Высота треугольного контура рамы выбрана равной перемещению потока вод за 1 с при минимальной допустимой средней скорости потока перед решеткой. Ширина пластины граблины выбрана равной половине высоты треугольного контура рамы. На поверхности граблины предусмотрены равномерно расположенные отверстия диаметром 6-8 мм. Технический результат: увеличение срока службы решетки, уменьшение подпора от расширения предрешетчатого и решетчатого пространства очистки сточных вод от скопления отходов.

Агрегат для механической очистки сточных вод

Изобретение относится к очистке сточных вод и предназначено для извлечения (улавливания, фильтрации и удаления) твердых примесей на очистных сооружениях. Агрегат содержит корпус, устройство отбора и фильтрации отхо-

дов, механизм очистки его рабочих поверхностей в процессе работы. Устройство отбора и фильтрации выполнено в виде барабана, а на его цилиндрической поверхности вдоль образующей установлены крючки-ловители, имеющие рабочую часть, обращенную внутрь барабана, и часть, выступающую наружу. На верхней части корпуса, в верхней его точке, по образующей барабана закреплены встряхиватель и щетка, установленные на одном рычаге с общей осью качения и свободно лежащие на выступающих наружу частях крючков-ловителей. Внутри барабана установлены лотки для сбора и сброса отобранных и отфильтрованных отходов. Агрегат обладает высокими энергетическими показателями, простотой и надежностью.

13.2. Модернизация конструкций песколовок

1. Пескоилоотделители Labko

Для очистки сточных вод от песка, взвешенных веществ и др. применяют пескоилоотделители Labko (рис. 13.1). Каналы для сбора воды собирают сточные и ливневые воды и направляют их на очистительные системы Eurohek:

	Пескоотделители EuroHEK	NS	10000	13000	15000	16000	20000	30000	40000	50000
V	Объем	л	10000	13000	15000	16000	20000	30000	40000	50000
L	Общая длина	мм	6100	4400	4900	5200	6400	5400	7000	8500
D	Внутренний диаметр	мм	1600	2200	2200	2200	2200	3000	3000	3000
C	Общая высота	мм	1900	2500	2500	2500	2500	3300	3300	3300
B	Опора/выходной патрубков	мм	1360	1880	1880	1880	1880	2600	2600	2600
A	Опора/входной патрубков	мм	1410	1930	1930	1930	1930	2650	2650	2650

2. Вертикальная песколовка LPB

Назначение. Вертикальная песколовка предназначена для гравитационного отделения и улавливания песка из сточных вод, поступающих на очистные сооружения. Песколовка устанавливается там, где возможно занесение станции очистки сточных вод песками, в особенности при использовании общесплавной канализации, она надежно защищает станцию очистки от попадания песка. Преимуществом песколовок LPB является их компактное исполнение и быстрый монтаж. Параметры соблюдаются при подаче песчаной пульпы на высоту до 500 мм над верхней гранью песколовки. При необходимости подъема на большую высоту необходимо размеры и количество воздуха согласовать с изготовителем.

Работа. Сточная вода, содержащая песок, очищенная от грубых примесей, поступает в центральный цилиндр песколовки, где происходит частичное снижение скорости и успокоение натекающей воды. По мере движения воды по центральному цилиндру в нижнюю часть песколовки, скорость течения снижается до такой степени, что зерна песка, находящиеся в воде, начинают осаж-

даться в пространстве аккумуляции песка. Освобожденная от песка вода поднимается через внешнее затрубное пространство к гребню водослива и стекает в канализацию.

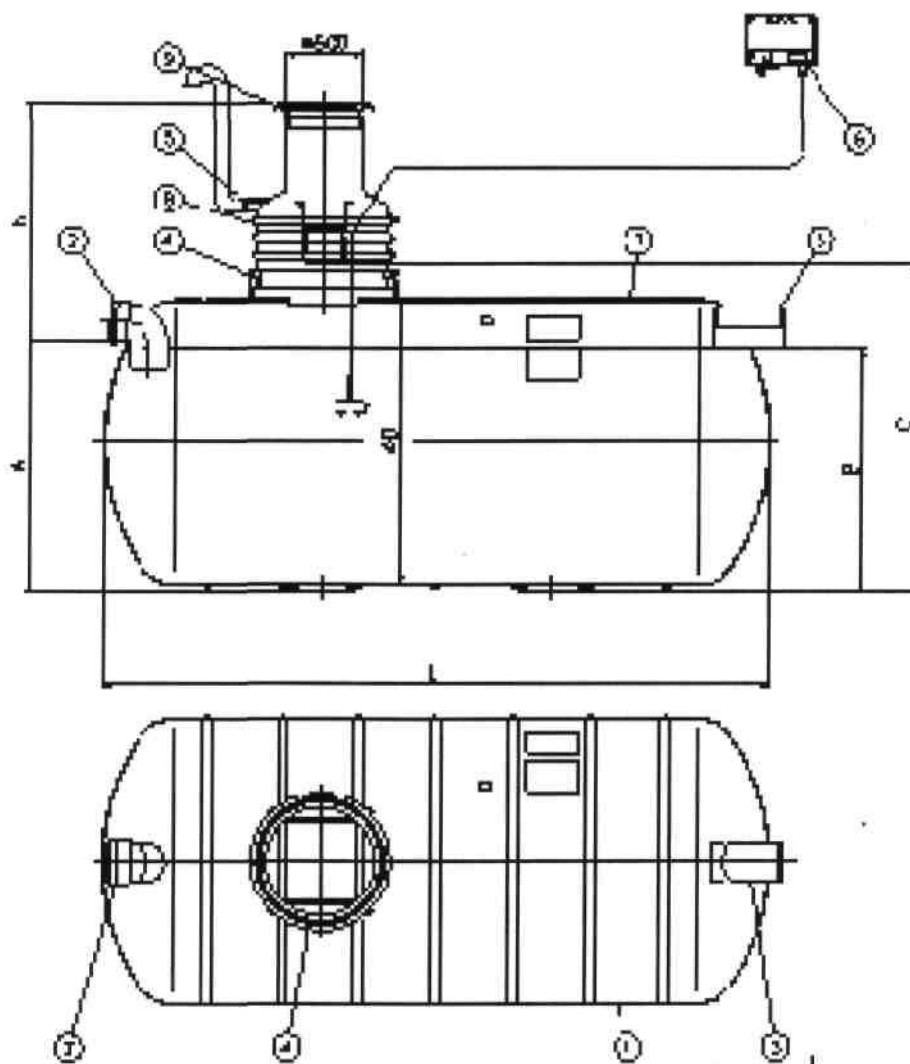


Рис. 13.1. Пескоилоотделители Labko

Собранный в аккумулярующем пространстве песок после его пневматического взрыхления с помощью среднепузырчатого аэрационного элемента откачивается эрлифтом на песковые площадки. Корпус, перегородки и трубопроводы изготовлены из полипропилена, соединительные части – из нержавеющей стали.

3. Пескоуловители (песколовка) DN100

Бетонный пескоуловитель (песколовка). Пескоуловитель, песколовка или как его еще называют пескосборник, предназначен для предотвращения попадания в ливневую канализацию песка и прочего мусора. Таким образом, сточная вода, освобожденная от песка и других грубых примесей, которые собираются в специальную пластиковую корзинку, поступает в ливневую канализацию. Пластиковая корзина установлена в нижней части пескоуловителя. По мере заполнения ее следует извлечь и очистить, а затем установить обратно.

Устанавливается пескоуловитель, как правило, в конце линии каналов, перед сливом в канализацию. С торцевых и боковых стенок предусмотрено соединение с трубой $d = 110$ мм.

Полимербетонный пескоуловитель (песколовка). Пескоуловитель, совпадающий по ширине с водоотводом, служит для сбора жидкой грязи и песка. Изготовлен из полимербетона. Присоединение возможно с любой из сторон. С торцевых и боковых стенок предусмотрено соединение с трубой $d = 110$ мм. Комплектуется пескоуловитель пластиковой корзиной для сбора мусора. Очень важно не допускать избыточного накопления грязи и мусора в корзине пескоуловителя, т.к. это может привести к засору подземной части дренажной системы, которую обычно называют ливневкой.

Пластиковый пескоуловитель (песколовка). Пластиковый пескоуловитель изготовлен из полиэтилена высокой плотности. С торцевых и боковых стенок предусмотрено соединение с канализационной трубой $d = 110-160$ мм. Комплектуется пескоуловитель пластиковой корзиной для сбора мусора.

Песколовка со шнековым транспортёром. Песколовка разработана для отделения твердых, легко осаждающихся веществ из сточных вод. В песколовке сточные воды подводятся в резервуар, на переднюю часть стенки успокоения. Цилиндр успокоения песколовки уравнивает поток. Взвешенные вещества осаждаются в резервуаре и лотке шнекового транспортера. Транспортный шнек перемещает взвешенные вещества вверх и разгружает их в транспортный контейнер. С поверхности резервуара вода выводится по лотку на дальнейшую обработку. Схема песколовки представлена на рис. 13.2.

4. Установка для удаления песка

Патентообладатель изобретения – Государственное унитарное предприятие “Водоканал Санкт-Петербурга”. Изобретение относится к области очистки сточных вод от механических примесей. Техническим результатом является повышение эффективности очистки песка от органических загрязнений и надежности его удаления. Установка для удаления песка содержит прямой канал с расположенными на торцах устройствами ввода и вывода потока сточной воды и с наклонным дном, в наиболее глубокой части которого расположен желоб для сбора песка, установленную выше указанного желоба циркуляционную барботажную трубу для создания циркуляционного течения в поперечном сечении указанного прямого канала и устройство для удаления песка, которое расположено по ходу движения потока сточной воды и выполнено в виде соединенной с указанным прямым каналом отдельно расположенной емкости с конусообразным днищем и наклонного винтового конвейера с корпусом, обезвоживающей спиралью, приводом, выгрузочным отверстием и заборным устройством, совмещенным с конусообразным днищем. Установка дополнительно снабжена выполненным в виде привода и расположенной в указанном желобе спирали песковым насосом для подачи песка из указанного желоба в отдельно расположенную емкость с конусообразным днищем, и соединяющим их песковым трубопроводом, выполненным в виде прямого участка, продолжающего указанный желоб. Схема установки представлена на рис. 13.3.

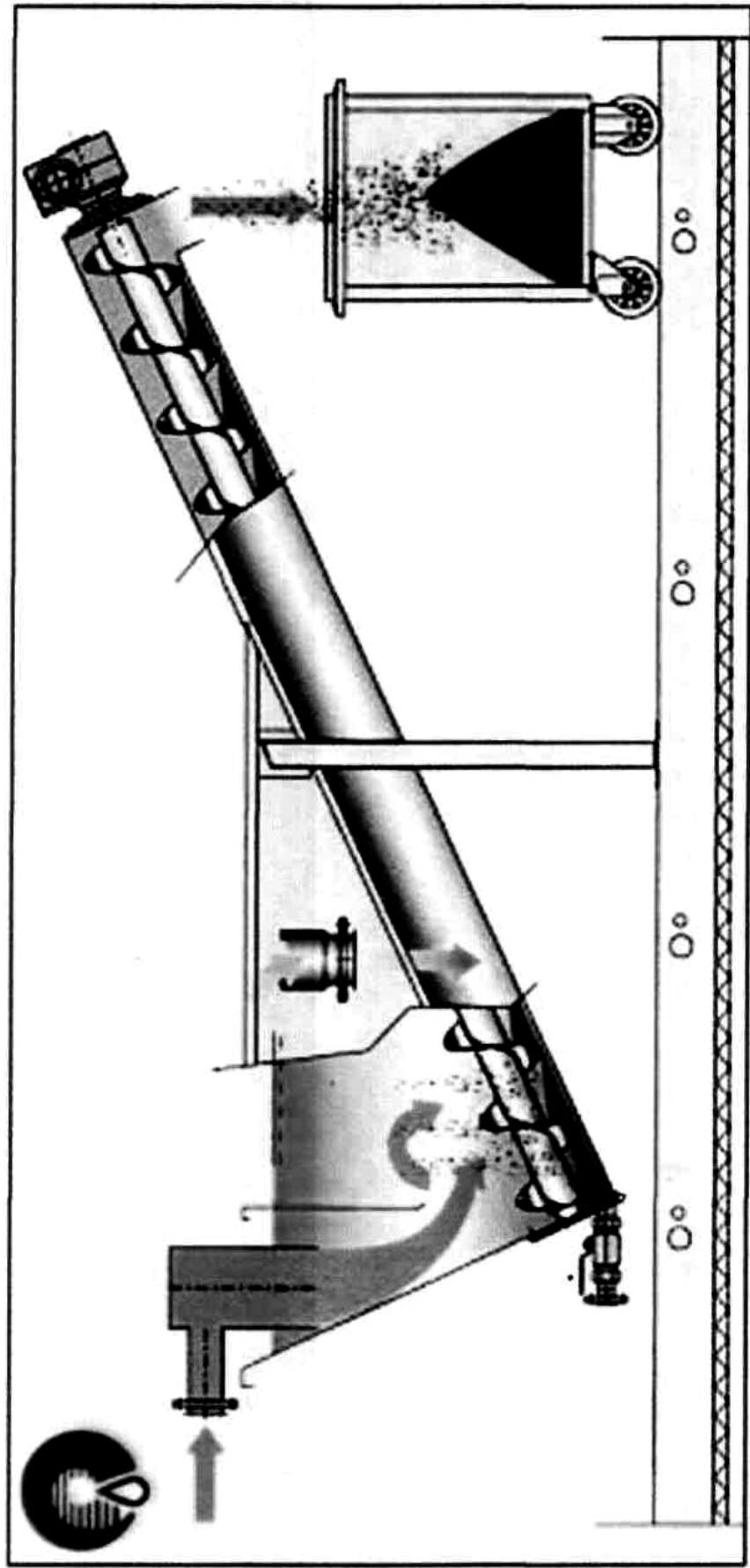


Рис. 13.2. Песколовка со шнековым транспортером

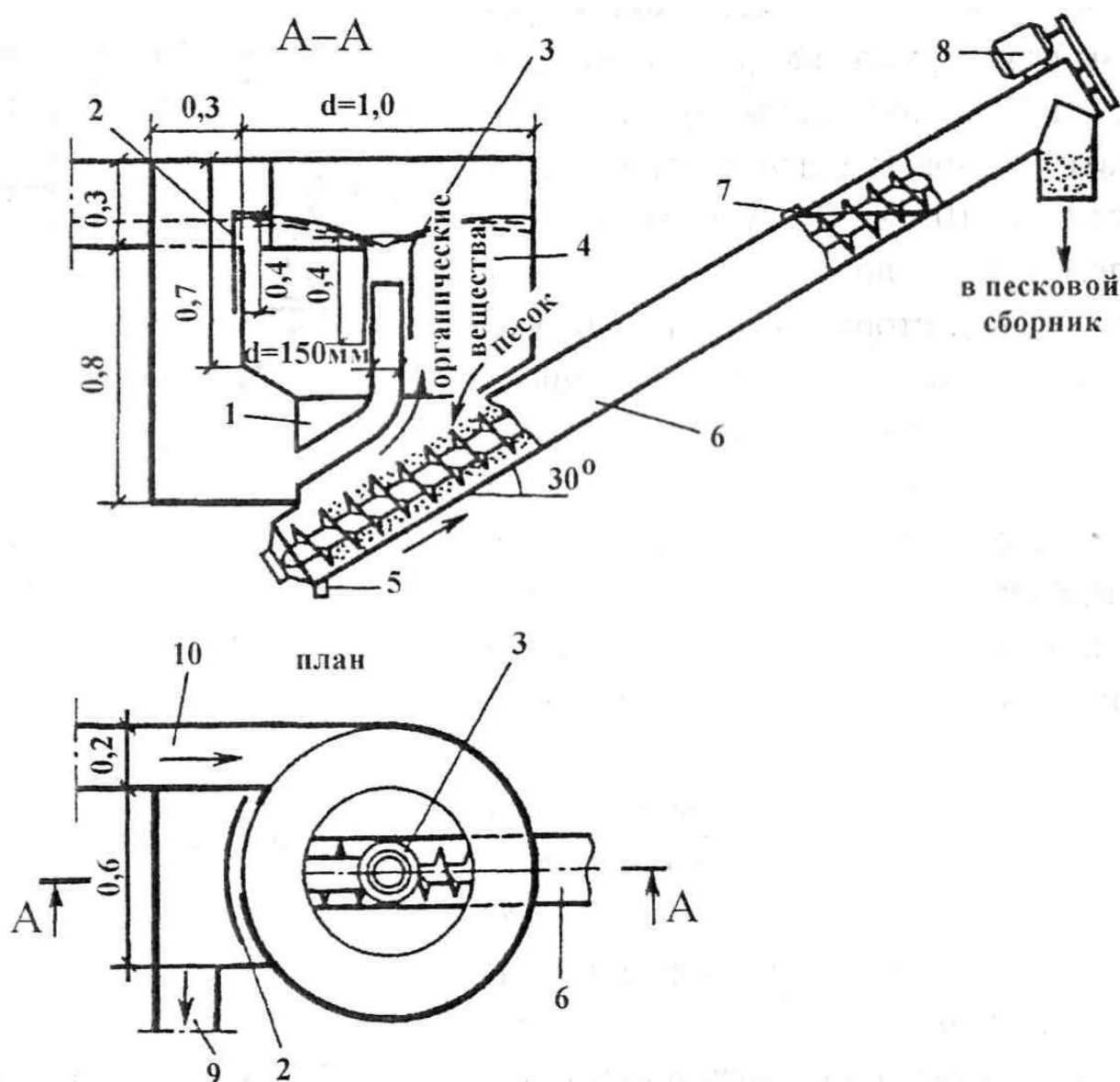


Рис. 13.3. Тангенциальная песколовка с вихревой водяной воронкой: 1 – осадочная часть; 2 – подвижный боковой водослив; 3 – телескопическая труба; 4 – рабочая часть; 5 – заглушка; 6 – шнек; 7 – отверстие для сбора органики; 8 – электропривод; 9 – отводящий лоток; 10 – подающий лоток

5. Агрегат для механической очистки сточных вод

Патентообладатель изобретения – открытое акционерное общество “Владимирский завод «Электроприбор»”, город Москва. Изобретение относится к области очистки сточных вод, а именно к задержанию и удалению механических примесей из вод, поступающих на канализационные сооружения, и может быть использовано в сооружениях для очистки бытовых и промышленных стоков. Технической задачей является повышение эффективности работы, надежности и долговечности агрегата. Агрегат для механической очистки сточных вод содержит размещенный на опорах корпус, установленную в нем с возможностью обеспечения непрерывного движения решетку, выполненную в виде

замкнутой непрерывной цепи с улавливающими крючками, закрепленными на стержнях, из которых с образованием прозоров выполнено полотно решетки, установленное на верхнем ведущем и нижнем опорном валах-барабанах, электродвигатель с узлом привода вращения, устройство очистки решетки, выполненное в виде щетки из гибких прутков, соединенной с указанным узлом, и конвейер или спецтару. Улавливающие крючки выполнены из листовой стали и размещены на стержнях с помощью двух пластмассовых втулок. Соединение крючка и втулок выполнено путем заливки крючка пластмассой с формированием втулок или механически с фиксацией крючка и втулок от относительного проворачивания. Указанное полотно и верхний вал-барабан соединены звездочками, установленными на верхнем валу-барабане и размещенными равномерно по ширине решетки. Корпус снабжен опорными пластинами, размещенными параллельно движению решетки с возможностью обеспечения опирания на них решетки. Агрегат снабжен приводом регулирования скорости движения полотна решетки, выполненным в виде электродвигателя с преобразователем частоты электрического тока и датчиками уровня воды до и после решетки.

13.3. Интенсификация работы отстойников

Отстойники имеются практически на всех станциях биологической очистки. Интенсификация работы первичных отстойников может осуществляться несколькими способами: 1) совершенствование существующих конструкций; 2) оборудование существующих отстойников полосными или трубчатыми вставками для создания режима тонкослойного отстаивания; 3) предварительная аэрация сточных вод в сочетании с биокоагуляцией; 4) интенсификация процесса отстаивания благодаря применению различных реагентов.

Тонкослойные отстойники применяются для очистки хозяйственно-питьевых и осветления слабо концентрированных сточных вод, содержащих коллоидные тонкодисперсные нерастворимые примеси небольшой плотности.

Тонкослойные отстойники позволяют интенсифицировать процесс осаждения примесей воды путем отстаивания в тонком слое. Сущность метода заключается в ламинаризации потока воды, при котором исключается влияние турбулентных потоков. В тонкослойном отстойнике происходит грубодисперсная фильтрация, позволяющая отфильтровывать около 80% взвешенных частиц.

Тонкослойный отстойник открытого типа состоит из 2 камер: осветления и осадкоуплотнения.

Камера осветления состоит из нескольких частей. В верхнюю приемную камеру через дренажную систему попадает вода, обработанная коагулянтom. В этой зоне начинается процесс коагулирования с образованием хлопьев. Время пребывания исходной воды в приемной камере достаточно для дальнейшего ввода флокулянта. Поднимаясь вверх, вода проходит через слой взвешенного осадка, образующегося в камере хлопьеобразования. Далее, осветляемая вода поступает в зону тонкослойного осаждения, в которой под углом 60 градусов к уровню воды установлены тонкослойные элементы. В этой зоне сбор осветлен-

ной воды осуществляется с помощью желобов. Вода поступает в карман для сбора воды, а затем поступает в скорый фильтр, где происходит завершающий этап фильтрации.

Эффективность работы отстойника обеспечивается постоянным отводом осадка, сползающего из тонкослойных отстойных элементов, выполненных из стеклопластика, а также отводом избытка рециркулирующего взвешенного слоя с целью его обновления. Это осуществляется путем регулируемого перепуска через осадкоотводящие окна части воды с осадком из камеры осветления в камеру осадкоуплотнения.

ООО «Гидроэкология» разработала конструкцию самотечного тонкослойного отстойника «ПОТОК-С» производительностью 45 м³/ч. При необходимости отстойники комплектуются скорым фильтром с зернистой загрузкой гидроантрацитом или кварцевым песком.

Отстойники напорного типа имеют некоторые принципиальные отличия. Обычно отстойник конструктивно помещен в цилиндрический сосуд высокого давления, внутренняя полость которого разделена на две основные части:

- камера смешения реагентов с помощью эжектирующей системы с последующим хлопьеобразованием,
- камера отстаивания, где установлены тонкослойные элементы, выполненные в виде пластиковых труб, наклоненных под углом 60° к уровню воды. Процесс фильтрации происходит в межтрубном пространстве.

Сбор и сползание осадка осуществляется внутри полости труб через переливные отверстия, расположенные на верхней наружной поверхности. Осадок попадает в камеру осадкоуплотнения, а затем, через вентиль, сбрасывается в канализацию или подвергается дальнейшей обработке путем отстаивания, обезвоживания для дальнейшей утилизации.

Осветленная вода через переливной желоб собирается и отводится через вентиль для окончательного фильтрации в напорном фильтре.

Верхняя граница слоя взвешенного осадка поддерживается на одном уровне путем перепуска части взвешенного осадка в осадкоуплотнитель.

Количество перепускаемого осадка регулируется степенью открытия задвижки, т.е. количеством осветленной воды, отводимой из осадкоуплотнителя.

Применение напорных тонкослойных отстойников позволяет улучшить качество очищенной воды и довести скорость восходящего потока до 1,5-1,7 мм/с (вместо 0,4-0,45 мм/с) и увеличить производительность в 2,5-3 раза.

Типовой ряд напорных отстойников рассчитан на следующие производительности: 8, 16, 25, 35, 45 м³/ч по очищенной воде.

13.4. Интенсификация работы гидроциклонов

Гидроциклоны позволяют интенсифицировать процесс выделения взвешенных веществ из сточной жидкости за счет использования центробежных и центростремительных сил. В потоке обрабатываемой сточной жидкости улучшается агломерация взвешенных веществ и увеличивается их гидравлическая крупность. Существуют открытые (безнапорные) и напорные гидроциклоны.

Открытые гидроциклоны применяют в качестве первой ступени механической очистки для выделения из сточной жидкости грубодисперсных примесей. Они отличаются высокой пропускной способностью при незначительных потерях напора. Дополнение конструкции простейшего гидроциклона диафрагмой, расположенной в верхней его части, позволяет значительно уменьшить вынос взвешенных веществ из сооружения. Наиболее перспективной является конструкция конической диафрагмы, на которой в отличие от плоской не откладывается осадок. Дополнение гидроциклона с конической диафрагмой внутренним цилиндром позволяет довести полезный его объем до 25% (обычно не более 15%). Наибольшее распространение получил конический напорный гидроциклон, состоящий из цилиндрической и конической частей. Конструктивное выполнение напорных гидроциклонов имеет несколько модификаций, позволяющих интенсифицировать процесс выделения взвешенных веществ. Например, гидроциклон с несколькими вводами очищаемой сточной жидкости в сооружение или гидроциклон с цилиндрическими и спиральными вставками.

Тема 14. Биологическая очистка сточных вод

14.1. Возможные варианты реконструкции аэротенков

Аэротенки с пластмассовой загрузкой (биотенки). Биотенк – аэрационное сооружение со специальной загрузкой, способствующей увеличению общего количества биомассы. Процесс биологической очистки в биотенке происходит как с использованием свободно плавающего активного ила, так и биологической пленки, наращиваемой на загрузочном материале, благодаря чему биотенки имеют более высокую окислительную мощность по сравнению с обычными аэротенками.

Загрузка выполняется в виде отдельных кассет или блоков из пластмассовых жестких или гибких рулонных материалов. Между дном, стенками биотенка и загрузкой имеются зазоры для циркуляции сточной воды, препятствующей выпадению ила на дно сооружения. Сама загрузка находится в зоне сравнительно небольших скоростей движения воды, что способствует наращиванию биологической массы на загрузочном материале. Предусмотрена возможность извлечения отдельных кассет или блоков из биотенка.

Биотенки целесообразно применять для очистки сточных вод с высокой концентрацией органических веществ. Запасы биологической массы обеспечивают стабильную работу биотенка при резких колебаниях состава поступающих сточных вод или залповых сбросах. При использовании биотенков снижается вероятность “вспухания” активного ила, т.к. нитчатые бактерии, вызывающие это явление, хорошо закрепляются на загрузке и не попадают с иловой смесью во вторичные отстойники. Это обеспечивает более высокое качество очищенной воды и позволяет значительно повысить рабочую дозу активного ила и соответственно окислительную мощность сооружения. В связи с этим биотенки рекомендуется использовать для биологической очистки производст-

венных сточных вод, для которых характерно образование активного ила с интенсивным развитием нитчатых бактерий и высоким иловым индексом (например, сточные воды молокоперерабатывающей промышленности).

Работа биотенков, как и обычных аэротенков, может осуществляться в режимах неполной и полной биологической очистки, с отдельной регенерацией ила или без нее, в режиме продленной аэрации с окислением избыточного активного ила. В биотенке могут быть переоборудованы существующие аэротенки путем установки в них загрузочных блоков или кассет.

На рис. 14.1 представлена конструкция биотенка, разработанная кафедрой канализации ЛИСИ совместно с Институтом Ленводоканалпроект. Биотенк выполнен на базе аэротенка коридорного типа с низконапорной аэрацией. Кассеты, в которых натянута перфорированная, винипластовая пленка, установлены перпендикулярно продольным стенкам аэротенка по направляющим; их можно извлекать из биотенка для осмотра и ремонта.

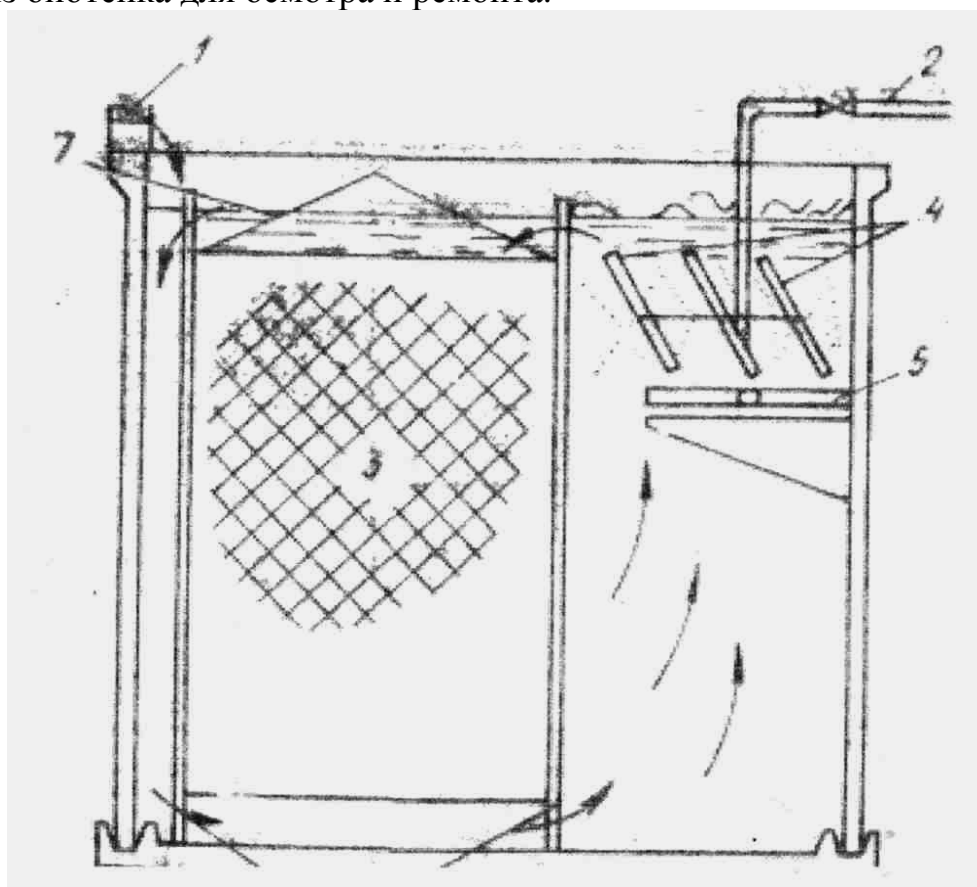


Рис. 14.1. Конструкция коридорного биотенка с низконапорной аэрацией: 1 – подача сточных вод; 2 – подача воздуха; 3 – основная загрузка; 4 – загрузка над аэратором; 5 – аэратор; 6 – направляющие; 7 – скоба

Часть кассет установлена над аэраторами под углом 60° к горизонту. Благодаря применению перфорированной винипластовой пленки создана облегченная конструкция загрузки и обеспечиваются условия для надежного закрепления микроорганизмов активного ила. Биотенк этой конструкции был испытан при очистке сточных вод предприятий рыбообрабатывающей промышленности,

где окислительная мощность биотенка более чем в 1,5 раза превышала окислительную мощность аэротенка при одинаковой степени очистки сточных вод. Гидравлические исследования показали, что в биотенках с загрузкой над аэраторами придонная скорость потока воды снижается на 10-20% по сравнению с аэротенками, обеспечиваются лучшее использование воздуха и увеличение окислительной способности на 30%. Для предотвращения выпадения активного ила и биологической пленки минимальная интенсивность аэрации в биотенках с загрузкой над аэраторами должна быть увеличена на 10-15% по сравнению с аэротенками. На рис. 14.2 показана конструкция биотенка, разработанная кафедрой канализации ЛИСИ на базе аэротенка-отстойника с низконапорной пневматической аэрацией. Загрузка биотенка выполнена в виде блоков из рядов перфорированной винипластовой пленки толщиной 1 мм. При работе биотенка на сточных водах молочного завода в режиме продленной аэрации достигнута окислительная мощность примерно в 1,6 раза выше, чем в аэротенках, работающих в аналогичном режиме. На основании опыта эксплуатации биотенков, используемых для очистки производственных сточных вод с высокой концентрацией органических загрязнений, разработаны следующие рекомендации для расчета и проектирования биотенков: нагрузку по органическим загрязнениям следует назначать исходя из суммарной концентрации активного ила и наращиваемой на загрузке биологической пленки; удельное количество биологической пленки принимать 0,6-0,8 кг на 1 м² поверхности загрузки, ее влажность – 96,5-97%, зольность – 25-30%.

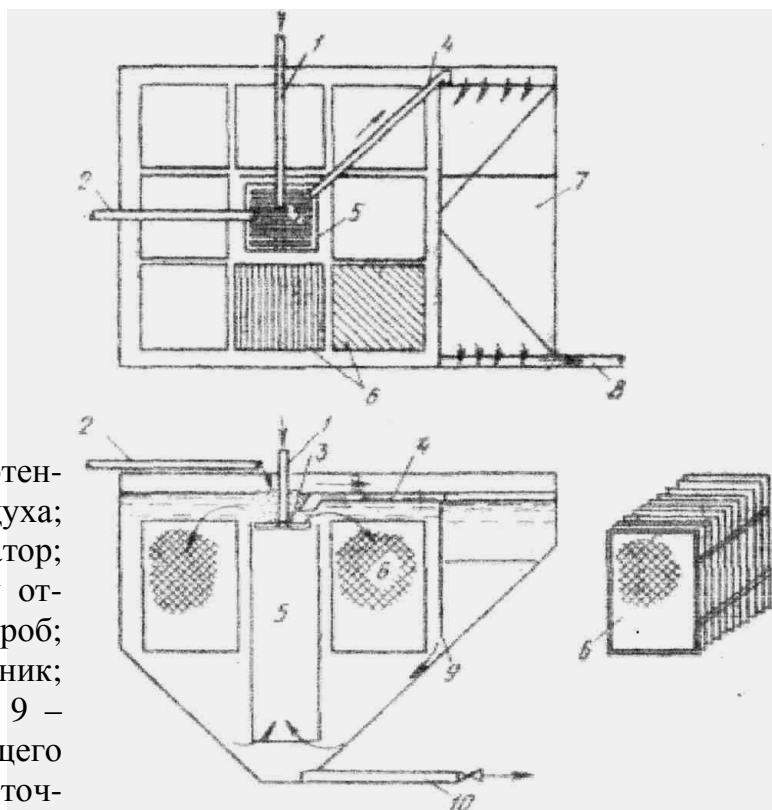


Рис. 14.2. Конструкция биотенка-отстойника: 1 – подача воздуха; 2 – подача сточных вод; 3 – аэратор; 4 – подача иловой смеси в зону отстаивания; 5 – центральный короб; 6 – блочная загрузка; 7 – отстойник; 8 – отвод очищенной жидкости; 9 – окно для возврата циркулирующего активного ила; 10 – отвод избыточной биомассы

Колонные очистные сооружения. Наибольшее распространение в практике очистки городских и бытовых промышленных сточных вод получили сооружения биологической очистки, основанные на естественных безреагентных природных биологических процессах, позволяющих утилизировать осадки и избыточный активный ил после соответствующей обработки и подготовки.

Сооружения биологической очистки – аэротенки небольшой глубины (до 5 м) с отдельно расположенными вторичными отстойниками, насосными станциями рециркуляции активного ила и протяженными коммуникациями, обладающими недостаточной эффективностью, занимают огромные территории вокруг городов и сельскохозяйственные угодья. В этой связи вопросы исследования и разработки технологии биологической очистки и новых эффективных сооружений приобретают исключительную актуальность.

В результате анализа отечественного и зарубежного опыта установлено, что наиболее эффективными направлениями интенсификации процессов биологической очистки сточных вод являются:

- повышение рабочей концентрации активного ила и вовлечение всей биомассы в процесс очистки;
- эффективное использование механизма фазового удаления загрязнения;
- создание оптимальных условий жизнедеятельности и повышение активности микроорганизмов активного ила;
- усреднение и увеличение скорости изъятия и окисления загрязнений;
- повышение интенсивности массообмена;
- совершенствование системы аэрации и илоразделения.

Более эффективное использование кислорода, воздуха, повышение массообмена и окислительной мощности достигаются в вертикальных (башенных, шахтных трубчатых, палочных, колонных) аэротенках. Вертикальные аэротенки отличаются большой глубиной при малом поперечном сечении, экономичностью, небольшой площадью застройки. Основными недостатками вертикальных аэротенков являются несоответствие между высокой окислительной мощностью аэротенков и низкой гидравлической пропускной способностью устройства для илоотделения, недостаточная интенсивность рециркуляции между этими устройствами.

В последнее время были исследованы и разработаны высокоэффективные сооружения глубокой биологической очистки: комбинированные аэротенки-осветлители коридорного и колонного типа, предназначенные для углубления интенсификации процесса биологического окисления, повышения качества очистки, сокращения прироста активного ила, сокращения затрат на дальнейшую обработку избыточного ила.

Дальнейшим развитием комбинированных аэротенков-осветлителей являются аэротенки колонного типа.

В основу их разработки положена идея создания реакторов с управляемым псевдосжиженными (взвешенными) слоями активного ила за счет энергии рециркуляционных потоков иловой смеси, а не за счет энергии поступающей сточной жидкости как в традиционных аэротенках-отстойниках.

Аэротенки колонного типа представляют собой вертикальные колонны круглой или многогранной формы в плане диаметром 1,8-6 м, высотой до 20 м, с расположением взвешенных слоев по всей высоте аэротенка. Аэротенки состоят из следующих элементов: вертикального корпуса, разделенного системой вертикальных и наклонных перегородок на зоны аэрации и осветления, гидравлически связанных и сообщающихся между собой; зоны дегазации, рециркуляции, взвешенных слоев активного ила защитной зоны осветленной воды.

Для аэрирования и циркуляции в аэротенках колонного типа применяется система пневматической или структурной аэрации с глубиной аэрирования жидкости 5 м, с использованием насосов низкого давления.

Система обладает высокой степенью использования кислорода воздуха экономичностью, простотой конструкции и надежностью в эксплуатации.

Колонные очистные сооружения предназначены для глубокой биологической очистки и доочистки городских и производственных сточных вод с концентрацией загрязнений по БПК и взвешенным веществам до 500 мг/л при одноступенчатой схеме, и выше – при двух- и многоступенчатых системах очистки. Концентрация загрязнений в очищенной воде по БПК составляет до 3-4 мг/л, взвешенных веществ – до 3 мг/л, азота аммонийных солей – до 0,5 мг/л.

Отличительной особенностью аэротенков колонного типа является возможность их работы в биореагентном или реагентном режиме.

Разработка колонных аэротенков позволила создать принципиально новые сооружения – высокоэффективные многоэтажные и вертикально сблокированные очистные станции, имеющие вид промышленных предприятий по переработке сточных вод и их возврату в природные водоемы или повторному использованию. Преимуществом колонных сооружений является компоновка в виде вертикальных однотипных колонных резервуаров, сблокированных в технологические модули, что обеспечивает их максимально возможную компактность, заводское изготовление, транспортировку и крупноблочное строительство.

Колонные резервуары изготавливаются из различных конструкционных материалов: металла, железобетона, стеклоцемента, стеклопластика с использованием труб большого диаметра – 1600-3200 мм.

Колонные очистные сооружения отлично подходят для очистки сточных вод молокоперерабатывающих заводов и молокоприемных пунктов.

Принципиальными достоинствами колонных очистных сооружений являются:

создание очистных станций на основе унифицированных блоков многофункционального технологического назначения и индустриализация их изготовления;

компактность, упрощение технологической схемы и эксплуатации за счет совмещения в одном реакционном объеме процессов изъятия, окисления и одновременного разделения иловой смеси во взвешенных слоях активного ила;

исключение непроизводительных стадий очистки во вторичных отстойниках, воздуходувной станции (при струйной системе аэрации), внешней системы рециркуляции и протяженных коммуникаций;

значительное сокращение занимаемых земельных площадей – в 5-10 раз;

повышение эффективности аэрации, снижение расхода кислорода воздуха на аэрацию в 3 раза и расхода электроэнергии на 30-50% при глубине аэрируемой жидкости до 5 м;

уменьшение приведенных затрат на 30% и трудозатрат на 50%;

повышение рабочей концентрации активного ила до 6-8 г/л;

интенсификация в 1,5-2 раза сорбционных и окислительных процессов в результате их протекания во взвешенных слоях активного ила, повышения аэробности среды и концентрации активного ила, активизации жизнедеятельности микроорганизмов активного ила;

создание взвешенных слоев активного ила за счет энергии рециркуляционных и вихревых потоков по всей высоте аэротенков;

увеличение гидравлической нагрузки на поперечное сечение зоны взвешенного слоя активного ила до 4-6 м /($\text{м}^2/\text{ч}$);

снижение прироста ила и сокращение площади иловых площадок;

улучшение санитарно-гигиенических условий в результате уменьшения площади образования аэрозолей, упрощения их сбора и обезвреживания;

обоснованное сокращение санитарно-защитной зоны и решение экологических проблем на ограниченных территориях, в стесненных условиях городов, на площадках промышленных предприятий, в курортных зонах и др.

Пример: Реконструкция аэротенков химико-фармацевтического предприятия. Как показывает опыт эксплуатации аэрационных сооружений, при перегрузке по органическим загрязнениям, изменении реакции среды pH, наличии в стоках трудно окисляемых или токсичных веществ и других причинах наблюдается интенсивный рост нитчатых бактерий, что приводит к “вспуханию” активного ила и выносу его из вторичных отстойников. Известные методы борьбы с вспуханием активного ила в аэротенках сводятся в основном к подавлению деятельности нитчатых бактерий. В то же время известно, что нитчатые бактерии обладают высокой окислительной способностью, а практика работы биофильтров показала, что нитчатые бактерии хорошо закрепляются на поверхности загрузочного материала, следовательно, необходимо идти по пути создания в аэротенках развитых поверхностей для закрепления этих бактерий.

Проведенные полупроизводственные исследования на сточных водах Краснодарского комбината витаминных и биохимических препаратов подтвердили высокую окислительную способность прикрепленных биоценозов микроорганизмов: снизился иловый индекс, прекратился вынос активного ила из вторичных отстойников; БПК₅ очищенной воды не превышала 30 мг/л (ранее 100-150 мг/л); при значительном колебании активной реакции (pH = 3-11,5) работоспособность аэротенка полностью восстанавливается в течение одной – двух недель.

При разработке проекта реконструкции очистных сооружений Краснодарского витаминного комбината в состав очистных сооружений на второй ступени очистки после биофильтров с плоскостной загрузкой были включены аэротенки с погруженными модулями. В качестве грузочного материала следует принять гофрированные полиэтиленовые листы, перфорированные винипластовые листы, пластмассовые пленки, закрепленные на каркасе (рис. 14.3).

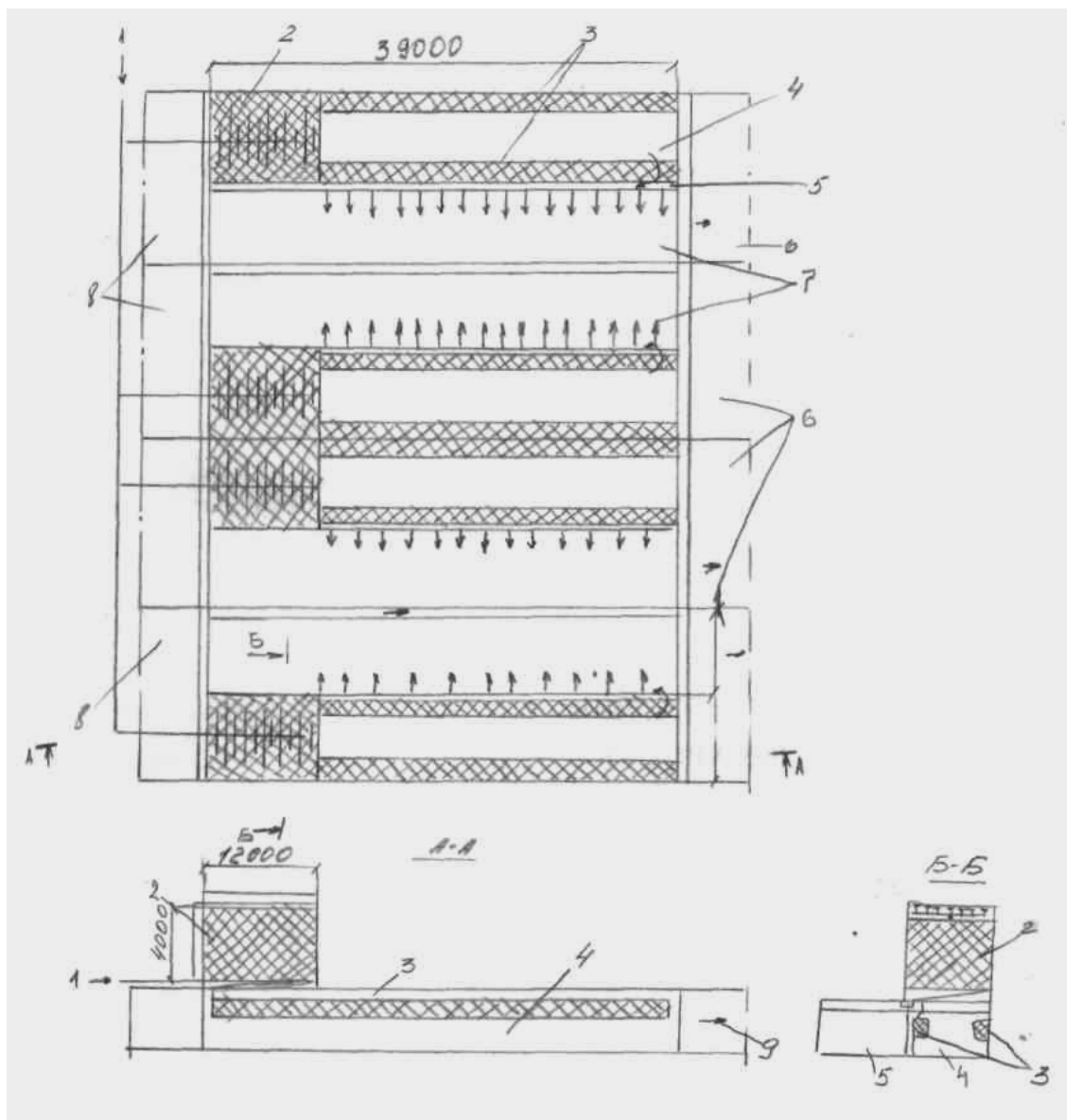


Рис. 14.3. Схема реконструкции аэротенков: 1 – трубопровод для подачи неочищенной сточной воды; 2 – биофильтр с пластмассовой загрузкой; 3 – погружные пластмассовые модули; 4 – аэротенки; 5 – распределительный лоток аэротенка; 6 – минерализаторы; 7 – регенераторы; 8 – первичные отстойники; 9 – трубопровод для отвода очищенных сточных вод

Загрузка опускается в аэротенк в специальных каркасах или контейнерах. Расстояние между отдельными листами должно составлять от 3 до 10 см. Размещается загрузка над аэраторами перпендикулярно продольным стенам аэротенка на расстоянии 40-50 см от фильтросных пластин. От уровня воды до за-

грузочного материала должно быть не менее 30 см и до стен коридора аэротенка не менее 20 см.

Объем сооружения был принят исходя из времени аэрации 12-16 ч, нагрузка по органическим загрязнениям при БПК очищенной воды 15-20 мг/л принята 230 мг/м³ 1 г сухого беззольного вещества активного ила и биопленки. Величина дозы активного ила в сооружении по расчету будет составлять 1,6 г/л, концентрация прикрепленной микрофлоры (биопленки) 0,9 г/л.

Для очистки сточных вод приняты два трехкоридорных аэротенка с общим объемом 2852 м³. При этом длина коридора составляла 24 м, глубина 4,4 м. В этом случае следует установить 464 модуля в двух коридорах аэротенка размером 4×3,7 м (рис. 14.4). Третий коридор используется для регенерации активного ила.

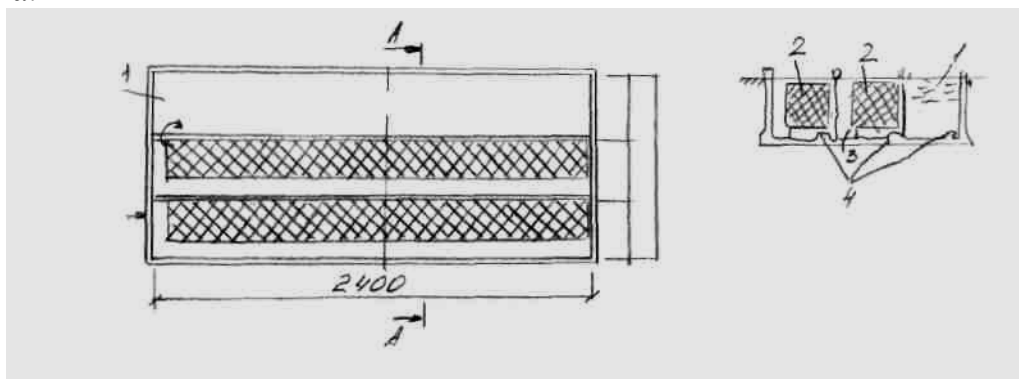


Рис. 14.4. Схема реконструкции трехкоридорных аэротенков: 1 – регенератор; 2 – погружные пластмассовые модули; 3 – аэротенк; 4 – фильтровые пластины

Для интенсификации процессов очистки сточных вод, отличающихся высокой концентрацией трудноокисляемых загрязнений, применялся также аэротенк-вытеснитель с регенератором. Впуск сточной воды и циркулирующего активного ила в аэротенк осуществлялся рассредоточенно. Сооружение было специально разработано для очистки сточных вод предприятий медицинской и витаминной промышленности. Объем регенератора может изменяться от 35 до 85%, шаг изменения объема 5%. Сточная вода подается по лотку, укрепленному на стенке, отделяющей второй коридор от третьего, лоток снабжен выпускными окнами с шиберами.

Существенное отличие аэротенка-вытеснителя от других аэротенков состоит в системе подачи и распределения воздуха. В этом случае в качестве аэраторов использованы фильтровые трубы. Площадь аэрируемой зоны составляет 50% общей площади аэротенка. Система регулирования воздуха позволяет подать на аэрацию от 20 до 80% общего количества воздуха и распределить его поровну между двумя зонами при любом проценте регенерации. Рабочая глубина аэротенка 5 м, ширина коридора 6 м, число коридоров 3, длина аэротенка от 36 до 66 м, длина вставки 6 м.

Модифицированный аэротенк используется при очистке сточных вод Болоховского витаминного комбината в качестве сооружения первой ступени биологической очистки. При эксплуатации этого аэротенка в сочетании с по-

грузными модулями значительно сокращаются вынос активного ила и время обработки сточной воды, в результате чего интенсифицируются процессы биологической деструкции органических загрязнений, в том числе и трудноокисляемых.

Перспективны для интенсификации процесса биологической очистки сточных вод пористые носители прикрепленных биоценозов микроорганизмов в аэротенке. После очистки хозяйственно-бытовых сточных вод с применением этих носителей БПК₅ очищенной сточной воды не превышало 10 мг/л. Количество свободно плавающего активного ила в аэротенке составляло 100-200 мг/л и имело тенденции к дальнейшему снижению. Пористый заполнитель в аэротенк следует принимать в виде кубиков с размерами 3-10 см. Количество заполнителя необходимо определять по расчету в зависимости от состава сточных вод, нагрузки на 1 м² площади поверхности загрузочного материала и дозы биопленки на пористом носителе. Материал пористого носителя должен быть не токсичен и устойчив к деструкции микроорганизмами и самой сточной водой.

Применять пористый носитель можно в аэротенке любой конструкции, однако для предотвращения его выноса из зоны аэрации и вообще из аэротенка по длине коридора следует установить ячеистые перегородки.

Для очистки сточных вод химико-фармацевтических предприятий был предложен сорбционно-биологический метод очистки, при котором дозируемый порошкообразный сорбент подается непосредственно в зону аэрации аэротенка. В практике очистки сточных вод сорбция применяется для извлечения из сточных вод ценных продуктов с целью их возврата в производство и для удаления токсичных химических веществ.

Высокая стоимость активированных углей (АУ) и особенно дефицитность порошкообразных активированных углей (ПАУ) не позволяет широко использовать их в практике очистки сточных вод, несмотря на высокую эффективность биосорбционной очистки.

Специфика химико-фармацевтических предприятий позволяет решать вопрос об обеспечении очистных сооружений активированным углем простым и экономичным способом. Известно, что отработавший в технологическом цикле химико-фармацевтической промышленности АУ, где он широко применяется, обезвоживается и вывозится в отвал или сжигается. Однако этот уголь в значительной степени сохраняет свои сорбционные свойства и количества его вполне достаточно для использования при сорбционно-биологической очистке сточных вод. Проведенные исследования показали, что эффективная очистка сточных вод достигается при дозе отработавшего активированного угля, соответствующей 1,5 дозы чистого угля.

Производственные испытания, проведенные на Болоховском витаминном комбинате, позволяют рекомендовать для предварительных расчетов удельную сорбционную нагрузку по ХПК на 1 мг ПАУ: для чистых углей – 1,4 мг ХПК, для отработавших – 1 мг ХПК.

Для реализации системы сорбционно-биологической очистки в производственных условиях разработана технологическая схема подачи отработавшего ПАУ в сточные воды перед их поступлением в зону аэрации аэротенков. Внедрение этого метода позволяет интенсифицировать работу аэрационных систем и значительно улучшать технологические показатели, в том числе эффект очистки, на очистных сооружениях по производству химико-фармацевтических препаратов и ряде других предприятий, где возможно использование отработавших АУ. Степень биологической окисляемости загрязнений в среднем увеличивается до 20%.

14.2. Современные системы аэрации сточных вод в аэротенках

Для больших систем очистки канализационных вод компания CAPRARI выпускает установки аэрации сточных вод OXY-FLOW. Установки сделаны на базе насосов для сточных вод серии КС и предназначены для использования в системах, перерабатывающих отходы из промышленных и животноводческих комплексов. Высокое качество насосов КС обеспечивает надежность и эффективность этих установок в работе.

Варианты стационарного крепления систем аэрации

1. Хомуты из стальной оцинкованной полосы с регулируемой высотой установки, пристреливание дюбелями к днищу.
2. Железобетонные опоры, устанавливаемые на днище аэрационного сооружения.
3. Пластмассовые разъемные опоры, крепление с помощью хомутов.

Варианты подвешного крепления систем аэрации

1. Модуль аэрации с неразъемными аэраторами.
2. Модуль аэрации с трубчатыми аэраторами.
3. Модули аэрации с трубчатыми и дисковыми аэраторами.

Мелкопузырчатая СИСТЕМА АЭРАЦИИ “Белэкполь” из полимерных материалов предназначена:

- для аэрации городских и промышленных сточных вод в сооружениях биологической очистки;
- аэрации природных вод на станциях водоподготовки и в рыбоводческих прудах;
- насыщения любыми газами и перемешивания технологических растворов в различных производствах;
- для использования в прочих аналогичных процессах.

Система “Белэкполь” включает: мелкопузырчатые пластмассовые аэраторы (диспергаторы воздуха); круглые плоские с разборным корпусом ($\varnothing = 200$ мм); квадратные плоские с неразборным корпусом (200×200 мм); трубчатые длиной 1 м; трубчатые длиной 0,5 м.

Гидропневмоаэратор – устройство перемешивания сточной жидкости и насыщения ее кислородом воздуха. Применяется в аэротенках, аэробных стабилизаторах осадков, для перемешивания ила с флокулянт, прудах доочистки сточных вод.

Гидропневмоаэратор представляет собой вертикально установленную в резервуаре с обрабатываемой жидкостью цилиндрическую направляющую трубу с винтовой насадкой и узлом подвода воздуха. Винтовая насадка выполнена с шнекообразным направлением витков, а узел подвода воздуха – из расположенного по оси трубы воздуховода с распределительно подающим устройством.

Размещаемая во внутренней части аэратора шнековая насадка позволяет существенно увеличить (3-5 раз) длину пути воздушных пузырьков в жидкости. В результате на каждом витке шнековой спиральной насадки происходит интенсивная турбулизация и перемешивание газо-жидкостной смеси с одновременным дополнительным дроблением пузырьков воздуха, выходящих через распределительное подающее устройство.

Аэрационная система с гидропневмоаэраторами позволяет без остановки аэротенка (т.е. без опорожнения) обеспечить дифференцированную подачу воздуха по длине аэротенка (регулировкой задвижек). Обеспечивается также использование широкой зоны аэрации с максимальной массообменной характеристикой.

Количество аэраторов, способ их расположения в аэротенке, диаметр и высота аэратора, нагрузка по воздуху определяются для каждого конкретного случая. Конструкция гарантирована от разрушений при гидроударах в период пуска и остановки, активным илом не засоряется.

14.3. Интенсификация и реконструкция сооружений биологической очистки на очистных сооружениях малой производительности

В настоящее время уровень загрязненности окружающей среды продуктами жизнедеятельности человека в густонаселенных местах достигает критической отметки. Это приводит к отравлению водных горизонтов. Такая проблема стоит менее остро в поселках с централизованной канализацией, но в населенных пунктах, лишенных возможности подключения к централизованной канализационной сети, проблема биологической очистки сточных вод стоит на первом месте.

В настоящее время применяются несколько способов очистки сточной воды: механический; химический; биологический.

Самый оптимальный способ очистки сточных вод – биологическая очистка сточных вод. Биологическая очистка решает практически все проблемы, не решаемые первыми двумя способами.

Сегодня на российском рынке представлено значительное количество современных очистных систем отечественного и импортного производства.

1. Установка очистки сточных вод “ТОПАС”

До недавнего времени любые попытки производить небольшие аэротенки (для применения их в качестве очистных станций для загородных домов или небольших коттеджных поселков) приводили либо к повышению стоимости оборудования, либо понижалось качество очистки. Решить эту проблему уда-

лось чешскому инженеру Яну Тополу, который разработал установки глубокой биологической очистки “ТОПАС”.

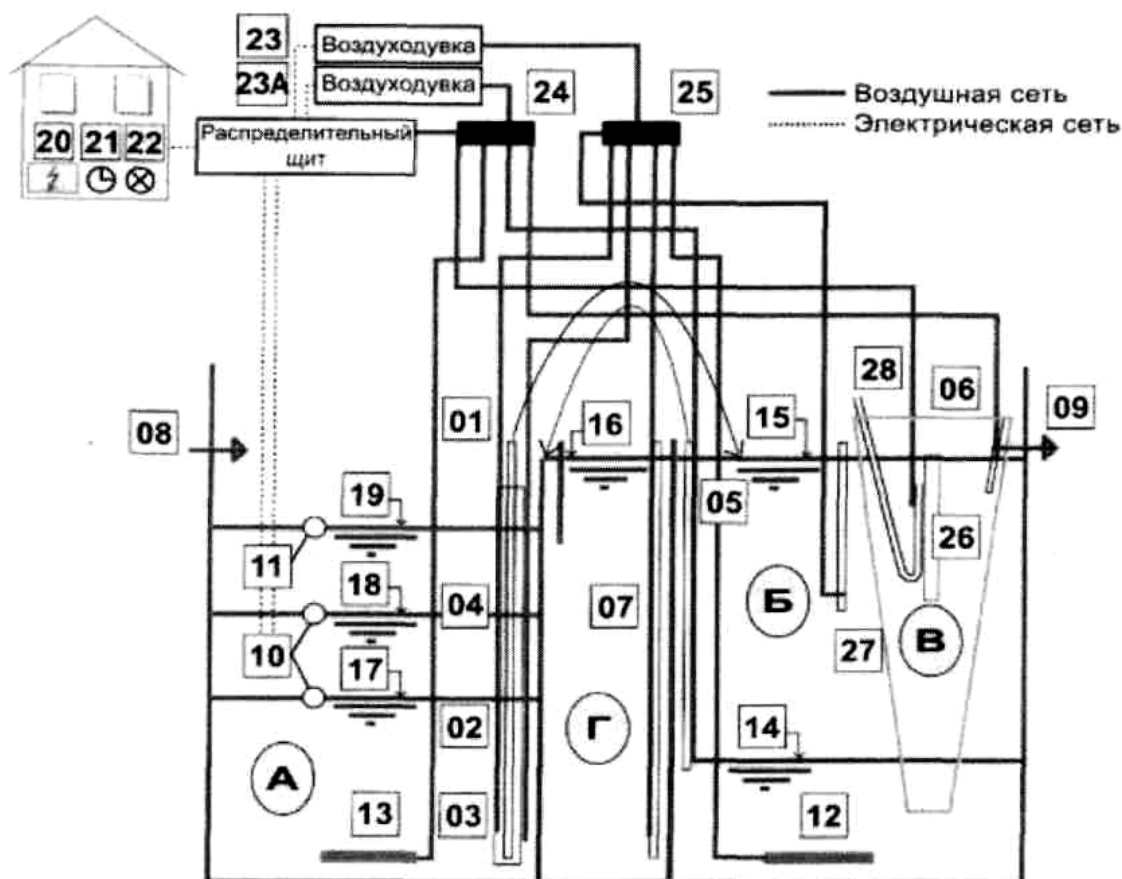
Установки очистки сточных вод (УОСВ) модельного ряда “ТОПАС” разработаны на основе опыта больших станций очистки сточных вод с мелкопузырчатой аэрацией, как прерывистой, так и непрерывной. Вышеупомянутые процессы совмещаются в этой установке.

Уникальная технология, простой монтаж, компактность системы, бесшумный самоочищающийся автоматический режим работы с минимальными требованиями и затратами по обслуживанию, сигнализация о нормальной работе УОСВ и качественная очистка воды (98%) – вот факторы, определяющие неоднократное завоевание УОСВ “ТОПАС” призовых мест на международных выставках (в 1996, 1998, 1999 и 2001 гг.) и признание этой установки в Германии, Канаде, Чехии, Словакии и России, подтвержденное сертификатами этих стран. Установки поставляются готовыми к применению, имеют небольшие размеры, малый вес и представляют собой единый корпус, изготовленный из полипропиленовой панели с вспененным внутренним слоем, что придает им необходимую прочность и препятствует коррозионному разрушению от агрессивного воздействия сточных вод. Монтаж “ТОПАС” не требует значительных инженерных работ, специальной техники и квалифицированных исполнителей. Необходимо лишь произвести заглубление установки в почву, подсоединение сточного трубопровода и кабеля электрического питания для малогабаритного и экономичного магнитно-индукционного компрессора японского производства. Установки “ТОПАС” выпускаются разных типоразмеров в зависимости от водопотребления и количества обслуживаемых потребителей.

Установки модельного ряда “ТОПАС” выполнены в цельнонесущем пластиковом корпусе. Для их изготовления используется вспененный интегральный трехслойный листовый полипропилен, производимый в Чехии. Этот полипропилен содержит внутри пузырьковый слой, который влияет на упругость листов и их термозащиту. Механические свойства корпуса позволяют устанавливать “ТОПАС” в различные грунты.

Схема работы установки “ТОПАС” представлена на рис. 14.5. Сначала сточные воды поступают в накопительный резервуар (А), в котором происходит усреднение залповых сбросов. Из накопительного резервуара неочищенные сточные воды с помощью эрлифта (мамут-насоса) поступают в аэротенк (Б), в котором происходит биологическая очистка с помощью активного ила.

Смесь вод и активного ила, подвергнутая очистке, перекачивается с помощью мамут-насоса вторичного отстойника (27) в успокоительный цилиндр (26) вторичного отстойника. Ил отстаивается, опускается на дно вторичного отстойника и возвращается обратно в аэротенк. Очищенная вода после отстаивания попадает в выходную магистраль установки. В этом случае речь идет о классической непрерывной аэрационной системе с накопительным резервуаром.



Условные обозначения

- | | |
|--|---|
| A - накопительный резервуар | 13 - аэрационный элемент |
| Б - аэротенк | 14 - уровень ила в аэротенке |
| В - вторичный отстойник | 15 - уровень в аэротенке максимальный |
| Г - стабилизатор активного ила | 16 - уровень ила в отстойнике |
| | 17 - уровень режима рециркуляции |
| | 18 - уровень рабочего режима |
| | 19 - уровень аварийный |
| 01 - аэрлифт неочищенной воды | 20 - электро-щиток |
| 02 - фильтр грубых нечистот | 21 - реле времени (доп поставка) |
| 03 - аэрация в накопительном резервуаре | 22 - аварийная сигнализация (доп поставка) |
| 04 - направляющая-фиксатор фильтра грубых нечистот | 23, 23A - компрессора - 2 шт. |
| 05 - аэрлифт избытков активного ила | 24 - распределительная сеть воздуха аккумуляции |
| 06 - аэрация стабилизатора активного ила | 25 - распределительная сеть воздуха активации |
| 07 - аэрлифт избытков активного ила | 26 - успокоитель вторичного отстойника |
| 08 - приток загрязненной воды | 27 - эрлифт вторичного отстойника |
| 09 - сток очищенной воды | 28 - удаление плавучих загрязнений из вторичного отстойника |
| 10 - управляющий поплавок | |
| 11 - аварийный поплавок | |
| 12 - аэрационный элемент | |

Рис. 14.5. Технологическая схема работы установки “ТОПАС”

При недостаточном количестве стоков, когда уровень в накопительном резервуаре достигает заранее установленного минимума (17), срабатывает поплавковый переключатель (10), который включает компрессор обратного цикла и переключает станцию в фазу рециркуляции (обратный цикл). В этой фазе производится аэрация накопительного резервуара и откачка из аэротенка насосом (5) в стабилизатор активного ила (Г), где происходит разделение активного ила на фракции (легкий наиболее активный ил направляется вместе с отстояв-

шейся водой обратно в накопительный резервуар, а более тяжелый старый ил оседает вниз стабилизатора). Когда жидкость в накопительном резервуаре (А) достигнет верхнего уровня (18) срабатывает поплавковый переключатель (10), который включает компрессор прямого цикла и станция работает в режиме прямого тока жидкости. К повышению уровня в накопительном резервуаре (А) может приводить и приток неочищенной воды. Таким образом, время фазы рециркуляции уменьшается пропорционально количеству вновь поступающей неочищенной воды (в случае отсутствия притока неочищенной воды время фаз примерно одинаково). В ходе работы станции автоматически происходит удаление активного ила и поддержание его концентрации на уровне, необходимом для оптимальной очистки.

Работа установки полностью автоматизирована и не требует ежедневного обслуживания. Технология очистки бытовых сточных вод разработана таким образом, что при этом не происходит выделения метана и сернистого газа. В связи с этим неприятный запах отсутствует на всех этапах работы установки биологической очистки стоков. При отсутствии поступления сточных вод очистная установка автоматически переходит в экономичный режим работы, что позволяет снизить потребление электроэнергии и нагрузку на механизмы системы очистки сточных вод. При “залповых” сбросах сточных вод очистное сооружение переходит в форсированный режим, который избавляет от выноса неочищенной воды. При отсутствии электроэнергии очистное сооружение продолжает работать в режиме обычного септика. При возобновлении подачи электроэнергии процесс очистки сточных вод восстанавливается без дополнительных мероприятий. Установка пригодна для использования при периодическом проживании.

2. Область применения установки “БИОСТАТ”

Аэрационная система очистки сточных вод “БИОСТАТ” – индивидуальная канализационная система с принудительным аэробным обогащением, обеспечивающая как естественную, так и искусственную биологическую очистку, а также осветление хозяйственно-фекальных вод отдельно стоящих жилых сооружений, мест общественного питания, расположенных вдали от канализационной сети (рис. 14.6). Установки модельного ряда “БИОСТАТ” выполнены в цельно несущем пластиковом корпусе из листового полипропилена, группа РР-В (цвет натуральный, голубой, синий, серый). Соединяются листы методом термической сварки. В качестве сварочного расходного материала используются прутки из полипропилена группы РР-В (цвет натуральный, голубой, синий, серый). Механические свойства корпуса позволяют монтировать установки в различные грунты без какого-либо усиления. Корпус установки содержит внутрифункциональные перегородки, защищенный приборный отсек и технологическое оборудование.

Состав оборудования

1. Линейный диафрагменный мини-компрессор “Hiblow НР”. Принцип работы основан на электромагнитных колебаниях, а отсутствие движущихся и контактирующих частей обеспечивает высокую надежность и производитель-

ность до 310 л/мин, и давление до 25 МПа. Низкий уровень шума от 30 до 45 dB позволяет устанавливать мини-компрессор не только в корпусе самой установки, но и при необходимости – в технических помещениях.

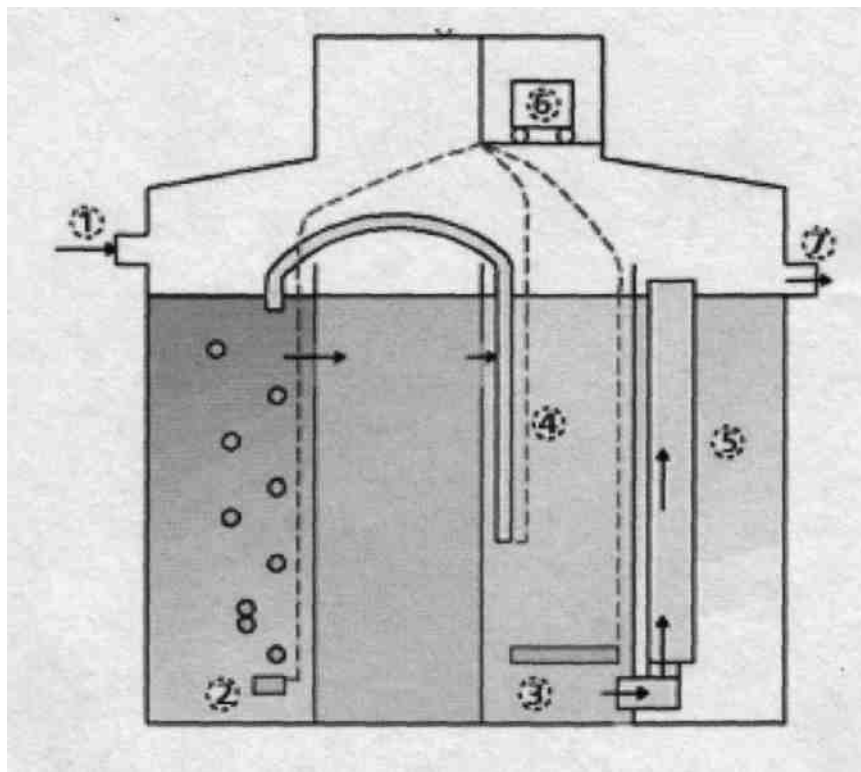


Рис. 14.6. Схема установки “БИОСТАТ”: 1 – входная труба; 2 – аэратор приемной емкости; 3 – мелкопузырчатый аэратор; 4 – насос рециркуляции; 5 – фильтр механической очистки; 6 – компрессор; 7 – выходная труба

2. Аэрационный мелкопузырчатый элемент. Его основой является несущая конструкция из полипропилена, с перфорированной мембраной из эластичного полимера. Способ перфорации мембраны обеспечивает постоянное образование мелких пузырей и предотвращает возвратное проникание жидкости, а также ее загрязнение при перерыве эксплуатации. Материал мембраны эластичен, стоек к гидролизу и влиянию микроорганизмов.

Описание установки

Сточная вода из дома самотеком поступает в первую камеру, выполняющую роль аэробно-аноксидной приемной камеры, где все тяжелые оседающие фракции под воздействием крупных пузырьков воздуха разделяются на более мелкие, в то же время здесь происходит их предварительная биологическая очистка под действием ферментов активного ила. Здесь происходит взаимодействие грязной воды с активным илом в аэробных условиях при постоянной аэрации, что обеспечивает более глубокое осветление сточных вод.

После освобождения воды от грубых органических примесей стоки самотеком, через отверстие, находящееся ниже уровня воды, поступают во вторую камеру. Здесь происходит взаимодействие грязной воды с активным илом и в аэробных условиях происходит более глубокое осветление сточных вод и от-

стаивание более мелких фракций осадка. Жир, пленки и другие плавающие вещества со временем образуют корку, которая обеспечивает повышенное содержание микроорганизмов, что облегчает удаление загрязнений.

В третью камеру сточная вода перетекает через отверстие, также находящееся ниже уровня воды, что не позволяет легким фракциям (жирам, пленкам и др.), собравшимся во второй "спокойной" камере, попадать на следующую ступень очистки. В третьей камере сточные воды подвергаются очистке аэробным активным илом при постоянной мелкопузырчатой аэрации из аэратора 3. Одновременно в третьей камере происходит удаление рециркуляционным насосом излишков активного ила в первую камеру, при этом происходят процессы доокисления трудноразлагаемой органики и денитрификации.

Почти очищенная вода поступает через придонное отверстие в фильтр механической очистки 5, который состоит из полипропиленовой трубы и песчаной засыпки. Пройдя через фильтр снизу вверх, вода поступает в четвертую камеру, где окончательно отстаивается и осветляется. Четвертая камера может использоваться не только как выходной отстойник, но и как насосный колодец, в который устанавливается (при необходимости) любой дренажный насос.

Тема 15. Методы реконструкции сооружений доочистки.

Глубокая очистка сточных вод

15.1. Работа сооружений доочистки сточных вод

Биосорберы.

Биосорберы, с загрузкой из активированного угля, разработанные во ВНИИ ВОДГЕО совместно с Союзводоканалпроектом (рис. 15.1), могут использоваться для глубокой очистки сточных вод в системах производственного водоснабжения или на локальных очистных сооружениях. При контакте сточных вод с активированным углем происходит не только процесс сорбционного изъятия загрязнений, но и их биохимическое окисление в результате развития на активированных углях специфического биоценоза. Очистка происходит в псевдосжиженном слое. При использовании такого биосорбера себестоимость очистки сточных вод снижается с 2,12 до 0,61 коп./м³. При этом окислительная мощность биосорбера по сравнению с аэротенком выше в 4-6 раз по ХПК и 1,6-1,8 раза по БПК.

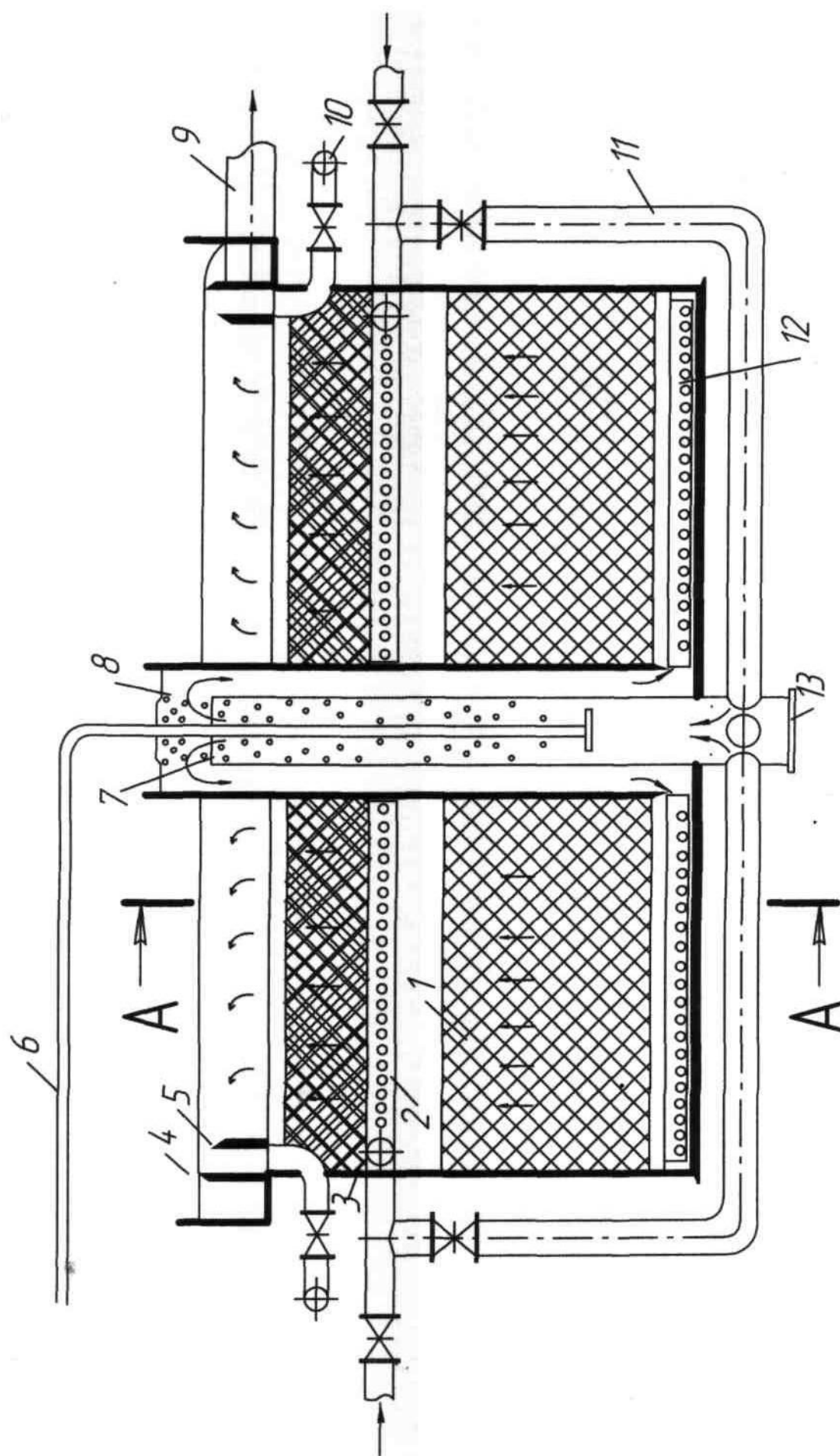


Рис. 15.1. Биосорбер

15.2. Обеззараживание сточных вод

Установка для обеззараживания сточных вод жидким хлором

Обеззараживание воды газообразным или жидким хлором относится к числу наиболее эффективных, широко применяемых и хорошо изученных технологий. Практически хлорирование воды осуществляют посредством растворения необходимой дозы хлора в небольшом количестве обрабатываемой воды, т.е. получают “хлорную воду”, которую затем вводят в основной объем обрабатываемой воды. Установки АКВАХЛОР производят водный раствор хлора с небольшим количеством сопутствующих окислителей, являющийся аналогом “хлорной воды” – раствор оксидантов. Раствор оксидантов из установок АКВАХЛОР пригоден для хлорирования воды по технологии, разработанной для растворов хлора, полученного из других источников (например, баллонов с жидким хлором). Установки АКВАХЛОР – это новое поколение компактных, экономичных, экологически чистых, долговечных и простых в эксплуатации электрохимических систем получения хлора на месте применения. Методы контроля содержания остаточного хлора в воде и микробиологический контроль осуществляются табельными средствами в установленном порядке.

Общие сведения об установках “АКВАХЛОР”.

1.1. Установки АКВАХЛОР предназначены для электрохимического синтеза раствора оксидантов из водного раствора хлорида натрия (соль пищевая) и производятся серийно в двух модификациях: АКВАХЛОР-100 и АКВАХЛОР-500 производительностью 100 и 500 граммов оксидантов в час соответственно (ТУ 3614-702-05834388-02, ОКП 36 1469, группа Г47).

1.2. Установки АКВАХЛОР являются альтернативным и безопасным в эксплуатации источником газообразного хлора и могут использоваться в качестве замены баллонов и контейнеров с жидким хлором на станциях очистки воды хозяйственно-питьевого водоснабжения, на локальных станциях очистки воды, на сооружениях очистки бытовых и промышленных сточных вод, в системах очистки воды плавательных бассейнов.

1.3. Безопасная эксплуатация установок АКВАХЛОР и отсутствие риска отравления обслуживающего персонала и окружающей среды неконтролируемым выбросом хлора гарантированы чрезвычайно малым объемом газообразных оксидантов (менее 200 мл), которые под небольшим давлением (около 1 кгс/см^2 во время работы установки протекают по трубопроводу внутри установки через регулятор давления газа и поступают в эжекторный смеситель, где растворяются в небольшой части объема обрабатываемой воды, превращаясь таким образом в аналог хлорной воды, с помощью которой в соответствии с известными технологиями осуществляется дезинфекция основного объема воды.

Дополнительные меры безопасности обеспечиваются автоматическими системами контроля режима работы установки АКВАХЛОР, мгновенно отключающими установку при отсутствии протока воды через эжекторный смеситель, а также при отсутствии солевого раствора в емкости.

1.4. Степень превращения хлорида натрия, содержащегося в исходном растворе концентрацией 200-250 г/л, в установке АКВАХЛОР достигает 99%, по-

этому из каждого килограмма расходуемой соли производится приблизительно 0,6 кг смеси – газообразных оксидантов, представленных хлором (95-96%), диоксидом хлора (3-4%), озоном (0,5-1,0%), а также гидропероксидными соединениями (перекись водорода, синглетный кислород, супероксидные радикалы), содержащимися в микрокапельках влаги (0,2-0,5%). При этом одновременно образуется приблизительно 0,7 кг гидроксида натрия (NaOH) в виде раствора концентрацией 120-150 г/л и 8,4 г водорода, который по специальному шлангу отводится за пределы помещения, в котором смонтирована установка АКВАХЛОР.

1.5. В результате растворения газообразной смеси оксидантов в воде, протекающей через эжекторный смеситель, образуется раствор оксидантов с рН от 2,0 до 3,5 и концентрацией оксидантов около 1 г/л. Оксиданты в этом растворе представлены в основном хлорноватистой кислотой, раствором молекулярного хлора и диоксида хлора, а также, в значительно меньшей степени, озоном и гидропероксидными соединениями. Производительность установок АКВАХЛОР-100 и АКВАХЛОР-500 по раствору оксидантов составляет соответственно 100 и 500 л в час.

1.6. Указанный раствор оксидантов смешивают с дезинфицируемой водой в пропорции, обеспечивающей начальный заданный уровень содержания оксидантов в соответствии с технологией обработки воды свободным (газообразным или жидким) хлором. При этом гидропероксидные соединения, озон и диоксид хлора вступают в реакции взаимодействия с веществами, содержащимися в воде, и распадаются в течение первых 5-10 мин. Основным дезинфицирующим веществом при этом становится хлорноватистая кислота (HClO), наличие которой в воде гарантирует ее обеззараживание в полном соответствии с известными технологическими процессами обработки воды жидким или газообразным хлором.

1.7. Раствор оксидантов, полученный в установках АКВАХЛОР, возможно аккумулировать в накопительных емкостях из пластика и использовать в течение 10-12 дней для обработки воды.

1.8. Раствор гидроксида натрия (каустической соды) возможно использовать для приготовления растворов коагулянтов, а также в качестве эффективного моющего средства (необходимо разбавление).

1.9. Раствор оксидантов, вырабатываемый установками АКВАХЛОР, является более эффективным дезинфицирующим средством и более экологически чистым, чем растворы моновеществ в воде, которые образуются при растворении в воде только хлора, только диоксида хлора или только озона, поскольку химические реакции с его использованием подчиняются закономерностям синергизма, а наличие малого количества более мощных окислителей, чем хлор, предотвращает образование тригалометанов при обработке воды, содержащей большое количество гумусовых соединений.

В связи с этим рекомендуется местным органам и учреждениям Государственной санитарно-эпидемиологической службы периодически производить в процессе эксплуатации установок АКВАХЛОР уточнение необходимой

для обеззараживания воды концентрации оксидантов в сторону ее снижения в сравнении с существующими нормативами.

1.10. Установки АКВАХЛОР рекомендуется эксплуатировать в стандартном помещении хлораторной или в любом другом проветриваемом помещении. Наличие приточно-вытяжной вентиляции необязательно. Образующийся при получении раствора оксидантов водород следует отводить с помощью шланга, соединенного с газоотделителем установки АКВАХЛОР за пределы помещения. Незначительный объем получаемого водорода и его малый удельный вес позволяют ему легко рассеиваться в атмосфере.

15.3. Глубокая очистка сточных вод от нефтесодержащих примесей

Быстрый рост промышленного и сельскохозяйственного производства и транспорта в последние десятилетия привел к загрязнению биосферы газообразными, жидкими и твердыми отходами. Загрязнение воздушного и водного бассейнов, ущерб, наносимый животному и растительному миру, нерациональное использование природных ресурсов вызывает серьезную озабоченность у общественности всех стран. Вода является основной составляющей жизни на нашей планете. Можно несколько недель прожить без еды, но без употребления воды человек умирает через несколько дней. В современной экономической жизни вода имеет важное значение для сельского хозяйства, промышленности, производства электроэнергии, транспорта, поэтому рациональное использование водных ресурсов нашей планеты, защита их от истощения и загрязнения являются одной из главнейших задач во всех технически развитых странах мира. Химический состав как природных, так и промышленных сточных вод весьма разнообразен. В природных водах наряду с веществами, являющимися продуктами естественных биологических процессов, протекающих в природе, повсеместно присутствуют соединения антропогенного происхождения, часто не только ухудшающие органолептические свойства воды, но и сообщающие ей токсичность. Кроме того, огромное количество химических веществ в виде исходных, промежуточных или конечных продуктов различных производств попадает в естественные водоемы со сточными водами. Главными загрязняющими веществами являются нефтепродукты, биогенные вещества, фенолы, ядохимикаты, соли тяжелых металлов, радионуклиды.

Состав загрязнений зависит от вида производства. Так, в сточных водах производства минеральных и органических солей присутствуют неорганические кислоты, щелочи и соли, в стоках нефтеперерабатывающих заводов – нефтепродукты, масла, смолы, ПАВ и т.д. Для предотвращения загрязнения водных ресурсов внедряется очистка сточных вод перед их сбросом в водные объекты. Разработаны и используются в промышленности различные методы механической, физико-химической и биологической очистки сточных вод, позволяющие утилизировать ценные примеси и эффективно обезвреживать сточные воды от вредных примесей. Комплексная очистка сточных вод от примесей осуществляется путем применения технологических схем, включающих несколько методов очистки. Схема очистки сточных вод должна обеспечивать

минимальный сброс загрязняющих веществ в водоем, максимальное использование очищенных сточных вод в технологических процессах и системах оборотного водоснабжения, более полное извлечение ценных примесей.

Поверхностные сточные воды. Очистные сооружения модульного типа заводского изготовления для малых территорий (автостоянки, гаражи, автохозяйства, торговые предприятия, административные территории).

Назначение. Очистка дождевых, талых и поливочных вод с небольших (до 1,5 га) территорий различного функционального назначения (автостоянки, гаражи, автохозяйства, торговые предприятия, административные территории и т.п.) от взвешенных веществ (ВВ) и нефтепродуктов (НП).

Описание

Малогабаритные очистные сооружения имеют модульную конструкцию. Модули полностью изготавливаются на заводе, и в готовом виде доставляются на объект.

Очистные сооружения в соответствии с действующими нормативами аккумулируют сток, образующийся от выпадения на территорию осадков с высотой слоя 10-15 мм, с последующей очисткой в течение 2 суток. Так, например, для территории общей площадью 1,0 га с асфальтовым покрытием объем аккумуляирования составит $80,0 \text{ м}^3$ и при очистке в течение 40 ч расход сточных вод, подаваемых на очистку, составит $2 \text{ м}^3/\text{ч}$. При этой технологии появляется возможность применить маломощные погружные насосы и малогабаритное очистное оборудование. Поверхностные сточные воды из аккумуляирующей емкости подаются самотёком или с помощью насоса в секцию тонкослойного отстойника; с поверхностного слоя секции тонкослойного отстойника вода, насыщенная НП, поступает в нефтеловушку (коалесцентный сепаратор) оригинальной конструкции, которая, вне зависимости от концентрации НП на входе, обеспечивает очистку воды на ее выходе до уровня не более 12 мг/л. При этом нефть накапливается в специальном сборнике. Таким образом, выбранная конструкция нефтеловушки обеспечивает автоматическую защиту от попадания нефтепродуктов в водосток или водоем при случайном разливе или какой-либо аварии. Система фильтров из полиэфирного волокна и сорбента “Мегасорб” (безнапорные фильтры) и гранулированного активного угля (напорный фильтр) обеспечивает окончательную очистку воды по ВВ и НП до требований сброса в водоемы рыбохозяйственного водопользования.

Отличительные особенности

- оборудование полностью изготавливается на заводе, монтаж на месте – в течение нескольких дней;
- подземное расположение не вносит изменения в архитектурно-ландшафтные решения объекта;
- круглогодичная работа без консервации и расконсервации;
- не требуется наличие специального персонала и его присутствие при работе очистных сооружений;
- сбор аварийного пролива НП объемом до 1 м^3 без нарушения режима работы очистных сооружений.

Очистные сооружения для АЗС

Назначение. Очистка дождевых, талых и поливочных вод с территорий автозаправочных станций и комплексов, а также объектов, на которых возможны проливы нефтепродуктов (склады ГСМ, нефтяные терминалы, нефтеперерабатывающие предприятия и т.п.).

Постоянный автоматический контроль (ДУ – датчики уровня L1-L5) за состоянием всех секций установки “МОЛ-ОРТОС” обеспечивает высокую надежность работы при сохранении постоянного уровня очистки воды до нормативов сброса в водоемы рыбохозяйственного водопользования. Обеспечивается гарантийное и послегарантийное обслуживание. На установку “МОЛ-ОРТОС” получены положительные заключения органов охраны природы (Мособлкомприрода, Москомприрода, ДПР по Центральному региону, ЦГСЭН) и Мосгосэкспертизы, а также сертификат соответствия Госстандарта РФ.

Работа ОС осуществляется по следующей схеме. Поверхностные сточные воды из аккумулирующей емкости подаются самотёком в секцию тонкослойного отстойника блока грубой очистки. С поверхностного слоя секции тонкослойного отстойника вода, насыщенная НП, поступает в нефтеловушку (коалесцентный сепаратор), которая, вне зависимости от концентрации НП на входе, обеспечивает очистку воды на ее выходе до уровня не более 12 мг/л. При этом нефть накапливается в специальном сборнике. Принципиально важным преимуществом данной конструкции нефтеловушки является полное отсутствие эффекта “захлебывания”, характерного для всех стандартных конструкций коалесцентных фильтров и заключающегося в лавинообразном прорыве нефтепродуктов на выходе при превышении их концентрации на входе фильтра выше 40-50 г/л. Таким образом, выбранная в технологии “Мол-Ортос” конструкция нефтеловушки обеспечивает автоматическую защиту от попадания нефтепродуктов в водосток или водоем при случайном разливе или какой-либо аварии. Аккумулирующая емкость и блок грубой очистки установки “МОЛ-ОРТОС” выполнены герметичными, снабжены устройствами бесконтактной очистки от ила, дыхательными клапанами и переходными гидрозатворами. Фильтры из полиэфирного волокна, сорбента “Мегасорб” и гранулированного активного угля в блоке тонкой очистки обеспечивают окончательную очистку воды по ВВ и НП до требований сброса в водоемы рыбохозяйственного водопользования. Система рециркуляции условно чистой воды надежно защищает негерметичный блок тонкой очистки установки “МОЛ-ОРТОС” от возможного образования взрывоопасной паровоздушной смеси и существенно снижает неконтролируемый рост БПК в период засухи.

Очистные сооружения для больших территорий

Назначение. Для территорий, площадь которых превышает 1,5 га, использование металлических ОС в большинстве случаев нецелесообразно. Разработано и выпускается оборудование, которое размещается как в существующих, так и во вновь создаваемых железобетонных ёмкостях. Проект реконструкции существующих и строительства новых емкостей выполняется специализированными фирмами.

Описание. Очистные сооружения по технологии “Мол-Ортос” для промышленных предприятий с площадью водосбора более одного гектара представляют собой секционированный железобетонный резервуар прямоугольного сечения. Поверхностные сточные воды поступают в секцию аккумулирующей емкости (АЕ), в которой происходит накопление поверхностного стока и осаждение грубодисперсных взвешенных веществ. Осадок накапливается на дне АЕ. Сточные воды, осветленные в АЕ не менее чем на 60%, при помощи погружного насоса подаются через успокоитель-распределитель потока в секцию тонкослойного блока, а затем поступают через патрубок в коалесцентный сепаратор-нефтеловушку. Этот сепаратор уверенно разделяет неустойчивые водонефтяные эмульсии практически любого концентрационного состава на водяную и нефтяную фракции с содержанием нефти в очищенной воде от 5 до 12 мг/л и воды в отделенной нефти от 0,2 до 1,0%.

Отделенные нефтепродукты отводятся в нефтесборник. Сборник нефтепродуктов предназначен для накопления нефтепродуктов, выделенных при обработке сточных вод в сепараторе. Удаление нефтепродуктов из нефтесборника производится по мере накопления. После нефтеловушки вода самотеком поступает в секцию фильтров тонкой очистки. Фильтры тонкой очистки предназначены для удаления из сточных вод остаточных количеств загрязняющих веществ перед сбросом очищенных сточных вод. Система фильтров тонкой очистки состоит из безнапорного двухслойного фильтра с загрузкой из ПЭВ и ГАУ (открытая безнапорная двухслойная конструкция, с загрузкой из плотного слоя полиэфирного волокна (ПЭВ) и гранулированного активированного угля (ГАУ), и напорного адсорбера с загрузкой из ГАУ (напорная конструкция с загрузкой из плотного слоя ГАУ).

Напорный фильтр представляет собой металлическую емкость прямоугольного сечения. Габаритные размеры слоя загрузки 650×400 мм, высота – 500 мм. Обрабатываемые сточные воды подаются насосом, направление движения воды – снизу вверх. Количество параллельно работающих безнапорных и напорных фильтров, устанавливаемых в секции тонкой очистки, определяется заданной производительностью очистных сооружений (рис. 15.2).

При работе очистных сооружений в расчетном режиме обслуживание производится не реже, чем один раз в 6 месяцев с целью удаления накопившегося осадка взвешенных веществ. Удаление осадка из АЕ и секции тонкослойного отстойника производится по стандартной технологии с использованием илососов специализированными организациями, имеющими соответствующую лицензию. Одновременно с удалением осадка из АЕ и секции отстойника производится удаление мелкодисперсного осадка из приемка секции нефтеловушки.

Блок доочистки с фильтром из активированного угля EuroPEK CF, новая разработка АО “Лабко”, дополнившая систему НЕК EN EuroPEK NOK очищает нефтесодержащие стоки до норм, допустимых к сбросу в водоемы рыбохозяйственного значения. Использование блока доочистки позволяет сброс в открытые водоемы и в почву.

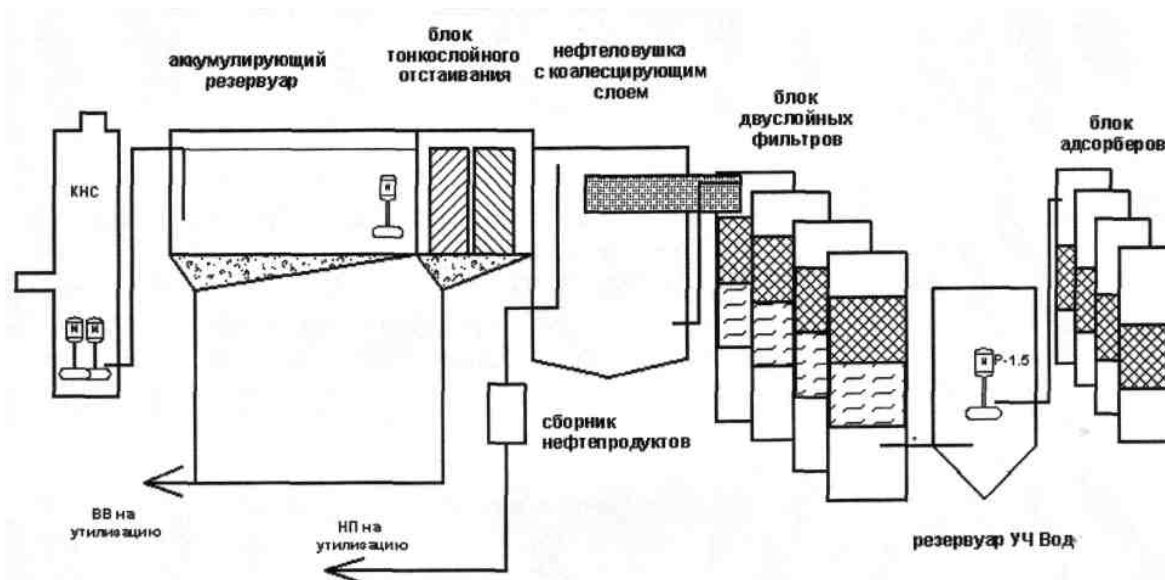


Рис. 15.2. Принципиальная схема очистных сооружений поверхностного стока

Система предочистки НЕК EN и EuroPEK очищает стоки до 0,3 мг/л (нормы сброса в канализационную сеть) и обеспечивает долгий срок службы угольного фильтра. Результаты анализов, взятых на работающей АЭС, показали, что выходные концентрации не превышают 0,05 мг/л.

Продукция соответствует европейским стандартам (EN), имеет Ллойдовский сертификат, а также гигиенический сертификат и сертификат ГОССТАНДАРТ РОССИИ.

Эффективность комплексной системы. В основе стандарта EN лежит комплексная система маслоотделения. Очистка маслосодержащей сточной воды начинается в пескоилоотделителе НЕК-EN, в котором большая часть твердых частиц осаждается на дно отделителя (рис. 15.3).

Из пескоилоотделителя вода попадает в маслоотделитель EuroPEK, в котором с помощью эффективных коалесцентных модулей отделяется основная масса нефтепродуктов, содержащихся в воде.

Из маслоотделителя вода попадает в блок доочистки EuroPEK CF, где происходит окончательная очистка стока. Вода в безнапорном режиме проходит через угольный фильтр, в котором задерживаются оставшиеся нефтепродукты и взвешенные вещества.

Кроме указанного оборудования, в системе имеется еще колодец для отбора проб НОК, оснащенный запорным вентилем, из которого, при необходимости, берут пробы для анализа.

Качество производства. Продукция АО Лабко является надежным и удобным в применении решением для очистки ливневых и промышленных сточных вод.

Стандартное исполнение EuroPEK CF представляет собой вертикальный цилиндр, изготовленный из армированной пластмассы LASA Composit. Отделители, изготовленные на гибочных станках с программным управлением, на-

много превосходят по качеству, например, слоистые отделители ручного производства.

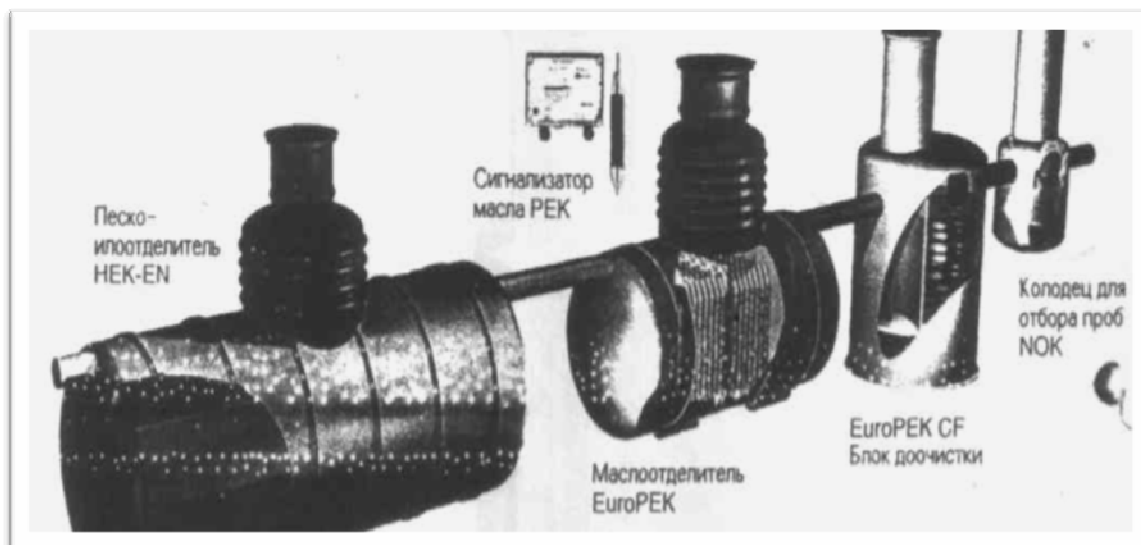


Рис. 15.3. Пескоилоотделитель

Армированная пластмасса не поддается коррозии и ее химическая стойкость практически несравнима с металлическими или бетонными емкостями.

Надежность в эксплуатации. Блок доочистки EuroPEK CF представляет собой вертикальную емкость, состоящую из двух отсеков. Нижний отсек предназначен для сбора взвешенных веществ с целью забивания угольного фильтра. В верхнем отсеке находится угольный фильтр. Отсеки разделены поперечной стенкой с отверстиями, предназначенными для прохода воды. Угольный фильтр представляет собой гранулированную массу активированного угля, находящегося в мешках, уложенных на поперечную стенку. Вода, попадая в блок доочистки через входное отверстие, фильтруется через массу активированного угля, где задерживается, поднимается на поверхность и через выходное отверстие попадает в колодец для отбора проб NOK.

За счет того, что после системы HEK EN и EuroPEK концентрация нефтепродуктов не превышает 0,3 мг/л, периодичность замены угольного фильтра составляет порядка двух лет. Скопившиеся на дне взвешенные вещества необходимо удалять через входное отверстие с интервалом примерно один раз в три месяца.

Объектами применения данной системы являются АЭС, авторемонтные мастерские, автостоянки, гаражи, автомойки, производственные территории, депо и т.д.

Угольный фильтр. Активированный уголь имеет рабочую площадь поверхности порядка 1000 м²/г. Для примера, одна чайная ложка активированного угля имеет ту же площадь поверхности, что и футбольное поле. Это объясняется тем, что активированный уголь имеет пористую структуру. Поры образуются при обработке исходного материала высокими температурами (900-1000°C).

Поры делятся на три группы: микропоры, мезопоры и макропоры. Макропоры служат для транспортировки молекул в микропоры и мезопоры. Основная масса нефтепродуктов адсорбируется в микропорах и частично в мезопорах. Постепенно активированный уголь заполняется нефтепродуктами.

Объем нефтепродуктов, который может адсорбировать активированный уголь, составляет порядка 20% от массы сухого угля.

Размер блока доочистки соответствует размеру маслоотделителя EuroPEK. Расчет размера производится согласно расчету размера маслоотделителя EuroPEK.

Монтаж EuroPEK CF. Блок доочистки устанавливается на железобетонную плиту на дне котлована. Загружается блок доочистки активированным углем. Утрамбовывается песок без камней вокруг блока доочистки и одновременно заливается вода в блок доочистки. Уровень воды должен соответствовать уровню песка. Обрезается техколодец на необходимой высоте.

Устанавливается горловина с чугунной крышкой. Против нагрузок от тяжелого транспорта над блоком доочистки устанавливается железобетонная плита.

Маслоотделитель. АО “Лабко” подготовилось к выходу единых европейских стандартов, разработав комплект маслоотделителей, соответствующих им. По этим стандартам маслоотделители разделяются на коалисцентные 1-го класса и гравитационные 2 класса. Содержание углеводородов при испытаниях отделителя 1-го класса должно составлять не более 5 мг/л и 2-го класса не более 100 мг/л. EuroPEK представляет собой отделитель первого класса. В отделителе находится модуль, так называемый коализатор, на поверхности которого капельки масла слипаются (рис. 15.4).

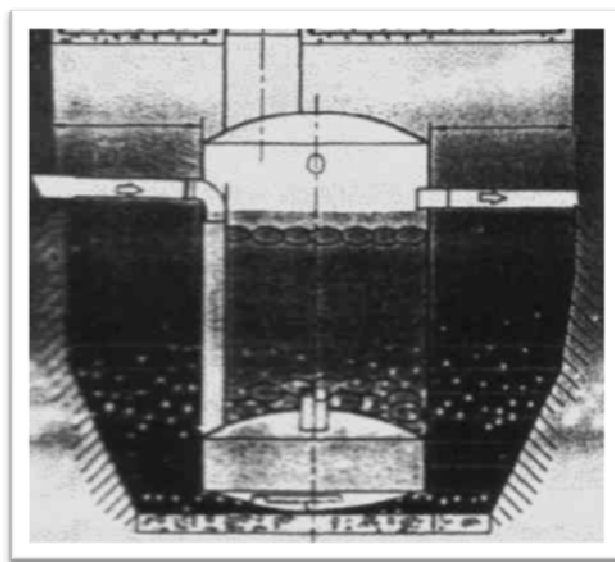


Рис. 15.4. Маслоотделитель

Эффективность комплексной системы. В основе стандарта EN лежит комплексная система маслоотделения. Очистка маслосодержащей сточной во-

ды начинается в пескоилоотделителе EuroPEK, в котором большая часть твердых частиц осаждается на дне отделителя.

Из пескоилоотделителя вода течет в маслоотделитель EuroPEK, в котором с помощью эффективных коазирующих модулей отделяется масло, содержащееся в воде. Лучше всего EuroPEK зарекомендовал себя при очистке сточных вод на объектах с самыми высокими требованиями. EuroPEK очищает маслосодержащие ливневые и сточные воды на авторемонтных предприятиях, заправочных станциях, стоянках и гаражах, а также в промышленности.

Кроме указанных, в системе имеется еще колодец для отбора проб NOK, из которого, при необходимости, берут пробы для анализа.

Качество производства. Маслоотделитель EuroPEK является надежным и удобным в применении решением для очистки ливневых и сточных вод.

Стандартное исполнение EuroPEK представляет собой горизонтальный цилиндр, изготовленный из высокопрочной армированной пластмассы LASA Composit. Отделители, изготовленные на гибочных станках с программным управлением, намного превосходят по качеству, например, слоистые отделители ручного производства.

Армированная пластмасса не разъедается коррозией и ее химическая стойкость практически несравнима с металлическими или бетонными емкостями.

При испытаниях в Политехническом институте г. Стокгольм использовалось топливное масло с удельным весом $0,85 \text{ г/см}^3$. Концентрация углеводородов перед маслоотделителем EuroPEK составляла около 4250 мг/л. Практические результаты показали выходные концентрации в пределах 0,3 мг/л, т.к. входные концентрации значительно ниже (во всех случаях по анализу IR).

При разработке отделителей использовалась компьютерная программа, позволяющая точно определить требуемое количество модулей коализатора.

По всей конструкции и материалам коализаторы являются самоочищающимися. Это гарантирует длительный срок службы с малыми затратами на техобслуживание.

Очищенная вода переходит из коализатора через колодец для отбора проб в канализацию.

В коализаторном модуле отделителя EuroPEK маслопродукты отделяются от загрязненной воды. Капельки масла поднимаются вверх и соприкасаются с олеофильной пластиной, притягивающей масло, на поверхности которой капельки слипаются. При увеличении размера капель, их скорость подъема растет, и масло проходит вверх через отверстия коализатора. Масло образует единый слой на поверхности воды в емкости.

Маслоотделители EuroPEK. Главной частью водоочистительных систем фирмы “Лабко” является маслоотделитель EuroPEK. Эффект очистки новых отделителей, основывающихся на коалесцентной технологии, значительно выше, чем старых, работающих на гравитационном методе. Эффективность может быть даже в 40 раз выше по сравнению со старой технологией.

Для работы маслоотделителя должны соблюдаться определенные требования:

- 1) для максимального расхода ливневой воды:
асфальтированная площадка,
удельный вес маслопродуктов $< 0,85 \text{ г/см}^3$,
расчетная интенсивность дождя 150 л/га.
- 2) для максимального расхода сточных вод:
удельный вес маслопродуктов $< 0,85 \text{ г/см}^3$.

EuroPEK бензомаслоотделитель имеет большой технический колодец над коалесцентными модулями (рис. 15.5). Диаметр технического колодца в верхней части составляет 800 мм. Высота технического колодца имеет запас 400 мм. Таким образом, есть возможность обрезать его на необходимую высоту при установке. Максимальная глубина установки технического колодца EuroHUK от поверхности земли до нижней кромки входной трубы составляет 2,5 м. EuroPEK бензомаслоотделители номинального размера NS-10, -30, -50 имеют дополнительный технический колодец типа HUK 9-13...21-25. EuroHUK техколодец успешно прошел испытания согласно стандарту SPF 1300 (шведский стандарт) на длительное воздействие давления.

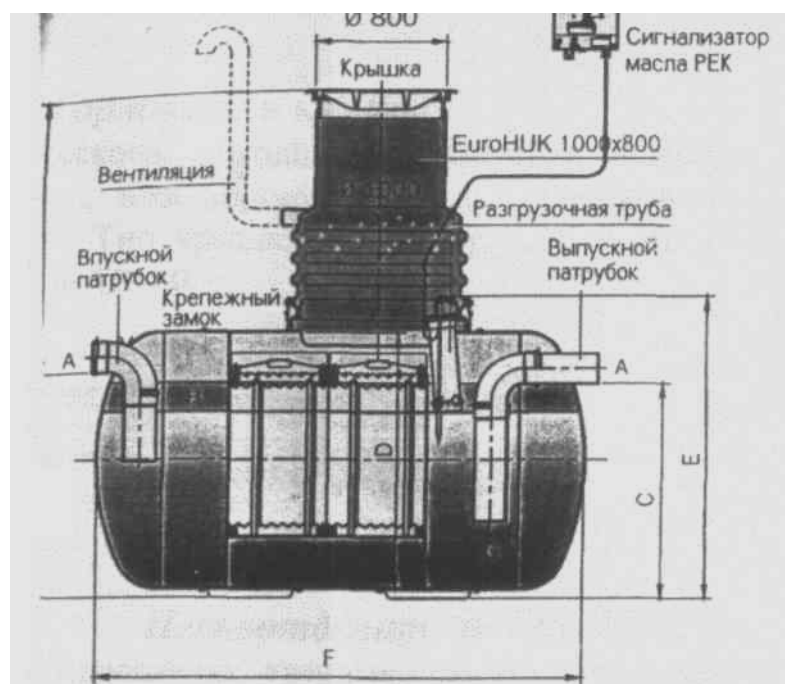


Рис. 15.5. Бензомаслоотделитель

Горловина и крышка. Для технического колодца используется крышка диаметром 800 мм, необходимое открытое пространство составляет 730 мм. Тип крышки, например, UNUP 80, 40, тип горловины UF 80.

Пескоотделители EuroHEK. В пескоилоотделителях твердые частицы осаждаются на дне емкости. Вертикальные пескоилоотделители поставляются с теми же монтажными высотами от поверхности земли, как техколоды HUK. Чугунная крышка не входит в стандартную поставку отделителей (рис. 15.6).

Диаметры впускных и выпускных патрубков выбираются по диаметру патрубков маслоотделителя.

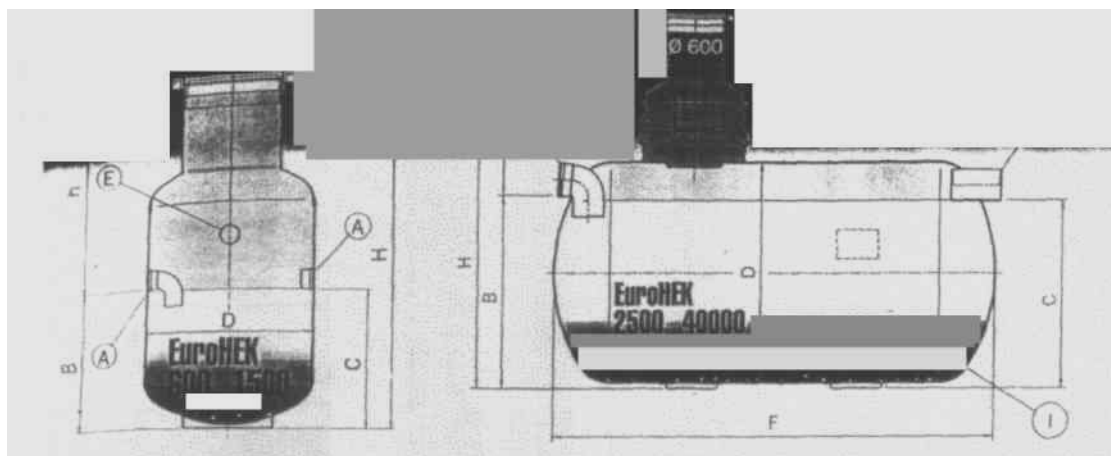


Рис. 15.6. Пескоотделители EuroHEK

Колодцы для отбора проб NOK. Колодцы для отбора проб NOK поставляются с теми же монтажными высотами от поверхности земли, как техколодцы HUK. Размер запорного вентиля колодца для отбора проб NOK выбирается согласно диаметру выходной трубы бензомаслоотделителя EuroPEK. Высота колодца для отбора проб NOK должна соответствовать высоте технического колодца HUK. Чугунная крышка не входит в стандартную поставку колодца.

Техколодцы HUK. Полиэтиленовые технические колодцы HUK, кроме самого маленького, снабжены ступеньками. Чугунная крышка не входит в стандартную поставку технического колодца (рис. 15.7).

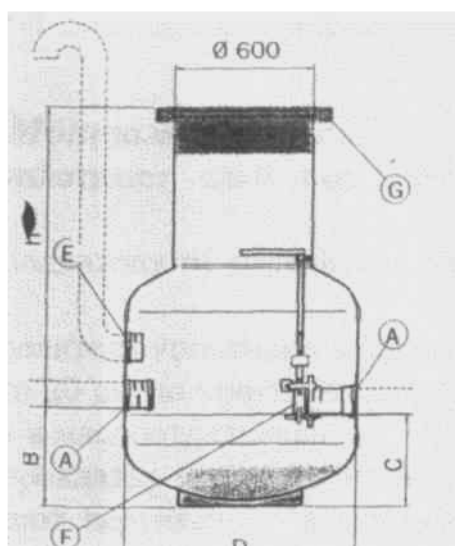


Рис. 15.7. Техноколодец

Монтаж ЕугоРЕК

1. На дне траншеи уплотняют слой песка 30 см с горизонтальной плоскостью.
2. Для обеспечения неподвижности отделителя на месте монтажа в него заливают 20 см воды.
3. Слой песка вокруг отделителя уплотняют аккуратно.
Песок уплотняют слоями 20 см до уровня соединительных патрубков. При необходимости доливают воду в маслоотделитель.
4. Уплотнительную прокладку устанавливают на нижнюю кромку техколотца и колодец опускают вертикально в монтажную раму. Необходимо установить также защитную трубу для кабеля.
5. После этого продолжают уплотнять песок слоями 10 см. Траншею заполняют до уровня поверхности земли.
Техколодец закрепляют на месте крепежными замками, расположенными на монтажной раме.
6. В зоне движения тяжелого и среднего транспорта необходимо заливать железобетонную плиту (толщиной 200 мм), для компенсации нагрузки на отделитель. Бетонная плита должна быть на 1000 мм шире и длиннее площади сечения отделителя.

Тема 16. Обработка, обезвреживание и использование осадков

16.1. Разработка методов и способов реконструкции сооружений по обезвреживанию осадков сточных вод

1. ***Процесс анаэробного сбраживания*** может быть интенсифицирован за счет повышения температуры (до 55°C), при этом процесс ускоряется в 2 и более раза, однако несколько ухудшается его водоотдача и возрастает в 1,5 раза время сушки сброженного осадка (рис. 16.1).

При перемешивании выход осадка увеличивается на 20%. Повышение температуры протекания процесса и перемешивание осадка легли в основу схемы обработки метановым брожением (была разработана французской фирмой “Дегремон”). Пропускная способность существующих сооружений при использовании этой схемы возрастает в 2 раза.

Перечислим разработанные в разных странах конструкции метантенков.

1. В Германии предложено устройство, состоящее из установленных внутри метантенка двух всасывающих диффузоров, насосов и внешнего кольцевого нагнетательного трубопровода, от которого во внутреннюю часть метантенка пропущены вертикальные соплообразные трубки, установленные по кругу в пристеночной части метантенка через 5-6 м. Нижний диффузор расположен в придонной части метантенка, верхний – на расстоянии 1-2 м от поверхности осадка. Через оба диффузора осадок подается в кольцевой трубопровод, откуда через сопла сильной струей возвращается в метантенк, при этом обеспечивается тщательное перемешивание осадка во всем объеме метантенка. Устройства

данного типа характеризуются простотой и надежностью и рекомендуются для реконструкции действующих метантенков.

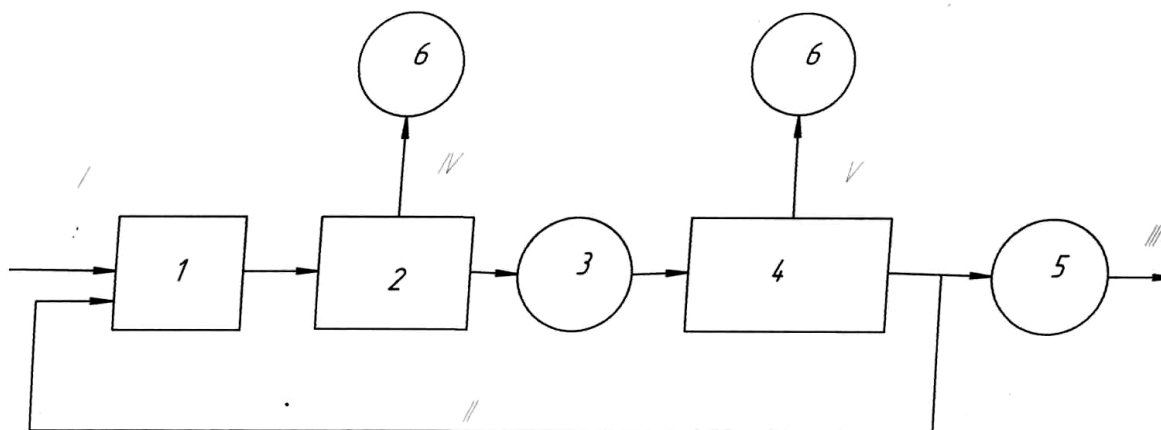


Рис. 16.1. Схема модифицированного двухфазного процесса аэробного сбраживания: 1 – смеситель; 2 – кислотообразующий реактор (первая фаза процесса); 3, 5 – отстойники; 4 – метанообразующий реактор (вторая фаза процесса); 6 – газгольдеры; I-V – трубопроводы соответственно подачи исходного осадка, осадка, извлеченного из метантенка, сброженного осадка на дальнейшую обработку, отвода водорода и отвода метана

При применении многоступенчатых схем (2-7 ступеней) процесса сбраживания осадка содержание влаги в сброженном осадке при температуре 30-33°C снижается, вследствие чего сокращается площадь, потребная для его сушки, на 12-18%. Однако степень деструкции и выход газа при этом не увеличивается.

Отмывка ила между первой и второй ступенями сбраживания улучшает его седиментационные свойства и физиологическое состояние, в результате чего увеличивается выход газа на второй ступени.

Улучшение процесса наблюдается за счет его стабилизации при постоянной подаче свежего осадка и удалении сброженного.

2. По данным английских исследователей, процесс холодного анаэробного сбраживания интенсифицируется за счет смешения сырого и предварительно мезофильно сброженного осадка в соотношении 0,2-1–1,5-1, при этом время обработки осадка сокращается с 12 до 3 месяцев.

Стерилизация осадка перед сбраживанием в течение 15-20 мин при 100-120°C снижает время его обработки на 30%, однако выход газа не изменяется.

Пастеризация осадка в течение нескольких часов при температуре 85-95°C увеличивает скорость процесса обработки в среднем на 14,8%.

Добавка гормонов и стимуляторов роста (продестерон, тестостерон, фитостерон, витамины группы Д и др.) также позволяет интенсифицировать процесс обработки осадка. При добавке спорообразующих бактерий выход газа увеличивается до 70%.

Предварительная обработка осадка ультразвуком обеспечивает диспергирование поверхности осадка и его равномерное распределение в реакторе.

Разработана конструкция метантенка, исключая необходимость использования оборудования для перемешивания осадка. Этот метантенк с колеблющимся уровнем осадка разделен вертикальной стенкой на 2 сообщающиеся емкости, в одну из которых воздуходувкой нагнетается газ из газгольдера. При достижении достаточного перепада давления и уровня осадка между емкостями давление быстро сбрасывается с помощью клапана, что вызывает быстрый переток осадка. После совпадения уровней осадка в обеих емкостях снова включается газодувка, вследствие чего и обеспечивается эффективное перемешивание осадка.

3. В Японии предложены метантенки и септики, время пребывания осадка в которых снижено в 2,5 раза. Метантенки-септики для совместной обработки осадка и производственных сточных вод получили и широкое распространение в Германии. Установлено, что в них обеспечивается более эффективное перемешивание с меньшими затратами энергии, чем в метантенках традиционной формы.

4. Во ВНИИ ВОВГЕО предложен способ обработки избыточного активного ила, включающий его аэробную стабилизацию, уплотнение, введение химических реагентов и механическое обезвоживание. В качестве химического реагента используется шлам от нейтрализации кислых сточных вод, который вводят непосредственно перед уплотнением. Избыточный активный ил обрабатывают совместно с первичным осадком. Шлам вводят в осадок в количестве 20-40% по массе сухого вещества осадка, что позволяет повысить степень уплотнения в 1,4-1,8 раза и снизить влажность обезвоженного осадка на 3,5-5%.

5. В США осадок последовательно смешивают с высокомолекулярными флокулянтами, при этом первый флокулянт имеет электрический заряд, противоположный тому, который имеют частицы осадка, а второй – противоположный заряду первого флокулянта.

2. Аэрация или насыщение кислородом осадка перед его уплотнением улучшает его седиментационные и водоотдающие свойства. В Германии сброженные осадки перед уплотнением насыщают кислородом путем аэрации, смешением с окислителями или электрохимической обработкой. В качестве химических окислителей используются перекисные или перманганатные растворы.

3. Внесение в осадок культуры земляных червей, которые используют в качестве питательного материала микроорганизмы, содержащиеся в сточных водах, практикуется в Польше, Швейцарии и Японии. При ассимиляции червями микроорганизмов осадка происходят разрыв клеточных стенок и выделение свободной воды. Это интенсифицирует процесс обезвоживания активного ила и других труднообрабатываемых осадков, а также сточных вод, содержащих микроорганизмы.

4. Сгущение и обезвоживание осадка может осуществляться с помощью патронных и рукавных фильтров. При исходной влажности осадка 97-98% влажность сгущенного и обезвоженного осадка соответственно составляет 93-

95% и 75-80%. Кондиционирование осадка позволяет интенсифицировать работу рукавных и патронных фильтров. Их применение вместо вакуум-фильтров и фильтров-прессов позволяет снизить затраты на обезвоживание осадка в 1,5-3 раза и создать компактные узлы обезвоживания.

В Японии для обезвоживания осадка предложена конструкция устройства, состоящая из системы вращающихся дисков диаметром 100-130 мм с расстоянием между ними 0,2-0,4 мм. Диски достаточно плотно входят друг в друга и на них при вращении подается осадок. Эффективность обезвоживания осадка на этом устройстве, представляющем собой динамичный фильтр, составляет 90-96%.

Ранее этот процесс интенсифицировался путем пропускания осадка через дроссель, установленный в трубопроводе, ведущим в сгуститель. Осадок проходит через дроссель со скоростью $1-1,2 \times 10^4$ м/с, при этом разрушение плотных ассоциатов в нем происходит в течение 0,01-20 с. Эффективность уплотнения осадка значительно повышается, а время сгущения снижается. В Германии для обезвоживания осадка предлагается использование вертикально установленных водопроницаемых рулонов из картона, обеспечивающих отвод иловой воды в фильтрующий слой без его заиливания. Рулоны изготавливаются из картонных полос шириной 8-10 см и длиной 40-80 см и устанавливаются вертикально на расстоянии 30 см друг от друга. Заглубление картона в фильтрующий слой составляет 5 см. Высота отрезка рулона над поверхностью фильтрующего слоя составляет 35-75 см, что соответствует максимальной высоте слоя подсушиваемого осадка.

Пиролиз – необратимый термический процесс разложения веществ без окисления.

Пиролиз – процесс высокотемпературного разложения (обычно в инертной атмосфере) органических полимеров в целях получения углеродных материалов, которые далее подлежат активации.

Пиролиз – превращение органических соединений в результате деструкции их под действием высокой температуры. Обычно термин используют в более узком смысле и определяют пиролиз как высокотемпературный процесс глубокого термического превращения нефтяного и газового сырья, заключающийся в деструкции молекул исходных веществ, их изомеризации и других изменениях.

Пиролиз – один из важнейших промышленных методов получения сырья для нефтехимического синтеза. Целевой продукт пиролиза – газ, богатый непредельными углеводородами: этиленом, пропиленом, бутадиеном. На основе этих углеводородов получают полимеры для производства пластических масс, синтетических волокон, синтетических каучуков и других важнейших продуктов.

Первые заводы пиролиза были построены в России (в Киеве и Казани) в 70-х гг. XIX века. Пиролизу подвергали преимущественно керосин с целью получения газа для освещения. Позднее была доказана возможность выделения из смолы, образующейся при пиролизе, ароматических углеводородов. Пиролиз получил широкое развитие во время Первой мировой войны, когда возникла

большая потребность в толуоле – сырье для производства тротила (тринитротолуола).

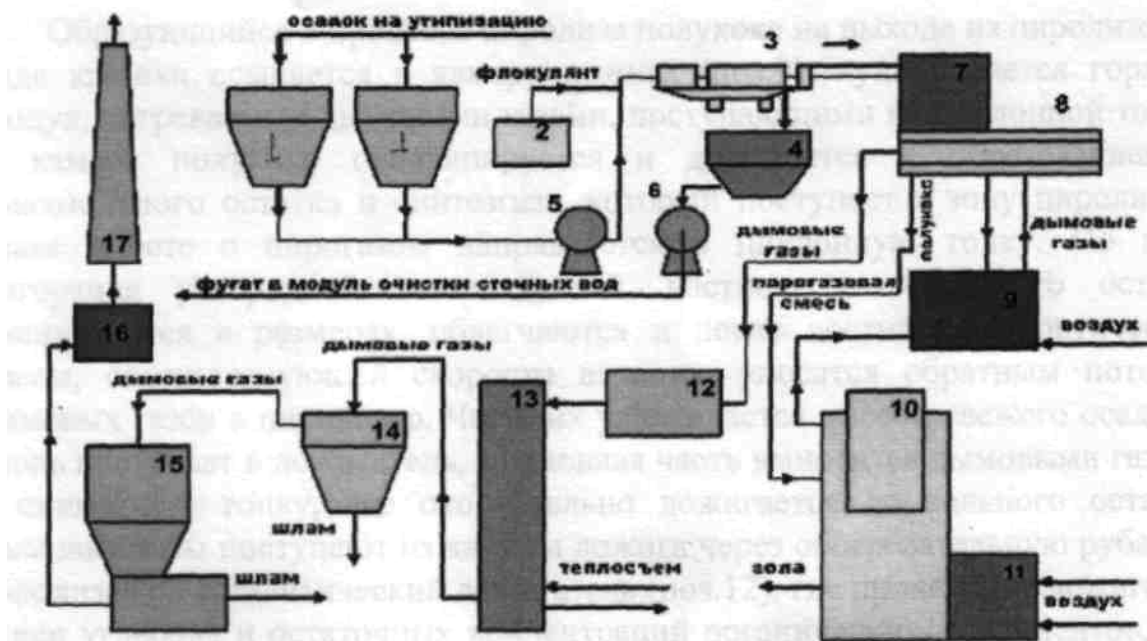


Рис. 16.2. Технологическая схема пиролиза

Сырьё для пиролиза весьма разнообразно: от газообразных углеводородов (этана, пропана) до тяжёлых дистиллятов и сырой нефти. Однако основная масса перерабатываемого пиролизом сырья представлена газообразными углеводородами и бензинами. Эти виды сырья дают наибольшие выходы целевых продуктов при наименьшем коксообразовании. Основное распространение получили в промышленности пиролизные установки трубчатого типа. Сырьё (например, бензин) проходит через паровой подогреватель, смешивается перед поступлением в печь с перегретым водяным паром и подвергается в печи дальнейшему нагреванию и пиролитическому разложению. Конечная температура реакции (на выходе из печи) составляет 750-850°C. Высокие температуры, короткое время пребывания сырья в зоне реакции и разбавление сырья водяным паром способствуют преимущественному расщеплению с образованием значительного количества газа. Наряду с газом образуется и побочный жидкий продукт пиролиза – смола. Выход смолы для газового сырья в среднем 5%, для бензинов – около 20% (по массе). Для прекращения реакций пиролиза парогазовая смесь, выходящая из печи, подвергается быстрому охлаждению в смесителе, в так называемом закалочном аппарате (путём прямого контакта с водяным конденсатом, который при этом испаряется). Дальнейшее охлаждение проходит в котле-утилизаторе, где вырабатывается пар высокого давления. Частично охлажденная парогазовая смесь после котла-утилизатора проходит масляную промывку для удаления частиц сажи и кокса и из неё выделяется тяжёлая часть смолы. Облегчённая парогазовая смесь подвергается дальнейшему охлаждению с последующим отделением водного и лёгкого углеводородного

конденсата от собственно газов пиролиза, которые направляются на газофракционирующую установку для выделения этилена и пропилена. Смола пиролиза характеризуется высокой концентрацией ароматических углеводородов – бензола, толуола, нафталина и др., а также содержит непредельные углеводороды, в том числе цикlopентадиен – сырьё для синтеза многих органических продуктов. Компоненты смолы используются для производства высокооктанового бензина, ароматических углеводородов, связующих веществ (кумароноинденовых смол), электродного нефтяного кокса (рис. 16.2).

16.2. Оптимизация варианта реконструкции

Флотационные илоуплотнители. Технологическая схема флотационной установки для уплотнения ила основана на использовании метода напорной флотации с непосредственным насыщением ила воздухом под избыточным давлением и искусственном разбавлении уплотняемого ила подиловой водой.

Флотационный илоуплотнитель состоит из флотореактора и флоторазделителя, размещенных в одном прямоугольном корпусе, разделенном продольными вертикальными перегородками на сообщающиеся секции.

Технологическая схема флотационного уплотнения избыточного активного ила состоит из узла насыщения ила воздухом под избыточным давлением, из центробежного насоса, эжектора и напорного бачка, флотореактора и флоторазделителя, разделенного продольными параллельными вертикальными перегородками на сообщающиеся секции.

Избыточный активный ил из сборного резервуара центробежным насосом подается в напорный бак, где происходит растворение воздуха, диспергированного в ил эжектором, установленным на перемычке между всасывающим и напорным патрубком насоса. Затем активный ил, насыщенный воздухом, подается через дросселирующее устройство в флотореактор, где в результате снижения давления происходит выделение пузырьков воздуха, образующих с хлопьями активного ила флотокомплексы, которые всплывают на поверхность во флоторазделителе, откуда в виде флотационной пены собираются скребковым механизмом в сборный лоток и поступают на дальнейшую обработку. Подиловая вода из I секции флоторазделителя перетекает во II секцию, а из секции II в III и сливается в сборный карман после III секции. Таким образом, подиловая вода предыдущих секций участвует во флотационном разделении ила последующих секций. Во флотореакторе происходит взаимодействие хлопьев активного ила с пузырьками воздуха, выделяющимися при снижении избыточного давления до атмосферного с образованием флотокомплексов. Взаимодействие во флотореакторе происходит в условиях турбулентного перемешивания образующейся трехфазной системы: воздух, жидкость и твердые частички осадка.

Флотореактор располагается с торцевых сторон корпуса. В II секции со стороны выпуска подиловой воды, а в I и III – с противоположной стороны. Флотореактор оборудован дросселирующим устройством и распределительной системой из прямоугольных пластин, размещенных у днища корпуса илоуплотнителя.

Каждое дросселирующее устройство состоит из трубы диаметром 50 мм со щелевым вырезом по всей длине трубы и колпака, расположенного над щелью (рис. 16.3, 16.4).

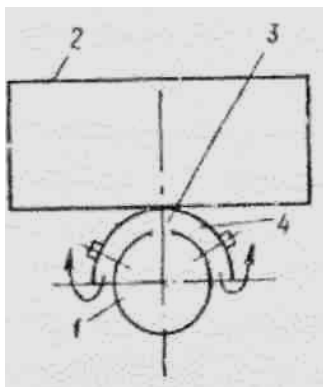


Рис. 16.3. Дросселирующее устройство

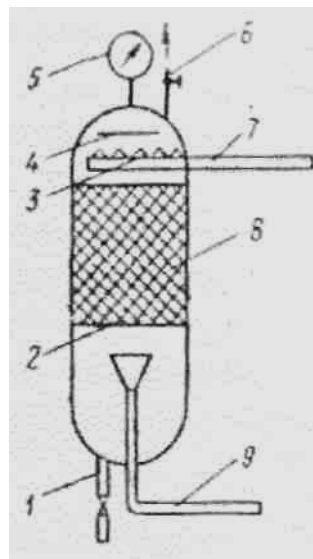


Рис. 16.4. Схема напорного бака

Колпак выполняется из трубы $d = 80-100$ мм, разрезанной по диаметру. Труба для подачи иловой жидкости имеет торцевые заглушки, а к колпаку, перпендикулярно продольной оси трубы, привариваются прямоугольные пластины высотой 200-300 мм, служащие для равномерного распределения потока иловой жидкости во флотореакторе. Шаг пластин 200-250 мм.

Длина флотореактора ограничена нижней перегородкой, установленной на расстоянии 600 мм от торцевой стенки корпуса, и верхней, расположенной на расстоянии 300 мм. Нижняя перегородка крепится к днищу, а ее верх расположен на уровне верхней кромки прямоугольных пластин, приваренных к колпаку дросселирующего устройства. Верхняя перегородка не доходит до верхнего уровня пены 150-200 мм.

Флотореактор рассчитывают на время пребывания иловоздушной смеси 2-3 мин.

Флоторазделитель служит для сбора образовавшихся хлопьев ила с пузырьками воздуха в пенный слой и отстаивания этого слоя на поверхности илоуплотнителя.

Флоторазделитель оборудован распределительной системой, расположенной за флотореактором и сборной насадкой, расположенной над щелью для вывода подиловой воды, образованной днищем корпуса и полупогруженной перегородкой, не достигающей до дна 500 мм.

Распределительная система выполняется в виде пакета прямоугольных пластин на всю ширину каждой секции, разделенных поперечными прямоугольными пластинами на ячейки размером 100×100 мм. Угол наклона пластин 45° , длина 500-700 мм.

Сборная насадка состоит из пакета радиальных пластин на всю ширину каждой секции, сходящихся к щели под углом 15° . Длина радиальных пластин 60-80 см.

Нижняя часть всех флоторазделителей имеет форму усеченных пирамид и снабжена трубопроводом опорожнения и выпуска осевшего осадка. Уклон дна к трубопроводу опорожнения равен 0,15-0,5%.

В продольных перегородках, делящих корпус на секцию, имеются окна для перепуска подиловой воды из сборного канала I во флотореактор II секции и из сборного канала II во флотореактор III секции. Размер окон 300×1000 мм.

Корпус илоуплотнителя снабжен лотком для сбора уплотненной пены и подиловой воды после III секции, размеры которых принимаются конструктивно.

Отбор подиловой воды осуществляется только после III секции при помощи щелевой трубы и регулируемых водосливов.

Микрофлотационные установки

Научно-производственной фирмой БИФАР разработаны новые технологии и оборудование для разделения суспензий на два потока, одним из которых является концентрированный продукт, состоящий из сфлотированных частиц, другой – очищенная вода. Установки МИФ рекомендуются для сгущения активного ила городских и промышленных станций, аэрации, для осветления дрожжевых и других тонко дисперсных суспензий, сточных вод, загрязненных нефтепродуктами, маслами и жирами.

По сравнению с существующими аналогами при равных габаритах производительность увеличена в 1,5-2 раза. Обеспечивается более высокая степень очистки воды.

Вакуум-фильтры

+ Возможность обработки осадков без выделения песка и распространения запаха; сокращение топливно-энергетических расходов на термосушку; отсутствие быстроизнашивающихся узлов, применение минеральных реагентов, вакуум-насосов; периодические замены фильтровальной ткани, повышенный расход электроэнергии.

Центрифуги

+ Компактность установок, возможность работать по безреагентным схемам и с применением флокулянтов.

– Необходимость извлечения из осадков крупных включений и песка, периодической наплавки или замены шнеков; повышенные по сравнению с вакуум-фильтрами топливно-энергетические расходы на термосушку.

Ленточные фильтр-прессы

+ Отсутствие быстроизнашивающихся деталей и узлов; сокращение расхода электроэнергии; отсутствие необходимости выделения крупных включений и песка из осадков.

– Повышенные габариты по сравнению с центрифугами; возможность распространения запаха; увеличенные по сравнению с вакуум-фильтрами топлив-

но-энергетические расходы на термосушку; необходимость периодической замены фильтровальной ткани.

Камерные и рамные фильтр-прессы

+ Низкая влажность обезвоженного осадка, низкие топливно-энергетические расходы на термосушку и сжигание.

Опыт эксплуатации

Вакуум-фильтры считаются устаревшим, трудоемким оборудованием, требующим большого количества реагентов и недостаточно надежные в работе.

Фильтр-прессы имеют одно большое достоинство – практически нечувствительны к содержанию песка в осадке и следующие недостатки:

- высокая чувствительность к точности дозирования реагента, что в реальной практике не всегда возможно обеспечить;
- сильный запах осадка в цехе, т.к. процесс открытый. Если осадки не подвергались метановому сбраживанию или иному способу обработки, человеку находиться рядом с таким оборудованием сложно. В связи с этим в воздухе цеха большая концентрация сероводорода и никакая электроника такой среды выдержать не может. Все медьсодержащие элементы будут интенсивно корродировать;
- при сбое с подачей флокулянта осадок не фильтруется, а вытекает на пол помещения и его надо вручную смывать шлангом в канализацию, т.е. опять в голову сооружений, а это может повлиять на качество очистки сточных вод на всем комплексе;
- в составе оборудования имеется высоконапорный насос, который потребляет большое количество электроэнергии – больше, чем сам фильтр-пресс;
- фильтровальная лента и уплотняющие элементы нуждаются в регулярной замене (на практике для нормальной работы – чаще, чем 1 раз в год), причем взять их кроме как у фирмы-изготовителя нигде;
- фильтровальная лента – элемент легко разрушающийся; при проскоке с осадком крупного предмета (например, пробка от бутылки) лента рвется. Штопаная лента служит не долго, лента рвется и осадок выливается на пол. Менять ленту все равно придется, и очень быстро;
- требуется тщательное удаление из осадка крупных и волокнистых веществ, что сделать крайне сложно.

Общий вывод – для необработанных осадков ленточные фильтр-прессы лучше не использовать. Они будут удовлетворительно работать на сброженных, тщательно подготовленных осадках.

Другие типы фильтр-прессов (рамные, камерные и т.д.) обладают следующими недостатками: необработанный осадок налипает на диафрагмы и фильтрующее полотно, требуется ручной труд для его отделения при выгрузке после каждого цикла, обезвоженный осадок активно выделяет сероводород, что влияет на здоровье персонала, т.к. люди постоянно работают с открытым осадком. Так как в установке много форсунок для осадка, и все они потенциально могут

засоряться, а их прочистка требует ручного труда и остановки оборудования, требуется весьма тщательное удаление мелкого мусора из осадка.

Центрифуги свободны от большинства недостатков фильтр-прессов, хотя и обладают собственными недостатками.

Главные преимущества центрифуг германской фирмы “Вестфалия Сепаратор Умвельттехник ГмбХ”, которые были учтены при выборе этого типа оборудования:

- закрытость процесса и, следовательно, меньшие санитарные проблемы при обезвоживании (почти нет запаха);
- высокая степень автоматизации процесса;
- практически нечувствительность к погрешностям флокулирования (увеличение влажности обезвоженного осадка не приводит к серьезным последствиям);
- компактность оборудования;
- не требуется постоянное присутствие персонала в цехе;
- малое время для текущего обслуживания оборудования;
- удобство обслуживания и ремонта;
- возможность замены изношенного шнека новым, взятым со склада завода-изготовителя (у большинства других производителей шнек строго индивидуален для данной машины, именно этот шнек при ремонте надо восстанавливать и ставить на место, а это длительные простои на ремонт – до полугода);
- конструкция здания для размещения центрифуг отличается простотой.

В период эксплуатации центрифуг выявились следующие особенности, которые были в последующем учтены:

- требуется высокая точность обеспечения давления технической и питьевой воды при водоснабжении цеха;
- требуется удаление мелкого мусора из сточных вод или из осадка (волосы, мочало, каньга, нитки и т.п. в мацераторе сплетаются в косу или веревку, которая клинит мацератор, насосы подачи осадка или сам шнек, возможно полное забивание выгрузочных окон обезвоженного осадка);
- требуется тщательное удаление песка из сточных вод или из осадка;
- требуется самое серьезное внимание к системам вентиляции в цехе (из обезвоженного осадка всегда выделяется сероводород и он распространяется по всему цеху. Все системы автоматики используют медь. Медь легко реагирует с сероводородом, и превращается в сульфид меди – черный порошок. В результате этой реакции система автоматики быстро выходит из строя. Шкафы управления необходимо выносить в газоизолированное помещение, кабели, датчики, контакты необходимо по максимуму защищать от газовой коррозии);
- необходимо обеспечить постоянную, безостановочную работу центрифуги независимо от режима удаления обезвоженного осадка, чем реже она останавливается, тем меньше изнашивается. Главные проблемы возникают при пуске;

- необходимо учесть возможность сильного вспенивания фугата и, в результате этого, снижения скорости течения фугата по трубам;
- необходимо учесть выделение большого количества сероводорода из фугата в самотечных сетях канализации по его транспортировке;
- требуется тщательная проработка технологии подачи сухого флокулянта в установку его приготовления и избежать ручной доставки мешков с флокулянтom в бункер-дозатор;
- необходимо строго исполнять инструкцию по эксплуатации и своевременно заказывать и заменять изнашивающиеся детали, в том числе шнек. Время от заказа до замены изношенной детали измеряется месяцами.

1. *Сгущение осадка. Ленточный сгуститель: Тип BGT*

Область применения: сгущение осадков станций очистки и водоподготовки в целях значительного снижения объема осадка:

- для оптимальной работы метантенков;
- для снижения затрат на утилизацию;

2. *Обезвоживание осадка. Ленточный фильтр-пресс: Тип SNP.*

Область применения: обезвоживание осадков минерального или органического содержания:

- коммунальных и промышленных сточных вод;
- целлюлозно-бумажных предприятий;
- сталелитейных и сталепрокатных предприятий;
- сооружений водоподготовки;
- других производств, где требуется разделение твердой и жидкой фаз.

3. *Сушка осадка. Ленточная сушильная установка: Тип Pro-Dry.*

Область применения: сушка влажных материалов:

- коммунальных и промышленных осадков;
- термочувствительных материалов промышленных или пищевых производств.

4. *Ленточный сгуститель BGT* – это непрерывно работающий агрегат для предварительного обезвоживания (разделение жидкой и густой фаз) различных суспензий, возникающих в производственных процессах следующих отраслей: коммунальное хозяйство; водоподготовка; пивоварни, производство напитков; производство бумаги; мясопереработка; пищевая промышленность.

С помощью механического удаления воды, ленточный сгуститель позволяет существенно снижать объем осадка для его оптимальной загрузки в метантенк или для снижения затрат на утилизацию. В производственных процессах ленточный сгуститель используется для получения свободного от твердых частиц фильтрата.

Преимущества и свойства:

- компактная и прочная конструкция из нержавеющей стали;
- низкие затраты на приобретение, обслуживание и содержание;
- надежная, безопасная и полностью автоматизированная работа;
- небольшое водопотребление, для промывки используется фильтрат;
- медленно вращающиеся детали ограничивают износ и уменьшают шум;

- низкий расход флокулянта;
- степень отделения твердых частиц достигает 98%.

Тема 17. Наружная канализация

17.1. Диагностика канализационных трубопроводов, насосных и технологических установок

Для объективной оценки состояния сетей, а также выбора экономически обоснованных методов их ремонта, необходимо развивать и расширять внедрение современных методов диагностики. Данная информация может быть получена только с помощью визуального обследования канализационной сети.

Для решения данной задачи в 1993 г. в Москве в составе Производственно-аварийного управления канализационных сетей (ПАУКС) была создана группа телевизионной диагностики. На сегодняшний день подразделение ПАУКС выполнило огромный объем работ по обследованию канализационных сетей. При этом полученный видеоматериал и принятые в связи с этим решения позволили предотвратить ряд серьезных аварий на канализационных сетях. В настоящее время осмотр производится шестью ПТВК. В 2002 г. введен в эксплуатацию плавающий модуль, предназначенный для осмотра каналов и коллекторов без отключения потока сточной воды. Кроме этого, все 11 районов канализационной сети оснащены МПТВК для осмотра сетей диаметрами 125-250 мм.

В настоящий момент группа телевизионной диагностики входит в состав Центра технической диагностики МГУП «Мосводоканал». Ежегодный объем теледиагностики канализационных сетей составляет 200 км в год, толщинометрии трубопроводов – 45 км в год.

Благодаря применению теледиагностики канализационных сетей решаются следующие задачи:

Определение внутреннего состояния трубопроводов с целью выбора оптимальных методов и способов ремонта.

Определение качества ремонта сетей.

Определение качества прочистки.

Определение степени воздействия газовой коррозии на конструкции и сооружения каналов и коллекторов.

Определение расположения засыпанных и заасфальтированных колодцев.

Осмотр на стадии приемки вновь построенной сети.

Ведение статистического учета и анализа видов неисправностей и деструктивных признаков в трубопроводах в целях прогнозирования их развития (кадастр). Ведение кадастра канализационных сетей и актуализация базы данных (в составе ГИС) в части пополнения и обновления информационного блока видеоизображений внутренней поверхности канализационных труб и объектов.

В результате камеральной обработки полученного исходного материала специалисты Управления канализации могут сделать объективное заключение о техническом состоянии сети. Одним из важнейших результатов теледиагности-

ки сети является возможность оценки характера разрушения, а также вызвавших его факторов. Кроме того, имея архив видео- и фотоматериалов, можно с достаточно высокой степенью вероятности спрогнозировать возникновение аварийной ситуации на конкретном участке сети по имеющимся деструктивным признакам. Все эти данные позволяют оперативно принять решения по дальнейшей эксплуатации трубопроводов, а именно: определить первоочередные задачи по профилактике и предупреждению аварийных ситуаций. Правильная оценка состояния труб и принятые в связи с этим инженерные решения позволят обеспечить нормальную работу канализационных сетей с минимальными экономическими затратами.

17.2. Методы восстановления трубопроводов

Одним из наиболее перспективных на сегодняшний день методов восстановления самотечных и напорных трубопроводов является нанесение на их внутреннюю поверхность полимерных защитных покрытий (“полимерных рукавов”), которые позволяют значительно продлить срок службы трубопровода и должны обеспечивать требуемую несущую способность на установленный период эксплуатации. Главным преимуществом данного метода является практически полное сохранение “живого”, рабочего сечения трубопровода, что минимизирует потери пропускной способности.

Основной принцип, заложенный в основу данного метода, – это введение в старый трубопровод “полимерного рукава”, выполненного из мягкого материала, пропитанного тем или иным видом смолы, с последующим отверждением пропиточной композиции. При данной технологии практически отсутствует ограничение по диаметру санируемого трубопровода, т.е. восстанавливать можно трубопроводы диаметром от 150 до 3000 мм.

Основными этапами работы по установке “полимерного рукава” являются промывка старого трубопровода, телевизионная диагностика и собственно установка “полимерного рукава”. Промывка осуществляется давлением воды, с помощью гидродинамических машин или механическими приспособлениями. Телевизионная диагностика проводится как до, так и после санации. “Полимерный рукав” состоит из одного или нескольких слоев полиэфирного фетра, которые сшиваются в рукав и спаиваются между собой. Внутренний слой представляет собой более плотный фетр, ламинированный полиэтиленом, полипропиленом или полиуретановой композицией. При этом внутренняя поверхность приобретает водоотталкивающие свойства. Толщина “полимерного рукава” рассчитывается в соответствии с глубиной залегания трубы, степенью внешней нагрузки и технического состояния существующего трубопровода. В цифровом выражении толщина стенки “полимерного рукава” может составлять от 6 до 50 мм.

Особым преимуществом данной технологии является практически полное отсутствие земляных работ при проведении санации. Так, канализационные трубопроводы диаметром 700 мм, а при наличии квадратных люков 1000×1000 мм, 1500×1500 мм, трубопроводы диаметром более 700 мм саниру-

ются через существующие смотровые колодцы. При этом длина saniруемого трубопровода, в зависимости от диаметра, может доходить до 500 м.

“Полимерный рукав” протаскивается в предварительно очищенный трубопровод при помощи давления воздуха – это характерно для сетей небольших диаметров. Второй способ – выворот “полимерного рукава” при помощи водяного столба – используется в основном для труб большого диаметра и в случае восстановления длинных участков. В первом случае отверждение производится паром, а во втором случае осуществляется за счет прогрева воды, использованной для установки “рукава”. В целом процесс занимает не более 24 ч, включая вырезку отверстий в проходных колодцах и обрезку концов отвержденного “полимерного рукава”.

Каждый “полимерный рукав” сшивается непосредственно для восстанавливаемого участка, в связи с чем допускается его пошив с изменением или переходом диаметра.

Данный метод позволяет восстанавливать не только стандартные трубы, но и трубы с измененной окружностью сечения – так называемые яйцевидные или эллипсовидные трубы.

Санация производится без вскрытия грунта и остановки городского транспорта. Под давлением пластиковый рукав плотно прилегает к поверхности поврежденной трубы, равномерно покрывая ее высокопрочным армирующим составом. Труба становится гладкой и полностью герметичной.

В процессе эксплуатации стальных трубопроводов систем хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения их внутренние поверхности, не имеющие защитного покрытия, подвержены коррозионным разрушениям, а также обрастанию минеральными и биологическими отложениями. В результате этого трубопроводы через несколько лет работы в значительной степени снижают пропускную способность или отказывают вообще. Перекладка таких трубопроводов в условиях насыщенности инженерными коммуникациями весьма проблематична, отрицательно влияет на городскую экологическую среду и является очень дорогостоящей. Наиболее эффективным, экономичным и экологически чистым мероприятием по защите внутренних поверхностей трубопроводов является нанесение на них цементно-песчаного покрытия. Применение для этих целей технологии и оборудования германской фирмы “НИДУНГ” обеспечивает необходимую толщину защитного слоя, его равномерность, а также высокую плотность прилегания к защищаемой поверхности.

Цель нанесения покрытия

Предотвращение коррозии внутренней поверхности трубопровода.

Уменьшение утечек воды.

Предотвращение минеральных отложений и биологических обрастаний.

Увеличение пропускной способности (улучшение гидравлических характеристик) действующих трубопроводов.

Снижение потребления электроэнергии для транспортировки перекачиваемой среды.

Сохранение качества питьевой или высококачественной технологической воды.

Сохранение эксплуатационных свойств трубопровода при возникновении внешней коррозии.

Восстановление (“оздоровление”) аварийно-активных участков трубопроводов, подлежащих перекладке при традиционных методах реконструкции (слой цементно-песчаного покрытия – это новая труба в оболочке изношенной).

Увеличение срока службы труб.

Условия применения

Применяемая технология позволяет одинаково успешно производить облицовку внутренних поверхностей как действующих трубопроводов, так и вновь укладываемых труб.

Нанесение покрытия может производиться как в стационарных условиях, так и в условиях плотной городской застройки с большим насыщением инженерных коммуникаций.

Диапазон диаметров обрабатываемых труб – 100-600 мм.

Облицовка действующих трубопроводов диаметром 100-400 мм может осуществляться через существующие колодцы без вскрытия дорожного покрытия и производства земляных работ.

Для труб диаметром 500-600 мм необходима разработка технологических котлованов в начале и конце обрабатываемого участка (технологической захватки).

Технологические захватки должны быть практически прямолинейными.

Границы их определяются в местах вертикальных опусков и подъемов, при местных углах поворота более 11 градусов и в местах нарушения соосности сварки труб.

Облицовка осуществляется при положительной температуре окружающей среды.

В последние годы в практике работы Мосводоканала всё более широкое применение находят новые технологии восстановления и защиты железобетонных конструкций и трубопроводов от коррозии. В системах водопровода и канализации активнее стали применяться трубопроводы из современных материалов – стеклопластиковые, полиэтиленовые. Расширилось применение бестраншейных методов ремонта и восстановления трубопроводов технологиями цементно-песчаного покрытия, стеклопластикового рукава, пневмопробойника и других передовых технологий, их применение особенно важно в условиях Москвы с её насыщенной инфраструктурой.

Помимо уже хорошо зарекомендовавших себя технологий бестраншейного ремонта и санации, таких как “полимерный рукав” (ежегодно около 30 км) и “пневмопробойник” (около 20 км в год), находят применение новые технологии восстановления, такие как протаскивание полиэтиленовых труб большого диаметра 700-1200 мм (метод “труба в трубе”), протаскивание стеклопластиковых труб диаметром 400-1700 мм. С 2000 г. методом “труба в трубе” выполнена реконструкция более 10 км канализационных сетей, методом протаскивания стек-

лопластиковых труб – около 3,5 км канализационных сетей. Применение полиэтиленовых труб (марки ПЭ-80 Д = 1000 мм) позволило в достаточно короткие сроки выполнить реконструкцию нитки дюкера под Москва-рекой Юго-западного канала (Д = 1200 мм) путем протягивания в нем единой плети длиной 435 п.м.

В текущем году на коллекторе Д = 1000 мм опробывается технология “TROLINING” фирмы “Метапласт-С”, позволяющая создавать защитную оболочку трубопровода.

В 2005-2006 гг. выполнено восстановление участка (длиной 356 п.м.) Ново-Люберецкого коллектора диаметром 2,7 м с применением полимерных блоков фирмы “Таубер”.

При новом строительстве и выполнении перекладок существующих сетей активно применяется технология микротоннелирования. Начиная с 2000 г. принято в эксплуатацию около 8 км сетей различных диаметров, построенных с применением данной технологии. В стадии строительства находится еще более 14 км сетей различных диаметров.

При строительстве самотечных сетей с 2005 г. начали применяться ребристые полипропиленовые трубы для самотечной канализации фирмы “Роспайп”.

Ежегодно перекачивается и восстанавливается до 60 км канализационных сетей, в том числе напорных трубопроводов 6 км.

В последнее время в практике МГУП “Мосводоканал” находит применение новый метод перекачки стоков, такой как вакуумная перекачивающая установка.

17.3. Компактные и мобильные малые очистные сооружения

Автономная система канализации ТОПАС

Принцип работы аэрационной станции

Аэрационные станции глубокой биологической очистки осуществляют очистку, а не аккумуляцию (накапливание) стоков. Работа станции основана на сочетании биологической очистки с процессом мелкопузырчатой аэрации (искусственная подача воздуха) для окисления составляющих сточной воды. Процесс биологической очистки заключается в биохимическом разрушении микроорганизмами органических веществ. Сточные воды теряют склонность к загниванию, становятся прозрачными, значительно снижается бактериальное загрязнение.

Сточные воды поступают в приемную камеру, уравнивающую их поступление, здесь же производится предварительная биологическая и механическая очистка. Предварительно очищенная сточная вода равномерно закачивается эрлифтом в аэротенк, где происходит окончательное разрушение органических соединений путем окисления активным илом. Активный ил – биологически активная среда, состоящая из колоний аэробных и анаэробных бактерий, образующихся в смеси воздуха и сточной воды.

Далее смесь чистой воды и активного ила при помощи эрлифта рециркуляции направляется во вторичный отстойник (пирамиду), где в неаэрируемом

пространстве происходит отделение активного ила от чистой воды под действием гравитации. Очищенная вода самотеком удаляется через выход чистой воды. Отделенный ил оседает в нижней части вторичного отстойника и вновь попадает в аэрируемое пространство аэротенка. После нескольких циклов он направляется в стабилизатор ила с помощью эрлифта рециркуляции. Отработанный стабилизированный ил постепенно накапливается в стабилизаторе и периодически удаляется эрлифтом через шланг. Откачанный стабилизированный ил можно использовать в качестве удобрения.

Тесты по дисциплине

“Реконструкция инженерных систем и сооружений”

Водоснабжение

1. Причины, вызывающие реконструкцию наружных сетей водоснабжения:
 - а) физический износ труб;
 - б) необходимость в увеличении пропускной способности трубопроводов;
 - в) замена воды на жидкое топливо;
 - г) уменьшение глубины заложения трубопроводов.
2. Причины, вызывающие реконструкцию водозаборов подземных вод:
 - а) разрушение обсадных труб;
 - б) превращение скважин в фонтаны;
 - в) уменьшение глубины скважины;
 - г) уменьшение производительности.
3. Причины, вызывающие реконструкцию водозаборов поверхностных вод:
 - а) физический износ;
 - б) необходимость в увеличении производительности;
 - в) превращение водозабора в насосную станцию 3-го подъема;
 - г) превращение водозабора в насосную станцию 2-го подъема.
4. Причины, вызывающие реконструкцию водоочистных сооружений:
 - а) превращение в бассейны;
 - б) необходимость в увеличении производительности;
 - в) превращение в канализационные очистные;
 - г) изменение системы вентиляции.
5. Причины, вызывающие реконструкцию водопроводных насосных станций:
 - а) физический износ насосного оборудования;
 - б) необходимость в увеличении производительности;
 - в) превращение в канализационную насосную станцию;
 - г) превращение в насосную перекачки ливневых стоков.
6. Причины, вызывающие реконструкцию резервуаров запаса воды:
 - а) физический износ трубопроводной обвязки и арматуры;
 - б) изменение глубины заложения трубопроводов;
 - в) изменение химического состава воды;
 - г) изменение температуры воды.
7. Интенсификации процессов обезжелезивания:
 - а) применение биофильтров;
 - б) применение аэротенков;
 - в) использование соляной кислоты;
 - г) использование керамзита;
8. Интенсификации процессов обеззараживания воды:
 - а) использование сульфата алюминия;
 - б) использование хлорного железа;

- в) использование гипохлорита натрия;
- г) использование озона.

9. Методы интенсификации работы фильтров:

- а) замена загрузки;
- б) подача кислорода;
- в) подача флокулянтов;
- г) замена водораспределительной системы.

10. Методы интенсификации работы флотаторов:

- а) подача кислорода;
- б) добавление серной кислоты;
- в) увеличение диаметра подводящей трубы;
- г) добавление пены.

11. Методы интенсификации работы осветлителей со взвешенным осадком:

- а) установка тонкослойных модулей;
- б) понижение температуры воды;
- в) подача кислорода;
- г) продувка осветлителя один раз в полгода.

12. Какая загрузка используется в фильтрах для интенсификации обезжелезивания?

- а) марганцевый песок;
- б) пенополистирол;
- в) щебень;
- г) гравий.

13. Наиболее эффективная область применения флотационных сооружений в водоснабжении:

- а) подземные воды;
- б) поверхностные воды с цветностью до 200 градусов и взвешенными веществами до 150 мг/л;
- в) поверхностные воды с цветностью до 50 градусов и взвешенными веществами до 100 мг/л;
- г) поверхностные воды с цветностью до 300 градусов и взвешенными веществами до 200 мг/л.

14. Какой метод очистки использован в плавучем водозаборе-осветлителе?

- а) флотация;
- б) фильтрация;
- в) тонкослойные отстаивания;
- г) продувка воздухом.

15. При каких условиях не происходит осаждение водопроводного осадка в трубопроводах канализационной сети?

- а) если скорость движения сточных вод не ниже самоочищающей;
- б) если скорость движения равна 3 м/с;
- в) если в трубопровод добавляется серная кислота;
- г) если трубопровод продувается сжатым воздухом.

16. Какие новые расходомеры рекомендованы для насосных станций и наружных сетей?

- а) Вентури;
- б) комбинированные;
- в) турбинные;
- г) ультразвуковые.

17. Восстановление и ремонт подземных трубопроводов осуществляется:

- а) протяжкой пластмассовых труб;
- б) протяжкой стальных труб;
- в) протяжкой чугунных труб;
- г) протяжкой асбестоцементных труб.

18. Какие устройства могут выполнять одновременно функции рыбозащиты, мусорозащиты при реконструкции русловых оголовков?

- а) решетки;
- б) сетки;
- в) фильтрующие кассеты;
- г) тонкослойные модули.

19. Дополнительные мероприятия для целей рыбоохраны в русловых оголовках при реконструкции:

- а) подвод сжатого воздуха;
- б) подвод воды под напором;
- в) подвод озона;
- г) подвод электрического тока.

20. При уменьшении глубины в зоне затопления оголовка необходимо предусмотреть:

- а) дноуглубительные работы (ковши);
- б) перенос затопленного оголовка;
- в) замена насосов 1-го подъема на насосы с большей производительностью;
- г) снятие рыбозащитных сеток в приемном резервуаре;
- д) строительство нового затопленного оголовка на больших глубинах.

21. Для увеличения производительности поверхностного водозабора необходимо:

- а) поставить насосы большей производительности;
- б) увеличить площадь входных отверстий;
- в) заменить рыбозащитные устройства;
- г) построить дополнительный оголовок.

22. При уменьшении глубины у берегового водозабора необходимо:

- а) провести дноуглубительные работы (ковши);
- б) увеличить размеры водоприемных окон;
- в) заменить водоприемные решетки на фильтрующие кассеты;
- г) построить дополнительный затопленный оголовок с самотечными трубами.

23. При уменьшении производительности скважинного водозабора необходимо:

- а) заменить фильтр скважины;
- б) заменить скважинный насос;
- в) заменить диаметр напорного трубопровода на больший;
- г) заменить диаметр водосчетчика.

24. При реконструкции сетей городского водопровода глубиной до 3 м используются трубы:

- а) асбестоцементные;
- б) стальные;
- в) пластмассовые;
- г) медные;
- д) чугунные.

25. При реконструкции производственного здания III степени огнестойкости и объемом 4500 м^3 изменилась категория пожарной опасности “В” на “Д”. Что произойдет с противопожарным водопроводом?

- а) не было и не будет;
- б) потребуется противопожарный водопровод $d_{\text{в}} 50 \text{ мм}$ с расходом $2,5 \text{ л/с}$;
- в) потребуется противопожарный водопровод $d_{\text{в}} 65 \text{ мм}$ с расходом 5 л/с ;
- г) использовать существующий водопровод.

26. При реконструкции производственного здания II степени огнестойкости и объемом 4500 м^3 изменилась категория пожарной опасности “В” на “Г”. Что произойдет с противопожарным водопроводом?

- а) потребуется увеличение расхода и замена труб $d_{\text{в}} 65 \text{ мм}$;
- б) потребуется увеличение числа пожарных кранов;
- в) отпадет необходимость в противопожарном водопроводе;
- г) потребуется уменьшение расхода.

27. Повлияет ли на расход наружного пожаротушения реконструкция производственного здания II степени огнестойкости объемом 4000 м^3 с заменой категории “В” на “Д”?

- а) останется без изменений;
- б) увеличится на 5 л/с ;
- в) уменьшится на 5 л/с ;
- г) уменьшится на $2,5 \text{ л/с}$.

28. Изменится ли расход на наружное пожаротушение при реконструкции общественного (перепрофилированного) здания с заменой внутренних расходов при объеме 3 тыс. м^3 и числе этажей 3?

- а) увеличится на $2,5 \text{ л/с}$;
- б) не изменится;
- в) уменьшится на $2,5 \text{ л/с}$;
- г) увеличится на 5 л/с .

29. Если существующий ввод водопровода не рассчитан на увеличение пожарного расхода, то предусматривается:

- а) противопожарный насос;
- б) перекладка существующего ввода на больший диаметр;
- в) устройство второго противопожарного ввода;
- г) применение огнетушителей.

30. Если существующая магистраль внутреннего водопровода выполнена из пластмассовых труб, а при реконструкции необходимо пожаротушение, следует:

- а) заменить магистраль на стальные трубы;
- б) выполнить отдельную систему пожаротушения;

- в) оставить без изменения;
- г) изолировать водопровод асбестовыми листами.

31. Если при реконструкции наружных сетей водопровода сети канализации находятся выше на 0,5 м, следует:

- а) предусмотреть футляр на трубопроводе;
- б) предусмотреть футляр на канализации;
- в) предусмотреть футляры на обоих трубопроводах;
- г) проложить водопровод из стальных труб.

32. В каких случаях для обезжелезивания применяют систему водовоздушного фильтрования?

- а) при содержании железа до 15 мг/л;
- б) при содержании железа до 10 мг/л;
- в) при содержании железа до 5 мг/л;
- г) при содержании железа до 1 мг/л.

33. Для очистки воды от сероводорода используется:

- а) один метод;
- б) три метода;
- в) четыре метода;
- г) пять методов.

34. Для очистки воды от сероводорода можно использовать методы:

- а) химический;
- б) физико-химический;
- в) биологический;
- г) механический.

35. Какой метод отстаивания использован в установке “Струя”?

- а) флотация;
- б) тонкослойное отстаивание;
- в) преарация;
- г) биологическая коагуляция.

36. При каких показателях железа в исходной воде используется установка “Струя”?

- а) до 1 мг/л;
- б) до 10 мг/л;
- в) до 50 мг/л;
- г) до 5 мг/л.

37. Интенсификация процесса промывки фильтров повышается за счет:

- а) подачи углекислого газа;
- б) подачи воздуха;
- в) подачи озона;
- г) подачи серной кислоты.

38. Эффективность промывки фильтров обеспечивает дренаж:

- а) трубчатый;
- б) тарельчатый;
- в) пористый;
- г) щелевой.

39. Интенсификацию процесса дезодорации применяют фильтры:

- а) кварцево-известковые;
- б) угольно-песчаные;
- в) гравийно-марганцевые;
- г) щебеночно-сульфатные.

40. Где используют плавающую пенополистирольную загрузку?

- а) в отстойниках;
- б) в аэротенках;
- в) в фильтрах;
- г) в стабилизаторах.

41. Какой способ улучшает водоотдающие и седиментационные свойства сброженного осадка перед уплотнением?

- а) добавление культуры земляных червей;
- б) аэрация;
- в) фильтрация;
- г) флотация.

42. Требуется ли изменения в комплексе сооружений по механическому обезвоживанию при добавлении водопроводного осадка?

- а) не требуется;
- б) требуются новые иловые площадки;
- в) требуются резервуары-накопители;
- г) требуются новые фильтры-прессы.

43. Какое оборудование устанавливается для улавливания жиров на предприятиях мясомолочной и рыбной промышленности?

- а) импеллерные флотаторы;
- б) отстойники;
- в) фильтры;
- г) напорные флотаторы.

Водоотведение

44. Причины, вызывающие реконструкцию наружных сетей канализации:

- а) физический износ труб;
- б) необходимость в увеличении пропускной способности трубопроводов;
- в) изменение глубины заложения трубопроводов;
- г) изменение состава сточных вод.

45. Причины, вызывающие реконструкцию канализационной насосной станции:

- а) увеличение производительности;
- б) изменение эффекта очистки сточных вод;
- в) изменение вентиляционной системы;
- г) изменение системы отопления.

46. Причины, вызывающие реконструкцию канализационных очистных сооружений:

- а) необходимость в увеличении пропускной способности очистных сооружений;
- б) изменение системы отопления;
- в) изменение глубины заложения подводящего коллектора;

- г) изменение направления выпуска.
- 47. Причины, вызывающие реконструкцию выпуска канализации:
 - а) увеличение расхода;
 - б) изменение эффекта очистки;
 - в) изменение температуры стоков;
 - г) изменение глубины заложения.
- 48. Методы интенсификации процесса обеззараживания:
 - а) использование гипохлорита натрия;
 - б) использование солей марганца;
 - в) использование углекислого газа;
 - г) использование сернокислого железа.
- 49. Методы интенсификации работы отстойников:
 - а) добавление марганца;
 - б) оснащение тонкослойными модулями;
 - в) добавление коагулянтов;
 - г) добавление флокулянтов.
 - д) оснащение трубами отопления.
- 50. Интенсификация работы контактных осветлителей:
 - а) изменение гранулометрического состава загрузки;
 - б) устройство тонкослойных элементов;
 - в) подача сжатого воздуха;
 - г) добавление уксусной кислоты.
- 51. В чем принципы тонкослойного отстаивания?
 - а) малая высота осаждения;
 - б) большая скорость;
 - в) большая высота осаждения;
 - г) укрупнение хлопьев.
- 52. В чем преимущества флотатора перед отстойником?
 - а) в меньшем количестве шлама (осадка);
 - б) в меньшей энергоемкости;
 - в) в меньшем расходе коагулянтов;
 - г) в большей пропускной способности.
- 53. Как интенсифицировать работу аэротенка?
 - а) увеличить дозу активного ила в зоне аэрации;
 - б) добавить коагулянт;
 - в) добавить флокулянт;
 - г) изменить рН среды.
- 54. Как преобразовать аэротенк в биотенк?
 - а) увеличить дозу кислорода;
 - б) добавить специальную загрузку;
 - в) добавить коагулянт;
 - г) добавить флокулянт.
- 55. Как интенсифицировать работу биологических фильтров?
 - а) изменить загрузку;
 - б) изменить конструктивно диаметр фильтра;
 - в) изменить конструктивно высоту фильтра;
 - г) добавить озон.

56. Как интенсифицировать работу коридорного аэротенка?
- а) разделить коридор на камеры;
 - б) изменить высоту коридоров;
 - в) увеличить скорость втекания стоков;
 - г) увеличить количество кислорода.
57. В чем преимущества плоскостной загрузки биофильтров перед объемной?
- а) меньшая площадь биофильтров;
 - б) меньшее время очистки;
 - в) уменьшение высоты биофильтра;
 - г) изменение гидравлического режима.
58. Какое вещество используется для получения гипохлорита натрия?
- а) каустическая сода;
 - б) соляная кислота;
 - в) едкий натр;
 - г) поваренная соль.
59. Какой способ используется для получения гипохлорида натрия?
- а) химический;
 - б) физический;
 - в) электрический;
 - г) электрохимический.
60. Какие установки используются для получения гипохлорита натрия?
- а) градирни;
 - б) сатураторы;
 - в) электролизеры;
 - г) гидроциклоны.
61. В каких случаях можно использовать метод прямого электролиза?
- а) при большом содержании хлоридов в сточной жидкости;
 - б) при малом количестве хлоридов в сточной жидкости;
 - в) при отсутствии хлоридов в жидкости;
 - г) при наличии нитратов в сточной жидкости.
62. Аэробная стабилизация рекомендована при производительности:
- а) очистных до 50 тыс. м³/сут;
 - б) очистных до 70 тыс. м³/сут;
 - в) очистных до 100 тыс. м³/сут;
 - г) очистных до 150 тыс. м³/сут.
63. Интенсификация аэробной стабилизации может осуществляться:
- а) при понижении температуры активного ила до 5°C;
 - б) при повышении температуры активного ила до 5°C;
 - в) при добавлении солей железа;
 - г) при добавлении поваренной соли.
64. Для интенсификации процессов обработки осадка используется:
- а) сернокислородное железо;
 - б) известь;
 - в) аммиак;
 - г) азот.

65. Очистка концентрированных сточных вод на биофильтрах с плоскостной загрузкой целесообразна:

- а) в одну ступень;
- б) в две ступени;
- в) в четыре ступени;
- г) в пять ступеней.

66. Высокая пропускная способность биофильтров с плоскостной загрузкой связаны:

- а) с большой высотой плоскостной загрузки;
- б) формой плоскостной загрузки;
- в) малым содержанием активной биомассы на единицу объема;
- г) большим содержанием активной биомассы на единицу объема.

67. Материалы для тонкоплоскостной загрузки:

- а) стеклянные листы;
- б) кровельное железо;
- в) асбестоцементные листы;
- г) тонкая пленка из пластика;
- д) черепица.

68. Для чего необходима нейтрализация сточных вод?

- а) для повышения температуры сточной жидкости;
- б) для изменения рН сточной жидкости;
- в) для увеличения плотности активного ила;
- г) для повышения эффекта очистки.

69. Какие сооружения используются при физико-химической очистке?

- а) аэротенки;
- б) биофильтры;
- в) фильтры;
- г) отстойники.

70. Какие коагулянты используют при удалении фосфора из сточных вод?

- а) серные кислоты;
- б) сернокислое железо;
- в) органические коагулянты;
- г) соляная кислота;
- д) сернокислый алюминий.

71. При каких условиях используется флотационный илоотделитель в аэротенках?

- а) при очистке бытовых сточных вод с БПК_{полн} до 300 мг/л;
- б) при очистке бытовых сточных вод с БПК_{полн} до 250 мг/л;
- в) при очистке бытовых сточных вод с БПК_{полн} до 400 мг/л;
- г) при очистке бытовых сточных вод с БПК_{полн} более 400 мг/л.

72. Какие сооружения можно использовать взамен вторичных отстойников для бытовых стоков?

- а) аэротенки 2-й ступени;
- б) гидроциклоны;
- в) биофильтры;
- г) одноступенчатые флотаторы.

73. Для каких сточных вод целесообразно использовать окситенки?
- а) для ливневых;
 - б) для бытовых;
 - в) для производственных в пищевой промышленности;
 - г) для производственных в химической промышленности.
74. Метод флотационной биокоагуляции используется при реконструкции:
- а) фильтров;
 - б) аэротенков;
 - в) песколовок;
 - г) вторичных отстойников;
 - д) первичных отстойников.
75. Интенсифицировать работу гидроциклонов можно за счет:
- а) подачи кислорода;
 - б) добавления коагулянтов;
 - в) добавления извести;
 - г) устройства тонкослойных модулей.
76. Преаэрация позволяет интенсифицировать работу сооружений:
- а) биологической очистки;
 - б) физико-химической очистки;
 - в) полной биологической очистки;
 - г) механической очистки.
77. В качестве загрузки для биотенка используются:
- а) стекловолокно;
 - б) керамзит;
 - в) глина;
 - г) кровельное железо;
 - д) песок.
78. Какая очистка сточных вод целесообразна при неравномерном поступлении стоков?
- а) биологическая;
 - б) механическая;
 - в) физико-химическая;
 - г) биохимическая.
79. Для глубокой очистки сточных вод рекомендованы:
- а) отстойники;
 - б) аэротенки;
 - в) биосорберы;
 - г) камеры смешивания;
 - д) фильтры.
80. Электрохимическая очистка сточных вод используется:
- а) для бытовых сточных вод;
 - б) для ливневых стоков;
 - в) для производственных стоков химической и металлургической промышленности;
 - г) для производственных стоков деревообрабатывающей промышленности.

81. Какое очистное сооружение необходимо добавить при неравномерной подаче стоков?

- а) отстойник первичный 2-й ступени;
- б) отстойник-усреднитель;
- в) отстойник вторичный 2-й ступени;
- г) аэротенк-отстойник.

82. При интенсификации работы первичных отстойников можно использовать:

- а) модификацию водораспределительных и водосборных устройств;
- б) тонкослойные модули;
- в) коагулянты и флокулянты;
- г) добавление хлора.

83. Какие преимущества при реконструкции дает замена вторичного отстойника на флотационный илоотделитель?

- а) повышение пропускной способности;
- б) улучшение качества очистки;
- в) уменьшение высоты сооружения;
- г) увеличение активного ила.

84. При реконструкции аэротенков используются различные загрузочные материалы с целью:

- а) увеличить в зоне аэрации биомассу;
- б) увеличить скорость движения стоков;
- в) уменьшить скорость движения стоков;
- г) изменить высоту рабочей зоны.

85. Для каких сточных вод рекомендуется использовать аэротенки с носителями биоценозов?

- а) щелочных;
- б) кислых;
- в) с низким содержанием органических веществ;
- г) с высоким содержанием органических веществ.

86. При реконструкции биофильтров эффект очистки увеличивается за счет:

- а) новой обвязки трубопроводов;
- б) новой высоты биофильтра;
- в) новой загрузки;
- г) новой вентиляционной системы.

87. Если показатели загрязнений сточных вод от промпредприятий выше нормативных в городской сети, необходимо:

- а) увеличить диаметры городской сети;
- б) увеличить диаметры сетей промпредприятий;
- в) построить локальные очистные;
- г) смешивать стоки промпредприятия с ливневыми.

88. Малые очистные сооружения канализации применяют при производительности:

- а) более 20 тыс. м³/сут;
- б) более 20 тыс. м³/сут;

- в) от 1 м³/сут до 1000 м³/сут;
- г) от 1500 м³/сут до 5000 м³/сут.

89. В локальных очистных для очистки нефтесодержащих вод используются сооружения:

- а) биологической очистки;
- б) механической очистки;
- в) биохимической очистки;
- г) химической очистки.

90. При реконструкции здания можно ли подключить новые санитарные приборы в подвале к существующему выпуску?

- а) нельзя;
- б) можно перед существующим стояком выше по течению воды;
- в) можно перед существующим стояком ниже по течению воды;
- г) можно перед существующим стояком выше по течению воды с устройством электродвигателя.

91. Возможно ли подключение санитарных приборов в подвале при реконструкции к вышерасположенной дворовой сети?

- а) да, если использовать современные подкачивающие насосы типа SOLOLIFT;
- б) невозможно;
- в) возможно, если проложить участок наружной сети на большей глубине;
- г) да, если на выпуске установить колодец с погружным насосом.

92. При реконструкции наружных сетей канализации снизить количество жиров на выпусках от предприятий общественного питания возможно:

- а) установкой фильтров;
- б) установкой на выпусках колодцев-жироуловителей;
- в) установкой накопительных емкостей в здании;
- г) невозможно.

93. Отстойники системы И.В. Скирдова эффективно работают для интенсификации процесса при условиях отстаивания:

- а) при расходе до 50 тыс. м³/сут и взвешенных веществах до 200 мг/л;
- б) при расходе до 20 тыс. м³/сут и взвешенных веществах до 250 мг/л;
- в) при производительности свыше 50 тыс. м³/сут и взвешенных веществах до 500 мг/л;
- г) при производительности свыше 300 тыс. м³/сут и взвешенных веществах до 500 мг/л.

94. Преаэраторы работают эффективнее для интенсификации процесса отстаивания при условиях:

- а) производительность до 50 тыс. м³/сут и взвешенные вещества до 250 мг/л;
- б) производительность до 100 тыс. м³/сут и взвешенные вещества до 150 мг/л;
- в) производительность более 100 тыс. м³/сут и взвешенные вещества свыше 300 мг/л;
- г) производительность более 300 тыс. м³/сут и взвешенные вещества до 300 мг/л.

95. Тонкослойное отстаивание дает больший эффект при условиях:

- а) производительность более 300 тыс. м³/сут и взвешенные вещества до 150 мг/л;

б) производительность до 500 тыс. м³/сут и взвешенные вещества до 100 мг/л;
в) производительность до 100 тыс. м³/сут и взвешенные вещества до 300 мг/л;
г) производительность свыше 500 тыс. м³/сут и взвешенные вещества до 150 мг/л.

96. Тонкослойное отстаивание не используется при реконструкции:

- а) горизонтальных отстойников;
- б) радиальных отстойников;
- в) вертикальных отстойников;
- г) биофильтров;
- д) аэротенков.

97. Фильтротенки, вибротенки, рототенки и турботенки применяются для интенсификации:

- а) механической очистки;
- б) физико-химической очистки;
- в) биологической очистки;
- г) доочистки.

98. Флототенки применяются для интенсификации биологической очистки:

- а) высококонцентрированных производственных сточных вод;
- б) низкоконцентрированных производственных сточных вод;
- в) низкоконцентрированных бытовых сточных вод;
- г) высококонцентрированных бытовых сточных вод.

99. Флотационные илоотделители применяют для интенсификации процесса:

- а) механического обезвоживания;
- б) биологической очистки;
- в) уплотнения избыточного ила;
- г) флотации.

100. Для интенсификации процесса очистки используются инертные носители биомассы, вносимые:

- а) в первичные отстойники;
- б) аэротенки;
- в) песколовки;
- г) илоуплотнители.

Литература

1. СНиП 2.04.02-84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.
2. СНиП 2.04.03.-85 Канализация. Наружные сети и сооружения / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1986. – 72 с.
3. Реконструкция и интенсификация работы канализационных очистных сооружений / Ю.В. Воронов, В.П. Саломеев и др.; под ред. С.В. Яковлева. – М.: Стройиздат, 1990. – 224 с.
4. Орлов В.О., Шевчук Б.И. Интенсификация работы водоочистных сооружений. – Киев: Будивэльник, 1989. – 128 с.
5. Проектирование сооружений для очистки сточных вод / Всесоюз. комплекс. н.-и. и конструктор.-технолог. ин-т водоснабжения, канализации, гидротехн. сооружений и инж. гидрогеологии. – М.: Стройиздат, 1990. – 192 с. (Справ. пособие к СНиП.)
6. Водоснабжение и санитарная техника (“ВСТ”-журналы). – М.: Стройиздат, 1990-2004 гг.
7. Пособие по проектированию сооружений для очистки и подготовки воды (к СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения) / НИИ КВОВ АКХ им. К.Д. Памфилова. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 128 с.
8. Водоотводящие системы промышленных предприятий: учебник для вузов / С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов; Под ред. С.В. Яковлева. – М.: Стройиздат, 1990. – 511 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Рабочая учебная программа	3
Методические указания по выполнению самостоятельной работы для студентов специальности 270112 “Водоснабжение и водоотведение”	12
Методические указания к практическим занятиям.....	53
Конспект лекций	74
Раздел 1. Водоснабжение.....	74
Тема 1. Водопроводные сети	74
Тема 2. Водозаборные сооружения.....	83
Тема 3. Насосные станции	91
Тема 4. Очистные сооружения	96
Тема 5. Сооружения механической очистки.....	101
Тема 6. Сооружения физико-химической очистки.....	135
Тема 7. Сооружения для обеззараживания воды.....	145
Тема 8. Внутренний водопровод	148
Раздел 2. Водоотведение.....	150
Тема 9. Водоотводящие сети	150
Тема 10. Канализационные насосные станции	158
Тема 11. Особенности проектирования реконструкции дождевой сети.....	163
Тема 12. Станции очистки сточных вод	171
Тема 13. Механическая очистка сточных вод.....	184
Тема 14. Биологическая очистка сточных вод.....	195
Тема 15. Методы реконструкции сооружений доочистки. Глубокая очистка сточных вод	210
Тема 16. Обработка, обезвреживание и использование осадков	224
Тема 17. Наружная канализация	235
Тесты по дисциплине “Реконструкция инженерных систем и сооружений”	241
Литература	254

Учебное издание

**Реконструкция
инженерных систем и сооружений**

Учебно-методический комплекс

Малинина Елена Михайловна
Попова Татьяна Юрьевна

Редактор О.Г. Капустина
Электронная верстка Л.С. Виляевой

Подписано в печать 24.12.07. Формат 60×84/16

Гарнитура Times New Roman

Усл. печ. л. 16,0. Уч.-изд. л. 14,9. Тираж 100 экз. Заказ 5209

Издательство ДВГТУ. 690950, г. Владивосток, ул. Пушкинская, 10
КГУП “Типография № 1”. 690017, г. Владивосток, ул. Коммунаров, 21