



Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
ГОУ ВПО «Дальневосточный государственный
университет путей сообщения»



Кафедра «Гидравлика и водоснабжение»

Г.И. Воловник, Л.Д. Терехов, Г.П. Чайковский, Е.В. Сошников

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОММУНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Рекомендовано
Методическим советом ДВГУПС
в качестве учебного пособия

В двух частях

Часть 2

Хабаровск
Издательство ДВГУПС
2008

УДК 628(075.8)
ББК Н761я73
Т 382

*Учебное пособие разработано в рамках
инновационно-образовательной программы «Инновационный научно-
образовательный комплекс на Дальнем Востоке России».*

Рецензенты:

Кандидат технических наук, доцент, директор Дальневосточного
предприятия «Росводоканал», почетный строитель РФ
А.Д. Лerner

Кафедра «Гидравлика, водоснабжение и водоотведение»
Тихоокеанского государственного университета
(заведующий кафедрой доктор технических наук,
профессор *М.Н. Шевцов*)

Авторы:

Г.И. Воловник, Л.Д. Терехов, Г.П. Чайковский, Е.В. Сошников

Т 382 Техническая эксплуатация коммунальных систем водоснабжения и водоотведения : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 2. / Г.И. Воловник [и др.]. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2008. – 220 с.

Учебное пособие соответствует ГОС ВПО направления подготовки дипломированных специалистов 270100 «Строительство» специальности 270112 «Водоснабжение и водоотведение» по дисциплине «Эксплуатация систем водоснабжения и водоотведения».

Во второй части пособия содержатся современные требования, предъявляемые к городским очистным сооружениям водопровода и канализации, правила выполнения эксплуатационных работ, возникающие при этом трудности и пути их преодоления, обоснование методов оптимизации эксплуатационного процесса, его анализ на основе комплексной оценки качества эксплуатации. Рассмотрена специфика эксплуатации городских водопроводов в чрезвычайных условиях.

Предназначено для студентов старших курсов, а также может представлять интерес для бакалавров, магистров и других инженерно-технических работников, занимающихся вопросами эксплуатации систем коммунального водоснабжения и водоотведения.

УДК 628(075.8)
ББК Н761я73

© ГОУ ВПО «Дальневосточный государственный
университет путей сообщения» (ДВГУПС), 2008

ВВЕДЕНИЕ

Водопроводные и канализационные очистные сооружения являются производствами с законченным циклом, функции которых заключаются в улучшении качества исходной воды (природной или сточной) до нормируемых значений и в подготовке образующихся осадков для последующего использования, ликвидации или депонирования (хранения).

Технология очистки корректируется в зависимости от изменений качества исходной воды в течение года.

Новые или реконструированные очистные сооружения вводятся в эксплуатацию только после выполнения пусконаладочных работ, цель которых состоит в доведении станции до работоспособного состояния, т. е. такого, при которых она способна выполнять свои функции в полном соответствии с нормативными требованиями.

На предприятиях создаются и действуют системы производственного контроля и диагностики технического состояния сооружений и оборудования. Производственный контроль позволяет получить оперативную информацию о том, что все сооружения станции работают в заданном режиме и обеспечивают требуемое улучшение качества воды. С этой целью производится регулярная проверка характерных показателей качества воды на выходе после каждого сооружения в технологической схеме. Количество таких показателей принимается минимально необходимым для заключения о результатах очистки в данном сооружении. Часть показателей определяется инструментально или визуально, некоторые путем отбора проб и анализа. По специальному графику проверяется эффективность принятого технологического режима. Аттестованные производственные лаборатории станций устанавливают соответствие качества очищенной воды нормативному.

Крупные станции очистки, особенно при большой удаленности от селитебных территорий, имеют самодостаточные структуры. Помимо подразделений, непосредственно занятых в производственных процессах, создаются дополнительные подразделения, способствующие улучшению процесса управления и организации эксплуатацией: ремонтные, энергетики, контрольно-измерительных приборов (КИП) и автоматизации, административные, финансовые и хозяйственные отделы, лаборатория. На станциях часто применяется диспетчерское управление.

Штаты производственных цехов и участков включают операторов разных профилей и инженерно-административных работников.

Технологический режим очистки устанавливается, контролируется и корректируется группой технологов.

6. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОПРОВОДНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ (ВОДОПРОВОДНЫХ СТАНЦИЙ)

6.1. Общие сведения

В курсе рассматривается техническая эксплуатация водопроводных станций для очистки питьевой воды из поверхностных источников второго класса. В этом случае предусматривается только осветление, обесцвечивание, дезодорирование, устранение привкуса и дезинфекция воды. Нормы качества очищенной воды устанавливаются согласно СанПиН [40].

На станции производится двухступенчатая очистка с применением на первой ступени отстойников или осветлителей со взвешенным осадком, а на второй – фильтрование на скрых фильтрах. Технологический процесс предусматривает коагуляцию исходной воды и использование реагентов для разрушения органики и обеззараживания.

В состав водопроводной станции входят следующие производственные участки и цехи: реагентное и хлорное хозяйство, блок отстойников или осветлителей со взвешенным осадком, блок фильтров, блок оборота промывной воды, песковое хозяйство, резервуары чистой воды (РЧВ). Кроме того, на производственной территории находятся ремонтные мастерские, административные здания, производственная лаборатория, насосная станция второго подъема.

Территория водопроводной станции находится в пределах зоны строгого режима санитарной охраны, ограждается и охраняется.

6.1.1. Пуск водопроводной станции в эксплуатацию

В соответствии с ПТЭ-2000 перед пуском в эксплуатацию вновь построенных или реконструированных станций во время пусконаладочных работ производится подготовка персонала, укомплектование и аккредитация производственных лабораторий, создание запасов реагентов, материалов, оборудования, обеспечение рабочих мест необходимой документацией.

Пуску станции в постоянную эксплуатацию предшествуют периоды пробной и временной эксплуатации. На этапе пробной эксплуатации проверяется работоспособность всех элементов станции в проектном режиме. Продолжительность периода ограничивается временем достижения нормативного качества очищенной воды.

Продолжительность второго периода (временная эксплуатация) составляет не менее года. В течение временной эксплуатации сооружения проверяются при расчетной производительности и при форсированном режиме; отрабатывается технология очистки для всех характерных изме-

нениях качества воды в источнике за годовой период, выявляются и устраняются скрытые недостатки проекта и строительно-монтажных работ.

При временной эксплуатации осуществляется нормальное водоснабжение всех потребителей, причем питьевая вода направляется в сеть не ранее, чем через сутки с момента, когда уже существует полная уверенность в достаточном качестве очистки.

В постоянную эксплуатацию водопроводная станция принимается приемочной комиссией, в условиях устойчивого и эффективного функционирования. Если потребность абонентов в воде оказывается меньше расчетной, допускается посекционная наладка и пуск в эксплуатацию очистных сооружений, а нагрузка на секции принимается проектной.

6.1.2. Производственный и технологический контроль работы водопроводной станции

Производственный контроль осуществляется в соответствии с регламентом водопроводной станции.

Производственный контроль включает контроль как качества воды, так и технологических параметров.

Контроль качества предусматривает мониторинг показателей в полне характеризующих эффективность очистки воды на отдельных этапах водоподготовки. Систематический анализ результатов контроля качества позволяет своевременно выявить и устранить недостатки и нарушения в технологии очистки.

Места отбора проб для анализов и частота отбора указываются в [5]. Результаты выходного анализа (после РЧВ) должны свидетельствовать о соответствии очищенной воды требованиям [1].

Конкретное расположение точек отбора проб обосновывается требованиями о максимальной информативности результатов анализов. Анализы проводятся по методикам, указанным в соответствующей нормативной литературе.

В систему контроля технологических параметров входят инструментальные измерения расходов и уровней воды, давлений и расходов сжатого воздуха, затрат электроэнергии и других. Значения измеряемых параметров должны соответствовать производственным характеристикам очистных сооружений, трубопроводов, механического и энергетического оборудования.

Технологический контроль осуществляется с использованием средств измерений на основе методик и определений, регламентируемых стандартами.

В регламенте указывается периодичность проведения замеров и их точность. В [5] указывается, что «... все контрольное измерительное и ис-

пытательное оборудование (приборы) следует использовать таким образом, чтобы была уверенность в том, что погрешность измерения известна и адекватна назначению требуемых измерений».

Результаты контроля должны объективно оцениваться технологом, поскольку указывают на эффективность принятого технологического режима.

На этих результатах базируются изменения режимов, приуроченные к смене водных сезонов, т. е. периодов со стабильным качеством воды в водном источнике.

6.1.3. Штаты водопроводной станции

Очистные сооружения работают равномерно круглосуточно. Сменный персонал (операторы) обслуживают производственные установки в соответствии с технологическими картами и производственными инструкциями под наблюдением мастеров участков. Отдельные участки и цехи возглавляются начальниками, несущими ответственность за техническое состояние объектов, качество технологического процесса и поддержание заданного режима работы, за правильность выполнения персоналом своих обязанностей. Начальники составляют ежемесячные отчеты о работе объекта и совместно со сменными инженерами анализируют результат эксплуатации, дают оценку качеству эксплуатационного процесса, разрабатывают мероприятия по его совершенствованию.

Технолог водопроводной станции ответственен за эффективность процесса очистки. Он обязан в максимальной степени использовать производственные возможности станции для улучшения и удешевления очистки, выбирать наиболее эффективные реагенты, оптимизировать условия прохождения технологических операций, следить за правильным содержанием и использованием сооружений.

6.1.4. Краткие сведения о реагентной обработке воды

Двухступенчатая схема очистки питьевой воды применяется в случаях, когда можно ограничиться осветлением, обесцвечиванием и дезинфекцией. На первой ступени производится частичная очистка, на второй – фильтрование (доведение качества воды до нормируемого).

В процессе очистки вода обрабатывается реагентами: коагулянтами, предназначенными для дестабилизации коллоидов с последующим хлопьеобразованием, флокулянтами, способствующими хлопьеобразованию и улучшению седиментационных свойств грубодисперсных примесей, окислителями, обеспечивающими разрушение устойчивых (главным образом растворенных и коллоидальных) примесей, дезинфекцию. Для создания благоприятных условий коагуляции в воду иногда вводятся щелочные

реагенты и корректируются pH. При эпизодическом загрязнении воды источника водоснабжения растворенными углеводородами и другими примесями, находящимися в молекулярном состоянии, может применяться углевание.

Сущность процессов реагентной обработки воды излагается в курсе «Теоретические основы очистки воды» [4, 5].

Места ввода реагентов в обрабатываемый водный поток указаны на принципиальной схеме (рис. 6.1).

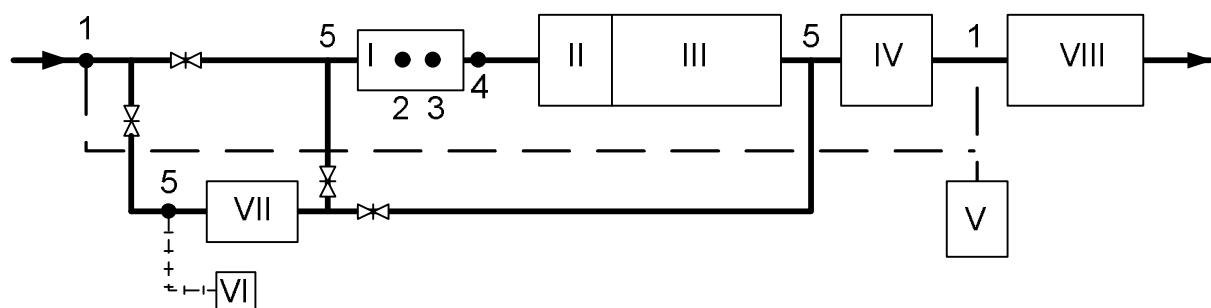


Рис. 6.1. Место ввода реагентов: I – смеситель; II – камера хлопьеобразования; III – отстойник; IV – фильтр; V – хлораторная; VI – установка для приготовления угольной пульпы; VII – камера реакции; VIII – резервуар чистой воды; точки ввода: 1 – хлора; 2 – щелочи; 3 – коагулянта кислого; 4 – флокулянта; 5 – угольной пульпы

Предварительное хлорирование (прехлорирование) и обработка перманганатом калия применяются при необходимости устранения запахов и привкусов в исходной воде и при ее повышенной окисляемости, что указывает на высокое содержание органических молекулярных загрязнений. В зависимости от конкретных условий может проводиться только прехлорирование или только ввод перманганата калия, либо такая обработка вообще оказывается излишней.

Перманганат калия вводится до или после хлора. В первом случае разрушаются примеси, вступающие в реакцию с хлором и образующие хлорпроизводные с резким запахом, во втором – разлагаются эти хлорпроизводные [47].

Суспензия порошкообразного активированного угля (ПАУ) вводится через 5–10 мин после предварительной обработки воды окислителями и за 15–20 мин до начала коагулирования. Эти интервалы времени, скорректированные в реальных условиях, необходимо соблюдать для завершения окисления и адсорбции как продуктов окисления, так и исходных молекулярных примесей. Для обеспечения необходимой продолжительности контакта угля с водными загрязнениями предусматривается камера реакции соответствующей вместимости (рис. 6.1).

Вариант ввода адсорбента перед фильтрами применим в случаях, когда доза ПАУ не превышает 5–10 мг/л.

Растворы коагулянтов вводятся в непосредственной близости от сооружений первой ступени очистки, отстойников или осветлителей со взвешенным осадком. Если применяются коагулянты, гидролиз которых затруднен из-за недостаточной буферности воды, возникает необходимость в подщелачивании. Щелочные реагенты вводят до или одновременно с коагулянтом.

Флокулянты должны поступать в поток к моменту, когда уже произошла коагуляция коллоидальных загрязнений и начинается хлопьеобразование, т. е. через 60–250 секунд после ввода коагулянта. По данным [7] эти интервалы могут быть другими (до 600 секунд).

Постхлорирование, необходимое для обеззараживания воды, производится перед РЧВ. Иногда хлорирование сочетается с аммонизацией для пролонгирования (продления действия) дезинфектора. Ввод аммиака осуществляется одновременно, до или после ввода хлора.

Оптимизация режима реагентной обработки воды основывается на тестировании исходной воды данного качества с целью выяснения ее способности к коагуляционно-флокуляционной обработке.

Методика тестирования изложена в [9] и позволяет оптимизировать значения параметров процесса, а также обоснованно выбрать виды реагентов, их дозы и интервал времени между моментом завершения первого этапа коагуляции (образования зародышей гидроксидов металлов) и вводом флокулянта.

6.2. Реагентное хозяйство

6.2.1. Назначение реагентного хозяйства

Реагентное хозяйство предназначено для приема, учета и складирования реагентов, для их подготовки к удобному для дозирования состоянию.

В хранилищах реагентного хозяйства находится запас реагентов, рассчитанный на 15–30 суточный расход. В том случае, если имеется кустовой склад реагентов, на расходных складах реагентного цеха хранится только оперативный запас реагентов (на 5–10 суток).

При поступлении очередных партий реагентов проверяется наличие сертификатов качества и соответствия поставленного продукта требованиям стандарта. Партия в обязательном порядке подвергается контрольной проверке на содержание в продукте активной части реагента и примесей [36].

Условия приема, хранения и расходования реагентов определяются их физико-химическими свойствами и условиями поставки (в затаренном состоянии или навалом).

Виды используемых реагентов и их расход определяются технологом в зависимости от качества воды в источнике и от изменения этого качества в течение года.

В соответствии с такими изменениями и на основании наблюдений, выполнявшихся в течение ряда лет, представляется возможным выделить в пределах года несколько «водных сезонов».

Технолог назначает виды реагентов, которые целесообразнее использовать в тот или иной водный сезон. Так, например, оксихлорид алюминия (ОХА) особенно эффективен при обработке холодной маломутной воды с ограниченным щелочным резервом. В теплое время года и при повышенной мутности источника ОХА не имеет ощутимых преимуществ перед сульфатом алюминия и в то же время значительно превосходит его по стоимости. Может оказаться, что часть года целесообразно применять ОХА, а часть – сернокислый алюминий.

Смешанные алюможелезные коагулянты, приготовляемые из растворов сульфата алюминия и хлорного железа в пропорции (по массе) 1:1 или 1:2, вполне эффективны при очистке воды с низкой температурой и с малым щелочным резервом.

При технико-экономическом анализе не только учитывают технологическую эффективность того или иного альтернативного реагента, но условия его хранения, приготовления растворов, стоимости продукта и его дозы. Аналогичен подход к выбору и других реагентов: флокулянтов, щелочных продуктов и т. д.

Выбор оптимального состава реагентов для основных (по продолжительности) водных сезонов является сложной и очень важной задачей, стоящей перед технологами и производственной лабораторией водопроводной станции.

В табл. 6.1 приведены некоторые характеристики основных реагентов, используемых для очистки воды.

Таблица 6.1

Некоторые реагенты, применяемые для водоподготовки

| Реагент | Химическая формула | Вид и форма поставки | Объемная масса, т/м ³ | Содержание активного вещества, % |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| <i>Коагулянт</i> | | | | |
| Алюминий сернокислый очищенный (технический) | $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl} \times 18\text{H}_2\text{O}$ | Гранулы, пластинки, куски серовато-белого цвета, в мешках, навалом, раствор 25% | 1,1–1,4 | (по Al_2O_3) 1 сорт – 16 2 сорт – 15 |
| Оксихлорид алюминия (ОХА) | $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$ | Зеленоватые кристаллы, в мешках раствор | 1–1,1 | (по Al_2O_3) 40–44 35 |
| Алюминат натрия | NaAlO_2 | Куски белого | 1,2–1,8 | (по Al_2O_3) |

| | | | | |
|----------------|-------------------|--------------------------------------------|-----|----------------------------|
| | | цвета, в мешках | | 50–55 |
| Хлорное железо | FeCl ₃ | Кристаллы фиолетовые, в стальных барабанах | 1,5 | 1 сорт – 97 2 сорт – 95 |

Продолжение табл. 6.1

| Реагент | Химическая формула | Вид и форма поставки | Объемная масса, т/м ³ | Содержание активного вещества, % |
|---------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Флокулянты | | | | |
| Полиакриламид (ПАА) | | Бесцветный гель, в бочках, порошок, в мешках, упакованных в ящик | | 7–10 6,5–7 48 |
| Праестол | | Белый порошок в мешках | 1 | |
| Активная кремнекислота (АК) | Na ₂ SiO ₃ | Раствор готовится на месте | | |
| ВА-2 (катионный) | | В бочке в виде порошка, растворов, тесто | | 7–15 50–67 |
| Щелочные реагенты | | | | |
| Известь | CaO Ca(OH) ₂ | Негашеная, гашеная (пушенка) | 1 | (по CaO) 70–90 60–67 |
| Кальцинированная сода | Na ₂ CO ₃ | Белый порошок в мешках | 1 | 91–99 |
| Едкий натр (каустическая сода) | NaOH | Белые кристаллы, в стальных бочках | 1 | 94–98,5 |
| Кислоты | | | | |
| Серная техническая | H ₂ SO ₄ | Маслянистая жидкость (бутыли, цистерны) | 1,83 | 92–94,5 |
| Соляная техническая | HCl | Желтоватая жидкость (бутыли, цистерны) | 1,15–1,17 | 31–38 |
| Дезинфицирующие реагенты | | | | |
| Жидкий хлор | Cl ₂ | Янтарная жидкость в баллонах, контейнерах | 1,43 | 99,6 |
| Хлорная известь | CaCl ₂ O | Белый порошок в бочках | 1,5 | (по активному хлору) 32–35 |
| Гипохлорит кальция | Ca(ClO) ₂ | Белый порошок в металлических барабанах | 1,3 | (по активному хлору) 39–52 |
| Гипохлорит натрия | NaClO | Зеленовато-желтая жидкость | 1,2 | (по активному хлору) 10–18,5 |
| Калий марганцево-кислый (перманганат) | KMnO ₄ | Темно-фиолетовые кристаллы | 1 | 98–99 |

| | | | | |
|---------------|-----------------|-----------------------------------------|--|-----------|
| калия) | | | | |
| Аммиак жидкий | NH ₃ | Прозрачная жидкость в стальных баллонах | | 99,9–99,6 |

Окончание табл. 6.1

| Реагент | Химическая формула | Вид и форма поставки | Объемная масса, т/м ³ | Содержание активного вещества, % |
|----------------------------|--------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| <i>Сорбенты</i> | | | | |
| Активированный уголь (ПАУ) | – | Порошки (в бумажных мешках) | 38–45 | – |

Производственные операции, выполняемые персоналом реагентного цеха, включают: разгрузку; складирование и хранение реагентов, приготовление технологических растворов и ввод их в обрабатываемую воду, техническое обслуживание оборудования; трубопроводов и дозирующих устройств, а также систем безопасности, средств контроля и автоматизации.

В цехе ведется учет реагентов и контроль за их расходованием, готовятся заявки на получение реагентов.

6.2.2. Хранение реагентов и их подготовка к использованию

Условия хранения реагентов должны обеспечивать сохранность их свойств. Склады располагаются вблизи помещений для подготовки реагентов к использованию.

Складские помещения оборудуются необходимыми грузоподъемными устройствами, системами освещения и приточно-вытяжной вентиляцией. Кислоты и активный уголь хранятся в изолированных помещениях, оборудованных средствами контроля и защиты (аварийная вентиляция, пожарный водопровод, газоанализаторы).

Сухое хранение коагулянтов и других реагентов осуществляется в закрытых, хорошо вентилируемых помещениях. Реагенты, поступающие в заводской упаковке, складируются согласно следующим рекомендациям: для хлорного железа в барабанах и для геля ПАА в бочках при высоте укладки 2,5 м; для кальцинированной соды и железного купороса в бочках – до 3,5 м.

Для хранения навалом сернокислого алюминия высота штабеля принимается 1,5 м, а негашеной извести – до 2 м.

Полиакриламид должен храниться в отапливаемых помещениях при температуре не более + 25 °С. Во избежания утечек геля бочки с 8 % ПАА размещаются в вертикальном положении, загрузочным люком вверх. При хранении вскрытых или поврежденных бочек продукт заливается водой.

Мешки с ПАА укладываются штабелями высотой до 2,5 м, бутыли с кислотами устанавливаются в специальные гнезда.

Реагенты размещаются отдельными партиями, что позволяет осуществлять их расходование по мере поступления и без излишне длительного хранения. Это особенно важно для продуктов, поступающих навалом. Кусковой сульфат алюминия постепенно слипается в глыбы, а негашеная известь CaO в течение 3–4 недель превращается в мел CaCO₃, так как поглощает из воздуха углекислый газ.

Размещение реагентов должно быть таким, чтобы создать благоприятные условия для укладки и для отбора упаковок или насыпных продуктов при их расходовании.

На складах выделяются места для накопления порожней тары.

Сухое хранение неудобно для пылящих и слеживающихся реагентов (коагулянтов, извести) и уступает мокрому способу хранения, особенно для станций большой и средней производительности.

Мокрое хранение сульфата алюминия осуществляется в баках-хранилищах, количество которых должно быть не менее трех. Их суммарный объем обычно принимают равным 15–30 суточному расходу реагента.

Растворение кускового сернокислого алюминия производится в растворных баках, а затем раствор крепостью 10–20 % и более (считая по безводному продукту) перекачивается или перетекает самотеком в баки хранилища, где хранится без расслаивания до 30 суток и более. Крепость раствора контролируется по плотности (ареометром) или титрованием. Во избежание расслоения крепких растворов сернокислого алюминия (свыше 40–45 %), а также, если растворение реагента происходит непосредственно в баках-хранилищах, ведется барботирование сжатым воздухом.

Для интенсификации процесса растворения производится перемешивание коагулянта и воды воздухом с интенсивностью 8–10 л/(м²/с), механическими мешалками или насосами. Полный цикл приготовления раствора коагулянта при температуре до 10 °C принимается 10–12 часов. Ускорить процесс растворения можно, повысив температуру воды до 40 °C.

Технология приготовления известкового молока зависит от вида поставляемой извести. Комовую известь дробят и гасят в известгасилках. Известковое молоко концентрацией 15 % перетекает в промежуточную емкость – мешалку, где оно разбавляется до рабочей концентрации (рис. 6.2). Для очистки известкового молока от посторонних примесей (пустая порода, непрогашенные частицы) иногда используются гидроциклоны.

Промежуточные емкости (в количестве не менее двух) выполняют роль расходных баков и оборудуются устройствами для перемешивания насосом или лопастными мешалками. Перемешивание сжатым воздухом нельзя рекомендовать, так как это приводит к образованию углекислого кальция, то

есть к потерям части реагентов и к засорению дозаторов. Перемешивание препятствует расслоению известкового молока и обеспечивает постоянство его концентрации. Затем известковое молоко разбавляется до рабочей концентрации и дозируется в обрабатываемую воду дозаторами супензий.

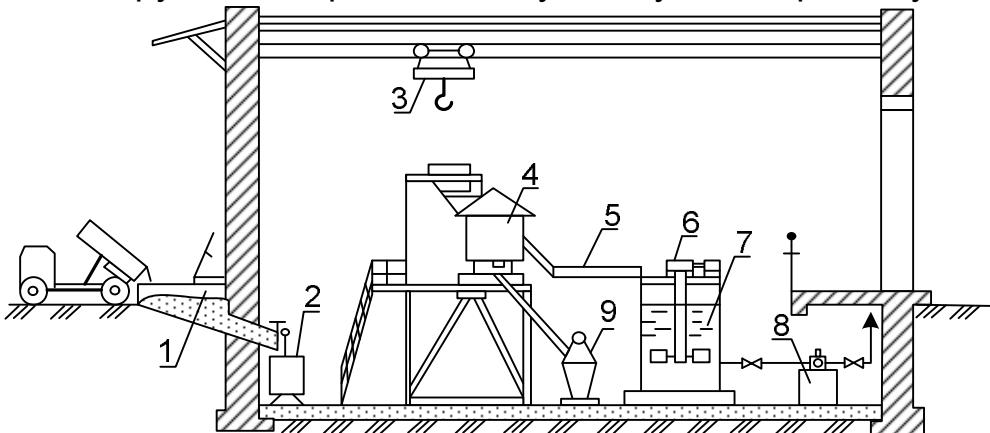


Рис. 6.2. Известковое хозяйство при сухом хранении извести [3]:
1 – бункер; 2 – контейнер; 3 – таль с электроприводом; 4 – известегасилка; 5 – сливной желоб; 6, 7 – пропеллерная мешалка и бак для известкового молока; 8 – насос-дозатор; 9 – бак для отходов

Если известь поставляется в виде молока 30 %-й крепости, ее хранят в баках-хранилищах с системой механического перемешивания.

Известковое тесто 50 %-й концентрации, поставляемое в контейнерах, загружают в баки приготовления известкового молока 30 %-й крепости, которое затем перекачивается в баки-хранилища.

На станциях небольшой производительности очищенный известковый раствор готовится в сатураторах двойного насыщения [44].

При мокром способе хранения товарная известь доставляется автотранспортом и выгружается в емкости мокрого хранения известкового теста, рассчитанные на 2–3 недельный расход реагента.

Емкости заполняются водой для частичного гашения извести. По мере необходимости полученное тесто из емкостей перегружается грейферным краном в вибролоток, расположенный в бункере и предназначенный для отделения непогасившихся частиц извести и инертных включений. Далее тесто поступает в известегасилку, где завершается гашение, и разжижается водой до получения известкового молока 15 % концентрации. Баки для этого молока рассчитаны на суточное потребление и оборудованы мешалками. Возможна непосредственная подача известкового теста в лоток для размыва и догашивания. Размытая струей воды известь в виде молока поступает в мешалку.

Молоко откачивается в расходные баки, где дополнительно разбавляется до 5–6 % концентрации. Перед и во время перекачки включается сис-

тема перемешивания. Дозирование известкового молока производится специальными дозаторами.

Углевание воды производится угольной пульпой концентрацией 5–10 мг/л. Мешки с сухим ПАУ устанавливаются на платформу и выгружается в расходный бункер, откуда порошок поступает в барабан с механическим перемешиванием. Образующаяся суспензия угля в воде перекачивается в бункер для пульпы и по мере расходования подается насосом-дозатором в контактный резервуар где смешивается с обрабатываемой водой (рис. 6.3). Продолжительность замачивания угля – один час.

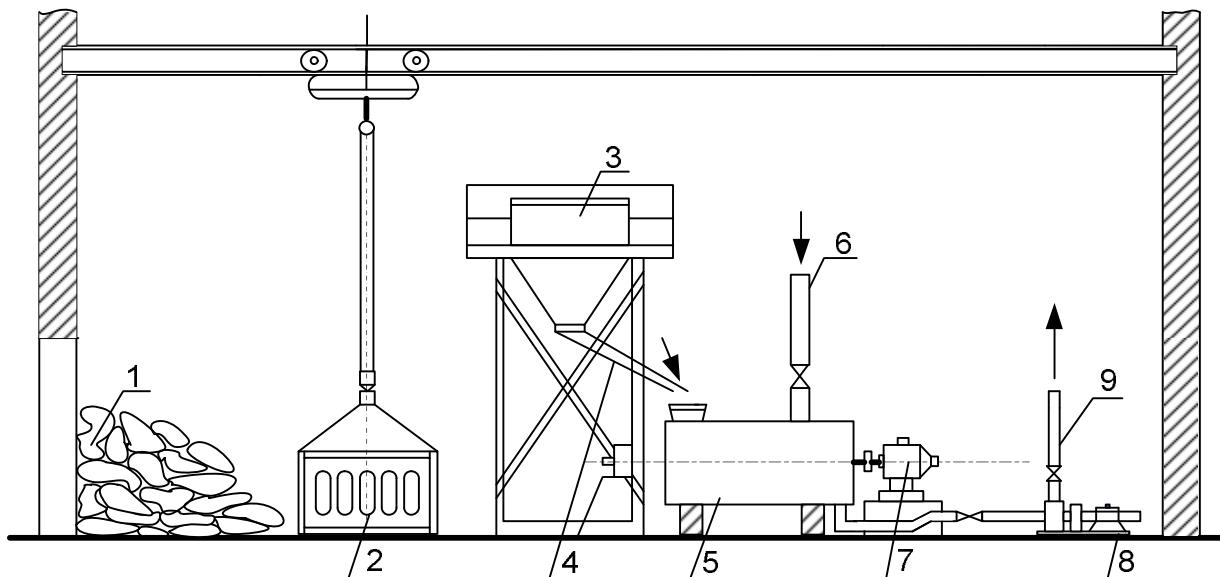


Рис. 6.3. Установка приготовления и дозирования пульпы активного угля: 1 – склад АУ; 2 – платформа с мешками АУ; 3 – расходный бункер; 4 – вибротранспортер; 5 – бак угольной суспензии; 6 – водопровод; 7 – электромотор лопастной мешалки; 8 – насос; 9 – подача угольной пульпы

Подготовка растворов коагулянтов и флокулянтов, их дозирование. На водопроводных станциях малой и средней производительности с сухим хранением сульфата алюминия раствор коагулянта 17–24 %-й концентрации (по Al_2O_3) готовится в растворных баках.

Глыбы реагента измельчаются до кусков размером около 100 мм, загружаются на колосники расходных баков и растворяются в циркулирующем потоке воды. После растворения под колосниками остаются нерастворимые частицы пустой породы. При использовании гранулированного или порошкообразного коагулянта колосниковая решетка покрывается кислотоупорной сеткой с отверстиями 2 мм.

Приготовление растворов хлорного железа производится путем вымывания хорошо растворимых кристаллов коагулянта из барабана (тары), установленного на колосниках растворного бака. При растворении происходит выделение тепла и температура раствора крепостью 100 г/л достигает

+ 20 °C, а pH = 1,0. Работы выполняются с соблюдением особых условий безопасности (выделяется хлор) в изолированном и вентилируемом боксе.

Коагулянты, поставляемые в жидким виде или при мокром хранении, непосредственно заливаются в расходные баки с последующим разбавлением при перемешивании сжатым воздухом с интенсивностью 3–5 л/с·м².

Концентрации раствора, поступающего в дозаторы, обычно принимаются 5–6 % и более, но на станциях с малой производительностью в целях более точного дозирования могут быть уменьшены до 1 % и менее.

Растворы флокулянтов готовят из технического продукта (гель, порошок) в баках с механическими мешалками. Продолжительность приготовления раствора ПАА крепостью 1,0–1,5 % составляет 30–40 мин для геля, и 2 часа для сухого продукта. Применение горячей воды температурой до 50 °C сокращает эти сроки.

При мокром хранении раствора флокулянта в течение 7–15 суток его разбавляют до крепости 0,7–1,0 %, до 7 суток 0,4–0,6 %, до двух суток 0,1–0,3 %. В расходном баке крепость флокулянта не должна превышать 0,25 % (обычно 0,1–0,15 %).

Сроки хранения растворов флокулянтов ограничиваются из-за возможности изменения их свойств, поэтому и заготавливаются небольшими партиями.

На крупных станциях применяются установки непрерывного приготовления раствора флокулянтов. Например, установка «Автофлок» имеет производительность 2–10 кг/ч и готовит 0,01 % раствор.

Как отмечалось, дозы реагентов определяются экспериментальным путем по стандартным методикам. Дозирование контролируется по расходам технологических растворов. Поэтому концентрацию активной части реагентов в растворах или суспензиях следует определять химическим анализом, либо по удельной плотности или вязкости.

Дозаторы должны обеспечивать введение необходимого расхода реагентов согласно принятому режиму реагентной обработки. Для удобства дозирования и соблюдения его точности реагенты вводятся, как правило, в виде слабоконцентрированных растворов (суспензий).

Точность дозировки должна быть в пределах ± 5 %. Процесс дозирования реагентов целесообразно автоматизировать.

6.2.3. Эксплуатационные работы и техническое обслуживание

Согласно ПТЭ [36] порядок хранения, технология применения, приготовления и дозирования реагентов должны быть изложены в специальных инструкциях, разрабатываемых на предприятии для каждого реагента в отдельности на основе действующих положений по хранению, примене-

нию и использованию химических реагентов и с учетом местных условий. В инструкциях особое внимание необходимо уделить вопросам безопасного обращения с химическими веществами.

При разгрузке реагентов используется средства механизации: авто- и электрокары, грузоподъемное оборудование.

Работы следует выполнять аккуратно, так чтобы не повредить упаковку (ящики, мешки, бочки). Помимо потерь материалов при повреждении, возможны опасные последствия: разлив кислот, щелочей, запыление порошком активированного угля и другие.

Аналогичны условия производства работ при складировании других материалов.

Поставка комовой негашеной извести требует соблюдения специальных требований безопасности.

Рабочие, занятые разгрузкой и складированием реагентов, должны работать в спецодежде, а после смены принимать душ.

При хранении некоторых реагентов (флокулянтов в виде гелей, растворов коагулянтов, кускового сернокислого алюминия, хлорного железа) соблюдаются ограничения по температурам и влажности воздуха в хранилищах.

Учет расходования реагентов, выдаваемых со склада, ведется по сменам.

Количество реагентов, загружаемых в баки для растворения, отмеривают: для жидких реагентов – по объему или по массе (с учетом содержания активной части) – для твердых реагентов. При этом персоналом контролируется:

- количество загружаемого реагента – при каждом затворении;
- периодичность и длительность загрузки – посменно;
- длительность и интенсивность перемешивания, продолжительность отстаивания раствора – по мере затворения;
- уровни в баках – по мере расходования растворов;
- точность дозировки растворов – ежечасно и при каждом изменении расхода очищаемой воды или концентрации раствора;
- периодичность и продолжительность удаления осадков из реагентных баков – после 4–6 циклов приготовления растворов реагентов и по мере накопления осадков.

Состояние дозирующих устройств проверяется ежеквартально, но не реже двух раз в год.

Технологические растворы из растворных баков поступают к дозаторам самотеком, или перекачиваются насосами-дозаторами, либо эжекторами. Существует мнение, что применение эжекторов предпочтительнее, так как они обладают высокой надежностью и просты в эксплуатации. С другой стороны, следует помнить, что эжекторы могут засоряться, особенно при перекачке суспензий, а их производительность зависит от постоянства

расхода и давления разбавляющей раствор воды (рабочей среды), что требует постоянного контроля за этими параметрами. Необходимо контролировать расходы перекачиваемых растворов и, особенно, супензий. Уменьшение скоростей является причиной засорения трубопроводов.

Простейшие пропорциональные дозаторы и дозаторы типа «плавающая труба» нуждаются в регулярной проверке работы, так как существует опасность засорения выходных отверстий.

Наиболее устойчиво работают автоматические дозаторы пропорциональной дозы, действие которых основано на изменении электропроводности воды до и после ввода коагулянта.

Высокой точностью дозирования отличаются автоматизированные дозаторы, оборудованные датчиками химического контроля для определения характерных показателей воды после ввода реагентов, или расходомерами, управляемыми процессами дозирования при измерениях расходов воды. Основным элементом этих установок являются насосы-дозаторы.

Дозирующие устройства осматриваются, очищаются, и проверяются ежемесячно, при необходимости выполняется мелкий текущий ремонт. Один раз в два года проводится плановый капитальный ремонт с разборкой и заменой износившихся деталей.

К обязанностям персонала цеха относится профилактическое обслуживание дозаторов, механизмов, применяемых для приготовления технологических растворов и супензий, для разгрузки и транспортировки реагентов, содержание в работоспособном состоянии систем жизнеобеспечения (освещение, вентиляция, водоснабжение), содержание рабочего места.

6.2.4. Оценка эффективности работы реагентного цеха

Критериями, по которым оценивается работа реагентного цеха, являются:

- санитарное состояние и температурно-влажностный режим складских помещений;
- наличие необходимого запаса реагентов;
- правильность хранения реагентов;
- правильность и своевременность ведения журнала учета поступающих реагентов и оперативного журнала их расходования;
- своевременность и полнота проведения необходимых анализов поступающих реагентов;
- исправность насосного оборудования;
- исправность дозировочных устройств и точность дозирования.

Экономичное расходование реагентов комплексно оценивается соотношением удельных затрат (массы активной части продукта отнесенной к

единице объема обработанной воды) фактических и определенных лабораторным путем при обосновании и назначении дозы. Отклонение этого показателя от оптимума (единицы) указывает на потери продуктов при разгрузке, складировании, хранении, приготовлении и дозировании растворов. Вместе с тем указанный показатель зависит и от условий прохождения соответствующих химических процессов и, в частности, от мест ввода реагентов и их смешивания с водой.

6.3. Хлорное хозяйство

6.3.1 Общие положения

Хлорирование производится для улучшение процесса очистки воды (дезодорация, устранения привкуса) и для ее обеззараживания. В первом случае дозы хлора могут оказаться значительными и достигать 10–15 мг/л. При таких дозах окисление проходит с большой интенсивностью, но нередко приводит к появлению токсичных хлороганических соединений (четыреххлористого водорода, хлороформа и других). Поэтому в случае предварительного хлорирования (прехлорирования) хлор вводится в нескольких точках, рассредоточено, дозами не более 2–3 мг/л.

Преимуществом прехлорирования можно считать создание условий, при которых в сооружениях очистки (осветлителях со взвешенным осадком, фильтрах и трубопроводах) не накапливаются микроорганизмы.

Дезинфекция очищенной воды (постхлорирование) проводится дозами, определяемыми в ходе технологических исследований, и обычно не превышающими 2–3 мг/л. В воде, поступающей в сеть, содержание остаточного свободного хлора, ограничивается 0,3–0,5 мг/л или связанного хлора 0,8–1,2 мг/л. В аварийных ситуациях доза хлора может увеличиваться на 50–100 %.

Присутствие хлора в питьевой воде рассматривается как индекс санитарного благополучия и показатель того, что в сети поддерживаются условия эпидемической безопасности. Поэтому хлорирование минимальными дозами необходимо и в случаях, когда обеззараживание осуществляется другими методами (озонированием, бактерицидным излучением). Функция хлорного хозяйства заключается в приеме, хранении и учете жидкого хлора и в приготовлении его водного раствора (хлорной воды).

Обеззараживание воды нередко проводится методом хлорирования с аммонизацией, для чего, кроме хлора, вводится аммиак в соотношении от 1 : 3 до 1 : 6 и более, в зависимости от температуры.

Образующийся хлорамин NH_2Cl – более слабый окислитель, чем хлор. Аммонизация позволяет пролонгировать (продлить) продолжительность

пребывания обеззараживающего агента в водопроводной сети, уменьшает (по сравнению с хлорированием) интенсивность коррозии труб, устраняет запах хлора в воде. Аммонийное хозяйство (склады, аммонизаторные и др.) эксплуатируется по тем же условиям и правилам, что и хлорное хозяйство.

Для аммонизации целесообразно использовать в качестве реагента аммиачную воду с 25 %-м содержанием аммиака или соли аммония. Применение аммиачной воды на московском водопроводе упростило и удешевило аммиачное хозяйство.

Особенности эксплуатации хлорного хозяйства. Хлор относится к сильно действующим ядовитым веществам (СДЯВ) и все работы, связанные с его хранением и использованием, должны проводиться при строгом соблюдении специальных мер безопасности. Хлорное хозяйство имеет технологический регламент, согласованный и утвержденный в установленном порядке, паспорта на все виды технологического оборудования: емкости для хранения хлора, КИП, на системы автоматизации, трубопроводы, средства индивидуальной и коллективной защиты персонала.

Проектная документация объектов хлорного хозяйства должна отвечать требованиям соответствующих нормативов.

При хранении на складах 25 тонн хлора и более, объект относиться к категории опасных и нуждается в разработке Декларации промышленной безопасности. В этом документе содержатся: всесторонняя оценка рисков аварий; обоснование достаточности принятых мер по их локализации, ликвидации или предупреждению; констатация производственной готовности объекта.

Хлор-газ желто-зеленого цвета с резким удушающим запахом в 2,45 раза тяжелее воздуха. Температура замерзания хлора составляет -102°C , при температуре ниже $-33,6^{\circ}\text{C}$ и атмосферном давлении хлор переходит в жидкое состояние. Сжижение газообразного хлора происходит при избыточных давлениях и в зависимости от температуры (табл. 6.2).

Таблица 6.2
Давление и температура, при которых жидкий хлор переходит в газообразное состояние

| | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| Температура, $^{\circ}\text{C}$ | -33,6 | -10 | 0 | +10 | +15 | +25 | +35 | +45 | +55 | +70 | +80 |
| Абсолютное давление, атм | 1,0 | 2,6 | 3,8 | 5,1 | 6,0 | 7,9 | 10,2 | 13,0 | 16,3 | 22,3 | 27,1 |

Жидкий хлор растворяется в воде плохо (он относится к очень трудно растворимым продуктам), поэтому приготовление хлорной воды на станциях осуществляется газообразным хлором (хлор-газ относится к трудно растворимым продуктам). Например, при температуре $+20^{\circ}\text{C}$ растворяется 7,3 г/л, при $+25^{\circ}\text{C}$ – 6,4 г/л и т. д.

Хлор транспортируется в жидким состоянии и в случае аварийных разливов образует стелющееся облако.

Длительное воздействие даже небольших доз хлора на организм человека провоцирует легочные заболевания: рецидивирующий бронхит, пневмосклероз, туберкулез легких. Естественно, что эксплуатация хлорного хозяйства нуждается в непрерывном контроле состояния воздушной среды в помещениях и на производственных площадках. Автоматизация или дистанционное управление производственными процессами в хлорном хозяйстве являются приоритетными решениями.

В автоматизированные системы обнаружения и определения концентраций хлора в воздухе входят датчики как в помещениях, так и по внешнему контуру объектов хлорного хозяйства, и центральный блок управления. Системы обеспечивают подачу тревожных сигналов, а иногда автоматическое включение защитных систем (аварийной вентиляции, дренчерных завес) при достижении опасных концентраций хлора.

Уровни загазованности, при которых срабатывает сигнализация, обычно соответствует ПДК хлора в воздухе ($1 \text{ мг}/\text{м}^3$), а автоматическое включение защитных систем производится при 20 ПДК.

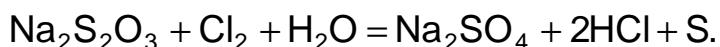
Современные системы контроля обладают избирательностью по хлору (в присутствии других газов) на уровне 0,5 ПДК.

Портативные сигнализаторы хлора предназначены для обеспечения безопасности труда персонала, занятого на нестационарных рабочих местах, а также используются для проверки герметичности емкостей жидкого хлора и хлоропроводов. Технические характеристики газоанализаторов приведены в [9].

Помимо инструментального контроля за состоянием воздушной среды осуществляется дублирующий визуальный контроль путем размещения в производственных помещениях индикаторных крахмальных лент (крахмал в присутствии хлора синеет).

В местах, наиболее опасных по условиям загрязнения воздуха хлором, предусматривается аварийная вытяжная вентиляция с забором воздуха у пола. Удаляемый воздух очищается от хлора в адсорберах или скрубберах, где орошается дехлорирующим раствором. Обычно применяется 5–10 %-й раствор солей восстановителей (сульфит-, тиасульфат натрия) или щелочи, например Na_2CO_3 .

Реакция дехлорирования тиосульфатом натрия имеет вид:



В результате реакции между хлором и кальцинированной содой образуется поваренная соль, а с гашенной известью – хлористый кальций.

На рис. 6.4 приведена схема адсорбционной поглощающей установки «ОХТА-9000К». Установка предназначена для нейтрализации аварийных выбросов хлора. Основным элементом установки является абсорбционный аппарат с сетчатыми барботажными тарелками провального типа [9].

На рис. 6.5 приведена схема адсорбера СКТ-3, загруженного адсорбентом (активированным углем).

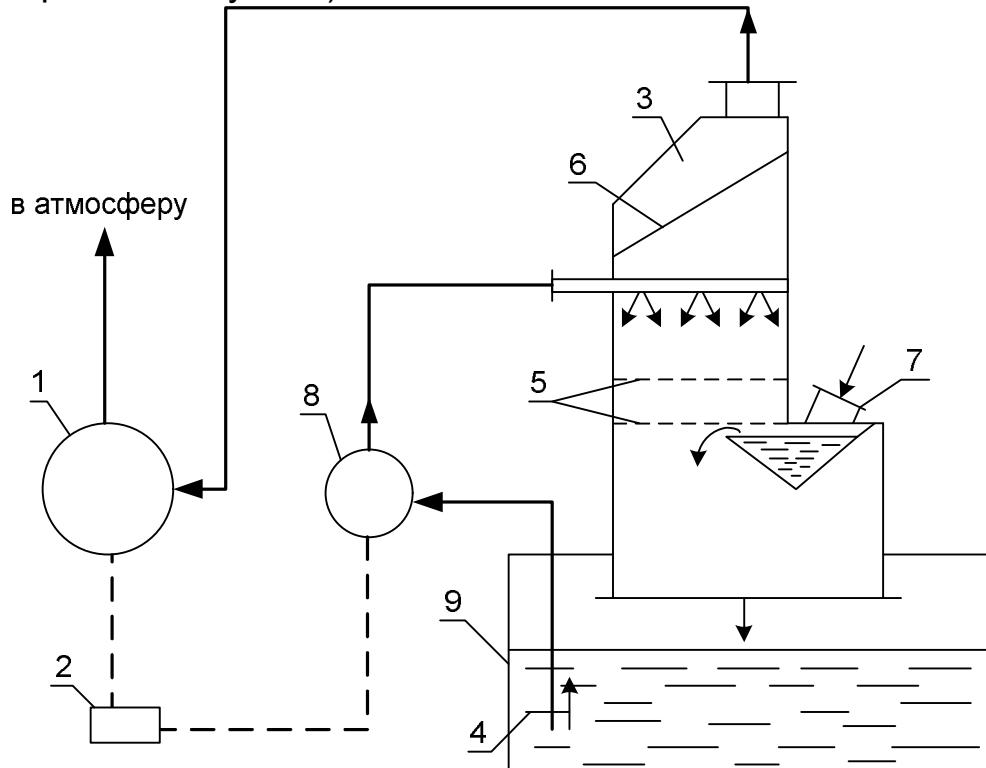


Рис. 6.4. Принципиальная схема установки «ОХТА-9000К»:
 1 – аварийный вентилятор (2 шт); 2 – сигнализатор хлора; 3 – абсорбер; 4 – дехлорирующий раствор; 5 – сетчатые тарелки (2 шт.); 6 – сетчатый тканевый сепаратор; 7 – приемный патрубок абгазов; 8 – циркуляционный насос (2 шт.); 9 – резервуар с нейтрализующим раствором

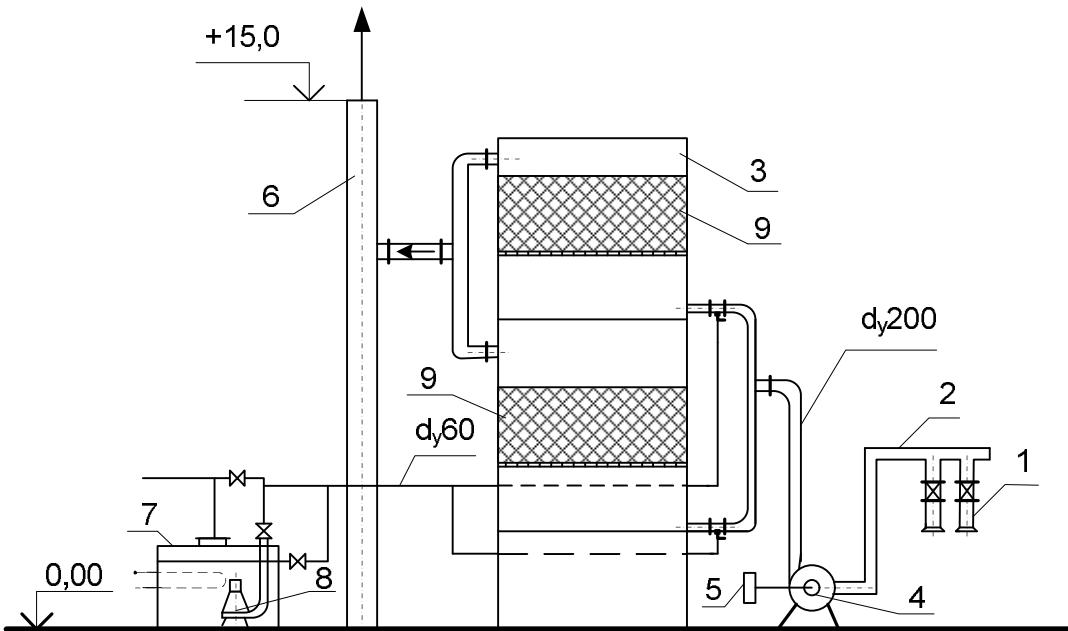


Рис. 6.5. Схема адсорбционной установки для поглощения хлора: 1 – патрубки отсоса; 2 – коллектор отсоса; 3 – адсорбер; 4 – аварийный вентилятор (2 шт.); 5 – сигнализатор хлора; 6 – выбросная труба; 7 – бак с дехлорирующим раствором; 8 – погружной насос; 9 – адсорбент

Во избежание выхода хлорного облака из зданий хранилищ в случае возникновения серьезной аварии (разрушение контейнера с жидким хлором) оконные и дверные проемы снабжаются дренчерными завесами с дистанционным управлением, к которым подается вода или дехлорирующий раствор.

С целью локализации разливов жидкого хлора открытые площадки разгрузки и хранения контейнеров с жидким хлором ограждают сплошным забором высотой не менее 2 м.

6.3.2. Эксплуатация складов хлора

Склады жидкого хлора подразделяются:

- на базисные склады хранения жидкого хлора поступающего в вагонах цистернах и переливаемого в стационарные емкости (танки);
- кустовые склады жидкого хлора, расфасованного в тару (контейнеры, баллоны);
- расходные склады на объектах водоснабжения и водоотведения.

Необходимость создания базисных или кустовых складов определяется объемами и условиями поставок хлора заводом-изготовителем.

Склады размещаются в наземных или полузаглубленных зданиях, при открытом хранении емкости следует защищать навесами от атмосферных осадков и прямых солнечных лучей.

Все операции с хлором нужно выполнять с учетом того, что при нагреве емкостей давление в них возрастает (табл. 6.2) и что хлор не взаимодействует со сталью только при полном отсутствии воды. Поэтому емкости и трубы перед заполнением хлором должны быть тщательно осушены.

Доставка заполненных емкостей на объекты Водоканала производится автотранспортом, с соблюдением специальных условий безопасности.

Заранее разрабатывается и утверждается маршрут, который не должен проходить в местах возможного скопления людей, ограничивается скорость движения. Перевозка производится в светлое время суток, в отсутствии сложных погодных условий. При перевозке тара должна быть закреплена.

Базисные склады. На базисном складе производится прием и перелив в стационарные танки жидкого хлора, поступающего в вагонах, и его разлив в тару (контейнеры или баллоны). Тара принадлежит базисному складу. На складе она заполняется жидким хлором, возвратная тара освобождается от остатков хлора, промывается, испытывается, а по необходимости ремонтируется. Расфасованный в емкости хлор направляется на расходные склады объектов ВКХ.

Железнодорожная цистерна с жидким хлором доставляется на платформу для разгрузки и тщательно осматривается представителями предприятия-потребителя. В частности, обращается внимание на сохранность пломб на защитных колпаках вентилей цистерны, а также на соответствие передаваемого груза паспортным данным вагона-цистерны. Цистерна закрепляется тормозными башмаками, заземляется, подключается к сигнализатору сдвига, при срабатывании которого автоматически перекрывается запорная арматура на цистерне и на технологических трубопроводах. Вагон-цистерны подключаются гибкими соединениями к стационарным трубопроводам пункта перелива. Все подготовительные операции выполняются под руководством ответственного инженерно-технического работника.

На рис. 6.6 приведена схема опорожнения цистерны методом вытеснения хлора сухим сжатым воздухом.

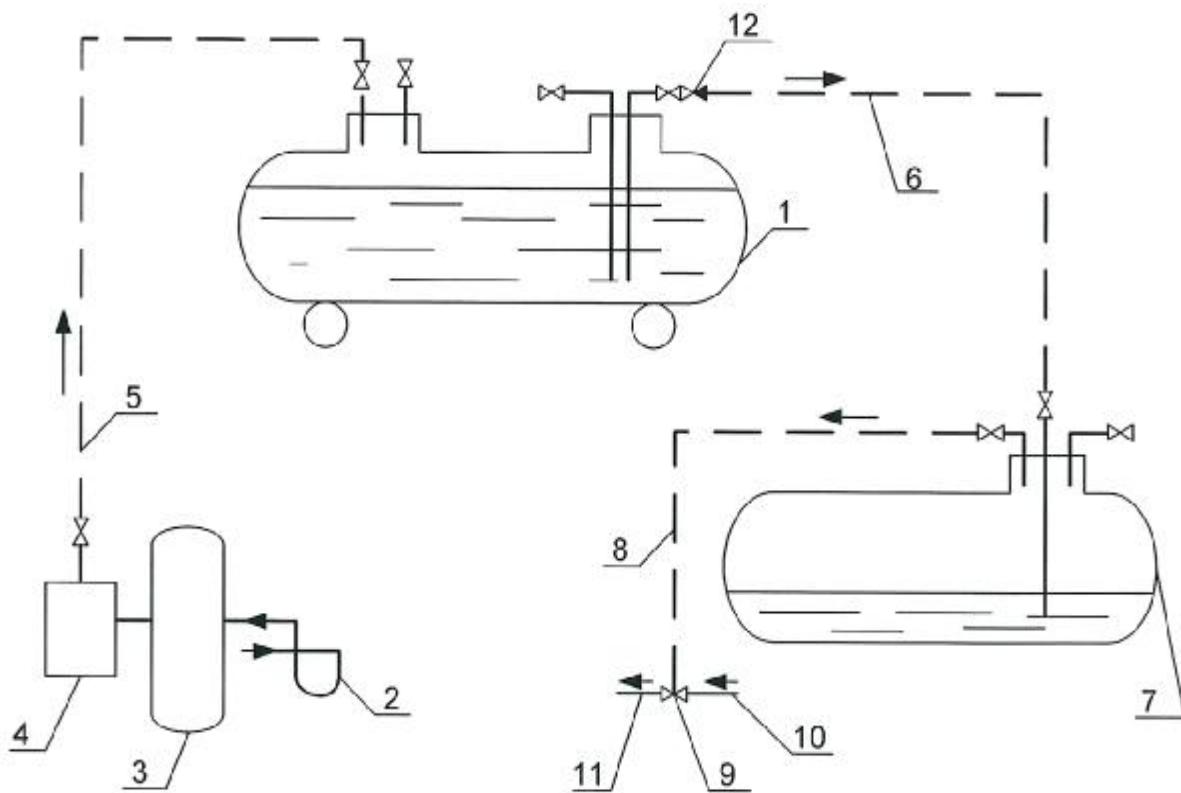


Рис. 6.6. Схема перелива жидкого хлора из железнодорожной цистерны в стационарную емкость: 1 – железнодорожная цистерна; 2 – компрессор; 3 – ресивер; 4 – блок сушки воздуха; 5 – линия сжатого воздуха; 6 – линия жидкого хлора; 7 – стационарная емкость (танк); 8 – линия абгаза; 9 – эжектор; 10 – линия воды; 11 – линия хлорной воды; 12 – предохранительный клапан

В цистерну 1 воздух подается компрессором 2 после предварительного осушения в блоке 4. Блок 4 включает охладитель воздуха с проточной водяной рубашкой, песчаный фильтр и фильтр-поглотитель, загруженный гигроскопичным материалом (селикогелем). Давление, поддерживаемое компрессором в ресивере 2, должно быть на 1–2 атмосферы больше внутреннего давления в 1.

Жидкий хлор по трубе 6 вытесняется в стационарную емкость 7 из которой одновременно отсасывается абгаз, т. е. смесь хлора и воздуха. Для отсоса применяется эжектор 9, а образующаяся хлорная вода либо сбрасывается в техническую канализацию, либо дехлорируется щелочными реагентами.

Система опорожнения оборудуется световой и звуковой сигнализацией, срабатывающей при завершении слива. Абгаз из вагона-цистерны отводится в абгазную систему при давлении насыщенных паров хлора, соответствующих температуре окружающей среды, но не менее 0,5 атм. (табл. 6.2). По окончании слива вагон-цистене отсоединяется от стационарных трубопроводов, снимается манометр и устанавливаются защитные колпаки.

Танки заполняются жидким хлором на 70–75 %, что контролируется двумя независимыми системами измерения массы и уровня с автоматическим включением светового и звукового сигнала в момент регламентируемого заполнения. Норма налива составляет 1,25 кг/л емкости. Одновременно контролируется давление в танке (не более 12 ати).

Весовой расход жидкого хлора зависит от рабочих параметров компрессора

$$g = (50 \div 55) \gamma \frac{L}{P},$$

где γ – плотность жидкого хлора, зависящая от его температуры, кг/л; L – подача компрессора, м³/мин; P – давление в ресивере, атм; g – весовой расход, т/час.

Пример 6.1.

Определить продолжительность перелива из вагона-цистерны жидкого хлора массой $G = 45$ тонн, температура +15 °С ($\gamma = 1,426$ кг/л); $P = 13$ ата; $L = 0,9$ м³/мин.

$$g = 50 \cdot 1,426 \frac{0,9}{13} = 4,9 \text{ т/ч};$$

$$t = \frac{G}{g} = \frac{45}{4,9} = 9,2 \text{ ч.}$$

Потери хлора при переливе достигают 1–2 %.

В тару (контейнеры или баллоны) хлор из танка переливается методом вытеснения сухим сжатым воздухом или перекачкой при помощи специальных насосов. Первый способ рассмотрен выше; схема установки для перелива приведена на рис 6.7.

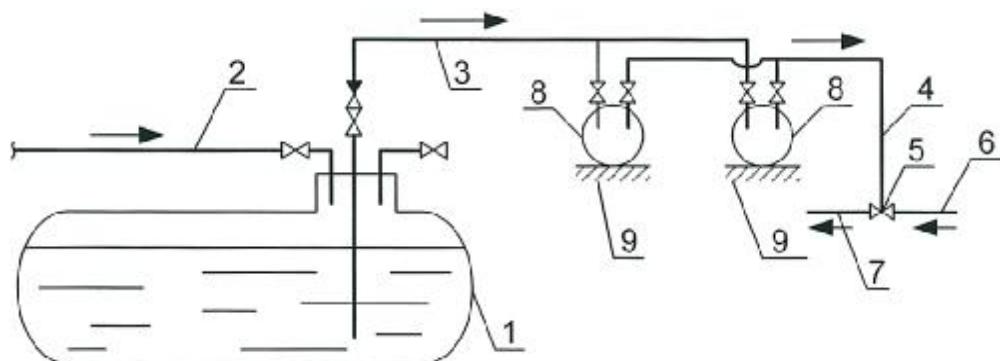


Рис. 6.7. Схема перелива жидкого хлора из стационарной емкости в тару: 1 – стационарная емкость (танк); 2 – сжатый воздух из

ресивера; 3 – жидкий хлор; 4 – аггаз; 5 – эжектор; 6 – вода; 7 – хлорная вода; 8 – контейнер; 9 – весы

Контейнеры устанавливаются на специальной раме в горизонтальном положении и так, что вентили находятся один над другим; баллоны заполняются в вертикальном положении.

Процесс налива контролируется весовым методом и завершается при достижении нормы 1,25 кг на 1 л вместимости сосуда.

По завершении налива частично удаляется аггаз по линии 4 помошью эжектора 5. Сброс аггаза необходим для снижения давления в емкости 8 до значений, отвечающих температуре хлора (табл. 6.2). После отключения линии 3 и 4 заполненные емкости взвешиваются на контрольных весах, регистрируются и при помощи грузоподъемного оборудования доставляются на площадки временного складирования для проверки герметичности в течение суток. Согласно [7], в помещениях, где производится подготовка и наполнение тары, запрещается накопление и складирование заполненных контейнеров и баллонов. Эти емкости должны находиться в хранилище, отдельном от остальных помещений, либо в отдельном здании.

Временно (но не более двух суток) емкости могут складироваться под навесами на открытых площадках.

Все работы по переливу хлора в тару ведутся в присутствии и под контролем мастера.

Подготовка использованной тары к последующему переливу включает технический осмотр и в необходимых случаях - промывку и ремонт. Из емкостей удаляется остатки хлора путем вакуумирования и производится продувка осущенным воздухом до регламентированного содержания хлора в аггазе, что регистрируется при помощи газоанализатора.

При внешнем визуальном осмотре тары проверяется отсутствие признаков язвенной коррозии, вмятин и других деформаций корпуса, состояние окраски, наличие необходимых надписей и клейм. Во время внутреннего осмотра обращается внимание на состояние стенок и днища, отсутствие воды, окалины, осадков и других посторонних примесей.

В жидким хлоре обычно содержится до 1 % по массе посторонних примесей, при отсаждении которых в емкостях накапливается вязкий осадок плотностью около 2 кг/л, состоящий из соединений железа, масел, с примесью серной кислоты, а иногда мышьяка.

Осадки должны удаляться промывкой с последующим дехлорирорванием промывной воды. Емкости проходить тщательную осушку путем продувки осущенным воздухом или азотом.

Арматура на емкостях снимается, проверяется, а в случае неисправности заменяется или ремонтируется.

Тара испытывается на герметичность и взвешивается. Емкости с истекшим сроком технического осмотра проходят дополнительно гидравлическое испытание на прочность и клеймение.

Складирование и хранение жидкого хлора на базисных складах. Вместимость хранилищ жидкого хлора определяется режимами его доставки на расходные склады объектов водопровода и канализации и поставок хлора заводами изготовителями.

Емкости, заполненные жидким хлором, входящие в одну поставку, комплектуются в партии, которые в дальнейшем хранятся раздельно. Размещение сосудов с жидким хлором должно отвечать оптимальным условиям складирования и отпуска, обеспечивать удобный контроль за состоянием уязвимых элементов емкостей-вентелей.

В п. 9.2.17 Правил [7] указывается, следующее:

При горизонтальной укладке сосуды с хлором размещаются в два ряда в проходах и в один ряд у стен.

Высота штабеля не должна превышать пяти ярусов для баллонов и одного яруса для контейнеров.

Баллоны могут размещаться на стеллажах, но верхний ряд баллонов должен быть не выше 1,5 м от уровня пола.

При вертикальной укладке у стен следует размещать не более двух рядов контейнеров, а в проходах соответственно 1 и 2 ряда.

Размещение емкостей должно исключать возможность их падения или произвольного перемещения и позволять свободный доступ к запорным вентилям (вентили при горизонтальной укладке располагаются в сторону прохода).

Ширина проходов между штабелями принимается не менее одного метра плюс длина контейнера, а для баллонов 1,6 м.

Транспортирование, укладка и извлечение емкостей при их эвакуации требует особой осторожности, во избежании резких толчков, ударов, повреждений арматуры и других причин вызывающих разгерметизацию.

Емкости перемещаются с применением различных средств механизации погрузочно-разгрузочных работ (грузоподъемное оборудование складских помещений, электрокары и др.).

В хранилище хлора, как и в других помещениях склада, ведется непрерывный контроль содержания хлора в воздухе.

Поиск неисправной тары производится немедленно по обнаружении утечки хлора. При этом применяют портативные газоанализаторы, а иногда индикаторы – тряпки, смоченные нашатырным спиртом. Взаимодействие хлора и аммиака сопровождается хорошо заметным дымным облаком.

Для ликвидации утечек из баллонов используют аварийный комплект, включающий: герметичный футляр для аварийного баллона; герметизирующий колпак на арматуру; быстромонтируемое устройство для ликвидации утечек из баллона. Временно на обнаруженную неплотность намораживают мокрую тряпку. В случае необходимости поврежденный контейнер опорожняют, переливая жидкий хлор в резервную порожнюю емкость.

Все работы по устранению утечек выполняются с применением средств индивидуальной защиты от хлора.

В соответствии с поступающими заявками партии хлора направляется на расходные склады объектов Водоканала (см. ниже).

Перед отправкой тара осматривается, взвешивается, на вентили устанавливаются защитные колпаки. Ведется строгий учет отпускаемого хлора.

В соответствии с видами производственных работ штат базисных складов включает операторов по переливу хлора, такелажников, машинистов компрессоров, насосных и вакуумных установок, рабочих по ремонту тары, арматуры, трубопроводов, систем вентиляции, пожарного водоснабжения, а также механиков по обслуживанию систем автоматизации, контроля и КИП.

Хранение жидкого хлора на кустовых складах. Кустовые склады предназначены для приема и хранения затаренного жидкого хлора, для поставок емкостей с жидким хлором на расходные склады объектов водоснабжения и канализации, для хранения порожней тары и ее возврата предприятию-наполнителю.

Помимо хранения заполненной и порожней тары, на кустовых складах может быть участок для опорожнения неисправной и не допускаемой к перевозке тары и для ее ремонта.

Баллоны доставляются железнодорожным транспортом в вертикальном положении в специальных клетях, либо горизонтально с загрузкой на высоту не более половины высоты вагона. Они укладываются на прокладках, защитными колпаками для вентилей в одну сторону. Иногда баллоны перевозятся без клетей, вертикально. В этом случае на них надевается предохранительные колпаки, а загрузка вагона должна быть плотной, исключающей смещение или падение баллонов.

Тара из вагонов выгружается с применением кранов, кран-балок, автокранов и специальных кантователей.

Емкости тщательно осматриваются и взвешиваются. Отбраковываются и направляются на срочное опорожнение, баллоны с истекшим сроком переосвидетельствования, с загрузкой, превышающей норму налива, с нарушением герметичности. Баллоны с поврежденными вентилями ремонти-

руются. Использованная на производстве тара поступает в хранилище и возвращается заводу-поставщику.

Правила складирования и хранения тары те же что и для базисных складов.

Доставка заполненных емкостей на объекты Водоканала производится автотранспортом, с соблюдением специальных условий безопасности.

Заранее разрабатывается и утверждается маршрут, который не должен проходить в местах возможного скопления людей, ограничивается скорость движения. Перевозка производится в светлое время суток, в отсутствии сложных погодных условий. При перевозке тара должна быть закреплена.

Расходные склады жидкого хлора. Расходные приобъектные склады предназначены для хранения оперативного 5–15 суточного запаса хлора. Они размещаются на территории объекта с созданием защитной зоны радиусом не менее 150 м при хранении хлора в баллонах и 500 м – в контейнерах.

Промышленное строительство в пределах зоны ограничивается, жилищное – не допускается.

Контейнеры снимаются с автомашин при помощи грузоподъемных устройств и доставляются в хранилища для складирования.

В обязанности персонала расходного склада входят:

- прием, регистрация, размещение, осмотр и хранение тары (емкостей хлора);
- установка емкостей под разбор хлора на весы, взвешивание;
- наблюдение за разбором хлора и своевременная замена емкостей;
- проверка сработки емкостей и их опорожнения;
- сбор и возврат порожних емкостей на кустовой или базисный склад;
- поддержание требуемых санитарно-гигиенических условий в помещении склада;
- содержание и эксплуатация систем безопасности (контроль состояния воздушной среды, освещения, вентиляции и др.);
- в некоторых случаях расходные склады блокируются с хлордозаторными, в других размещаются отдельно.

Если испарители хлора находятся в помещениях блокированных с хлордозаторной, жидкий хлор из емкостей транспортируется к испарителям по хлоропроводам.

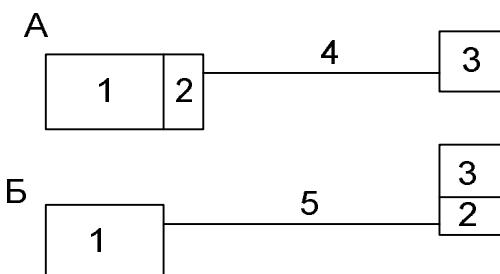


Рис. 6.8. Схемы подачи хлора в отдельно стоящую хлораторную (хлордозаторную): А – испарительная совмещенная с расходным складом; Б – испарительная совмещена с хлордозаторной; 1 – расходный склад; 2 – испарительная; 3 – хлордозаторная; 4 – трубопровод газообразного хлора; 5 – трубопровод жидкого хлора

стороны транспортных средств или падающих предметов. Конструкция хлоропроводов предусматривает их периодическое опорожнение и чистку. Трубы укладываются с уклоном в сторону приемных емкостей, оборудуются специальной запорной арматурой, расширительными баками, компрессорами.

Для исключения конденсации при транспортировке хлор-газа, хлорпроводы оборудуются системами подогрева (тепловые спутники, греющий кабель). В противном случае в газопроводе поддерживается давление ниже давления паров хлора при конденсации для данной температуры (табл. 6.2). Например, при температуре наружного воздуха – 10 °С давление не должно превышать 1,6 ати. (2,6 ата). СНиП [42] рекомендует поддерживать в газопроводе вакуум, для чего в начале трубопровода устанавливается редуктор.

В обязанности операторов, обслуживающих хлорпроводы, входит систематический обход, проверка исправности арматуры, герметичности фланцевых соединений при помощи портативных газоанализаторов, измерение давления и температуры хлора.

По мере засорения труб примесями, содержащимися в хлоре, в порядке текущего ремонта, проводится их очистка (иногда 3–4 раза в год).

При проведении этой операции выполняемой под руководством мастера, хлорпровод опорожняется, продувается острый паром, промывается горячей водой и сушится сухим воздухом или азотом.

В случае блокирования испарительной с помещением расходного склада, в отдельно стоящие хлордозаторные по трубопроводам транспортируется газообразный хлор (рис. 6.8).

Хлоропроводы выполняются из стальных труб и во избежания коррозии их необходимо тщательно берегать от попадания воды. Правила прокладки трубопроводов приведены в [42].

Обычно предусматривается прокладка труб по эстакадам, либо по наружным стенам помещений, в которых хлор используется или хранится, а также через крышу этих помещений. При прокладке учитывается необходимость исключить возможность удара со

6.3.3. Приготовление хлорной воды

На рис. 6.9 приведены два варианта схем приготовления хлорной воды, содержащей 1–2 г/л хлора.

Вариант **А** применяется на станциях с небольшим расходом хлора, до 10–30 кг/час. Схема включает емкость с жидким хлором, грязевик и хлордозатор. Жидкий хлор поступает непосредственно из емкостей (чаще всего из баллона) и проходит предварительную очистку от жидкого хлора-unoса в герметичной емкости (грязевике), который выполняет две функции: отстойника и ресивера. В грязевике накапливается хлор-газ и выравнивается его давление. Иногда в качестве грязевика используют стандартный баллон для жидкого хлора.

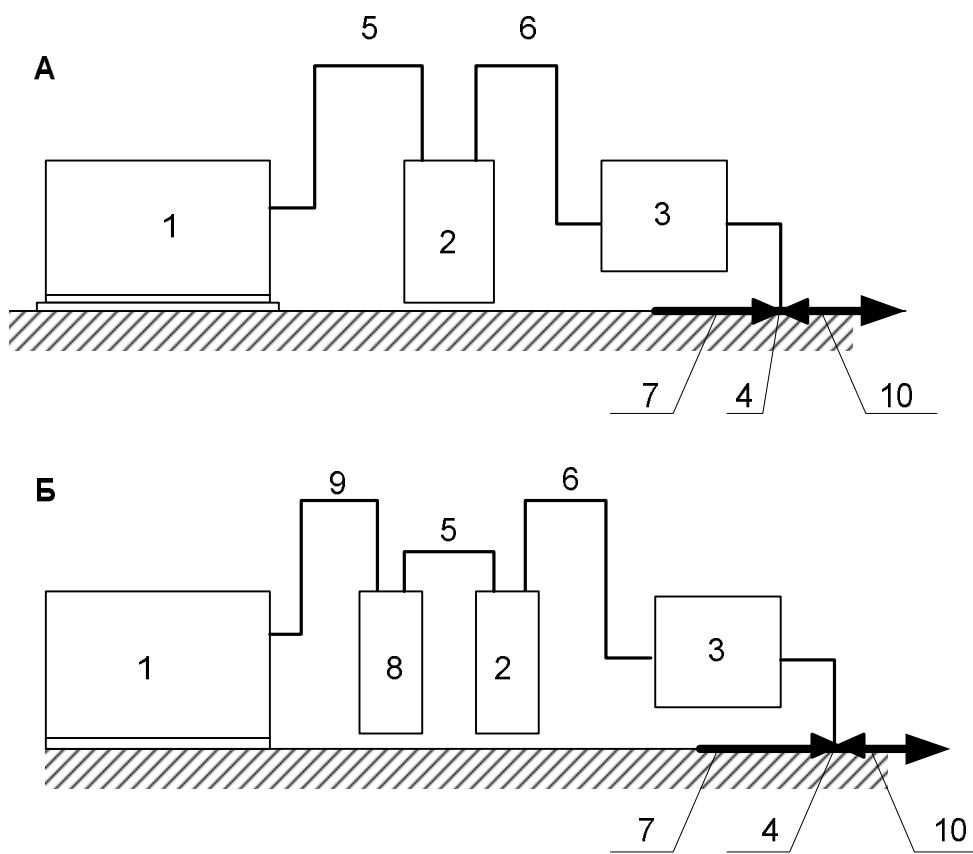


Рис. 6.9. Принципиальная схема получения хлорной воды:
А – без испарителя; **Б** – с испарителем; 1 – емкость с жидким хлором; 2 – грязевик; 3 – хлордозатор; 4 – эжектор; 5, 6 – хлор-газ; 7 – вода; 8 – испаритель; 9 – жидкий хлор; 10 – хлорная вода

В хлораторе хлор-газ проходит дополнительную очистку, давление понижается до вакуумметрического, измеряется расход. В смесителе или эжекторе газ растворяется в воде (более подробно см. ниже).

Хлорная вода отводится от каждого хлор-дозатора по самостоятельному трубопроводу. Как правило эти трубопроводы между собой не соединяются, выполняются из коррозионно-стойких материалов, в них поддерживается давление, создаваемое эжекторами хлораторов и ограничивающее выделение хлор-газа из воды (не менее 0,15–0,20 ати).

Интенсивность испарения хлора зависит от его температуры, а съем хлора от площади испарения. При температуре +16 до +18 °С съем хлора составляет до 3 кг/час с 1 м² площади боковой поверхности контейнера и 0,5–0,7 кг/час из одного вертикально-установленного баллона. Увеличение съема хлора достигается за счет наклонного расположения баллонов (не менее 15 градусов к горизонту) (табл. 6.3).

Таблица 6.3

**Относительное увеличение съема хлора
при наклонном положении баллона**

| Угол наклона, град. | 90 | 30 | 28 | 26 | 24 | 22 | 20 | 18 | 15 |
|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Относительное увеличение съема хлора | 1,0 | 2,0 | 2,1 | 2,3 | 2,5 | 2,7 | 2,9 | 3,2 | 3,9 |

Баллоны устанавливаются под нужным углом наклона в специальной рампе, конструкция которой была разработана ПНУ «Росводоканалналадка» (рис. 6.10). Баллоны параллельно присоединяются к вентилям на сборном коллекторе газообразного хлора при помощи гибких трубок диаметром 10 мм и длиной до 2 м.

Иногда для увеличения съема баллоны обдуваются теплым воздухом (температура не выше + 30 °С). Подогрев баллонов открытым огнем категорически запрещен, так как резкое и значительное повышение давления хлора при таком способе подогрева может вызвать аварию. Во избежание обмерзания не допускается поливать емкости водой.

На схеме Б рис. 6.9 жидкий хлор нагревается и испаряется в испарителе, что позволяет получить от 10–12 до 150–200 кг/час газообразного хлора.

Нередко в хлораторных малой и средней производительности (до 10–50 кг/час), эксплуатируются испарители упрощенной конструкции змеевикового типа с ручным обслуживанием (рис. 6.11, А).

Жидкий хлор поступает по патрубку 3 в змеевик 5, погруженный в горячую воду, испаряется и отводится патрубком 4. Корпус испарителя заполняется проточной горячей водой (вход по патрубку 1, ее отведение по патрубку 2).

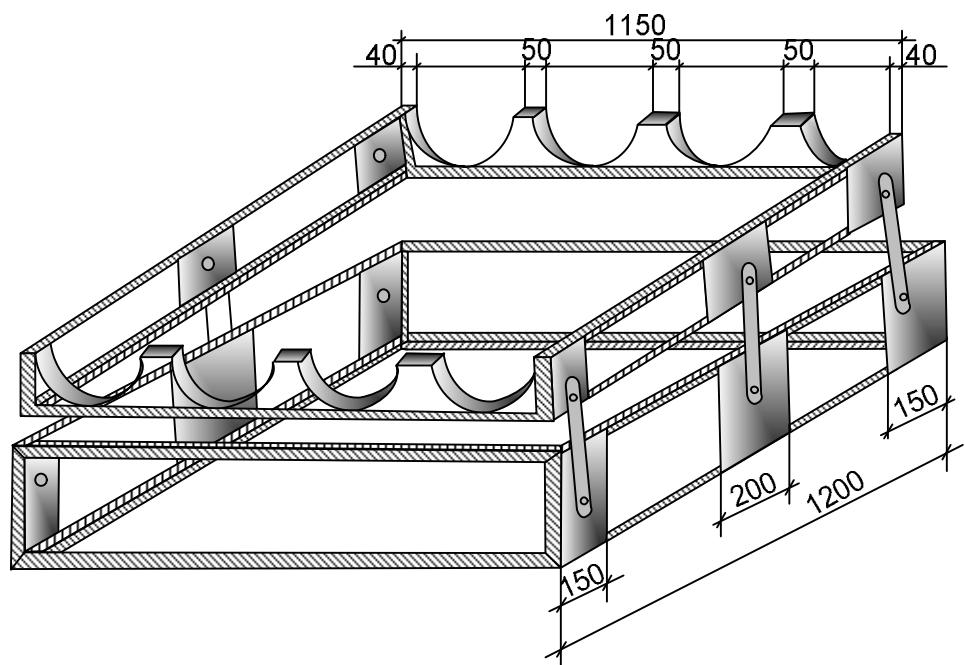


Рис. 6.10. Рампа для установки баллонов

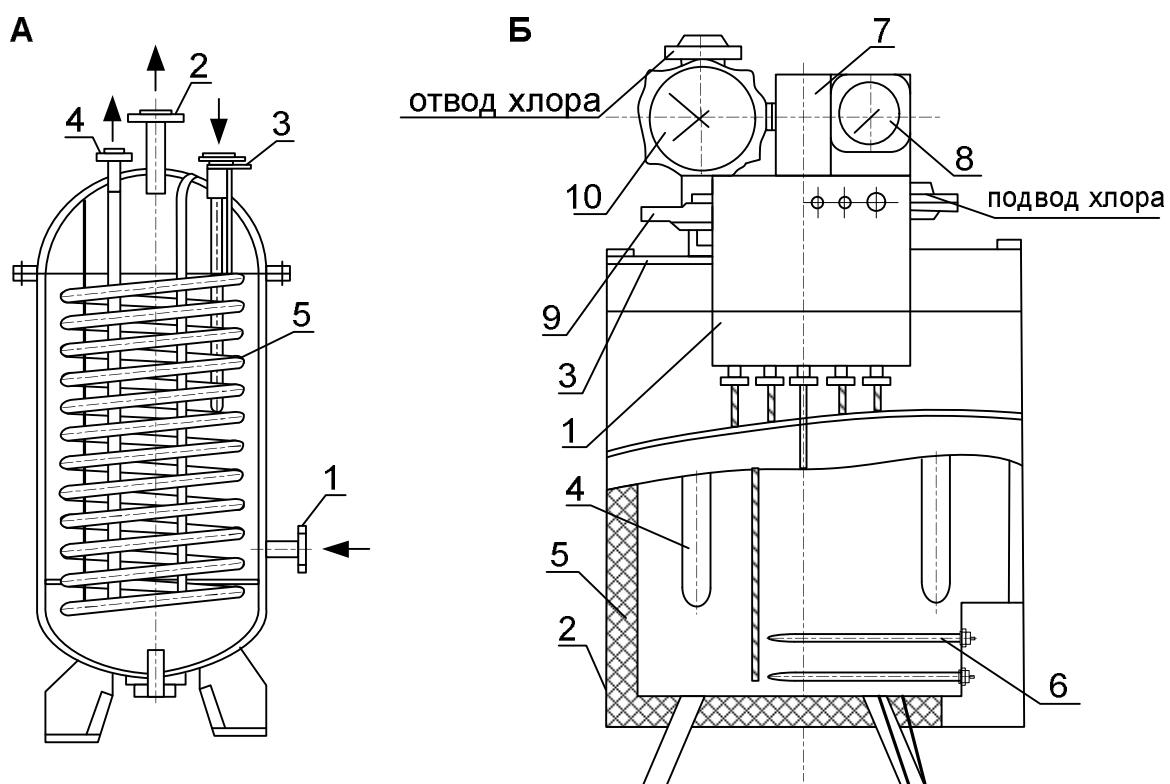


Рис. 6.11. Испарители хлора: А – испаритель змеевикового типа: 1 – вход горячей воды; 2 – выход охлажденной воды; 3 – вход жидкого хлора; 4 – выход хлор-газа; 5 – змеевик для хлора; Б – испаритель ИЖХ-50: 1 – блок управления; 2 – корпус; 3 – крышка; 4 – теплообменник; 5 – теплоизоляция с обечайкой; 6 – теплоэлектронагреватели; 7 – стеклянная мерная трубка; 8 – манометрический термометр; 9 – мембранный разделитель; 10 – электроконтактный манометр

На рис. 6.9, Б приведена схема современного автоматизированного испарителя ИЖХ-50 производительностью до 50 кг/час.

Жидкий хлор под давлением в баллоне или в контейнере поступает в теплообменник испарителя, представляющий собой изогнутую трубу, нагревается находящимся в теплообменнике раствором (0,05 % водный раствор силиката натрия), испаряется и в виде хлор-газа отводится по хлоропроводу. Раствор в корпусе теплообменника нагревается теплоэнергогенератором (ТЭН) до 68 ± 2 °С и эта температура автоматически поддерживается с помощью электроконтактного манометрического термометра. Рабочее давление жидкого хлора, поступающего в змеевик, принимается в пределах 2–4 ати, но не более 16 ати.

На выходе газа из испарителя устанавливаются редукционный и запорный клапаны, что позволяет поддерживать в газопроводе от испарителя до хлоратора давление не более 4–6 ати.

Интенсивность испарения жидкого хлора ограничивается недопущением обмерзания баллонов или контейнеров и необходимостью полностью исключить попадание жидкого хлора – уноса в газопровод.

Во время разбора хлора измеряется и регулируется его расход, давление и температура, контролируется и регулируется работа испарителя, расходы и давления воды до и после эжектора, с помощью анализаторов проверяется концентрация хлора в хлорной воде.

Контроль работы испарителей предусматривает измерение температуры греющей среды (теплоносителя). В автоматизированных испарителях этот контроль и регулирование осуществляются автоматически, для испарителей со змеевиком – вручную. В последнем случае температура горячей воды принимается от 20 до 15 °С, а в охлажденной – на 5 °С ниже. Испарители оборудуются автоматическими устройствами, прекращающими процесс и отключающими испаритель при нарушении режима подогрева. Для дозирования газообразного хлора и приготовления хлорной воды предназначены хлордозаторы вакуумного типа.

В Правилах [7] сформулированы общие требования безопасности, предъявляемые к технологической схеме отбора и дозирования хлора и приготовления хлорной воды:

Должна быть исключена возможность поступления воды в хлорные коммуникации; поддержание вакуума (обычно 5–8 атм), во всех узлах хлоропроводов после вакуумного регулятора (редуктора), меры по защите хлора от проникновения воды из эжектора, и по прекращению подачи хлора при нарушении условий поступления питающей воды в эжектор.

В соответствии с этими требованиями в хлораторах применяют две конструктивных схемы для узла, отделяющего хлорнесущие элементы от хлорируемой воды: обратные клапаны у эжекторов или разделительные

камеры-смесители. В последнем случае часть камеры над поверхностью хлорируемой воды заполнена хлор-газом, что препятствует попаданию в редуктор воды во время аварии.

К хлораторам такого типа относится ЛОНИИ-СТО (рис. 6.12, А), который выпускался отечественной промышленностью с 1939 г. и зачастую применяемый в настоящее время [32].

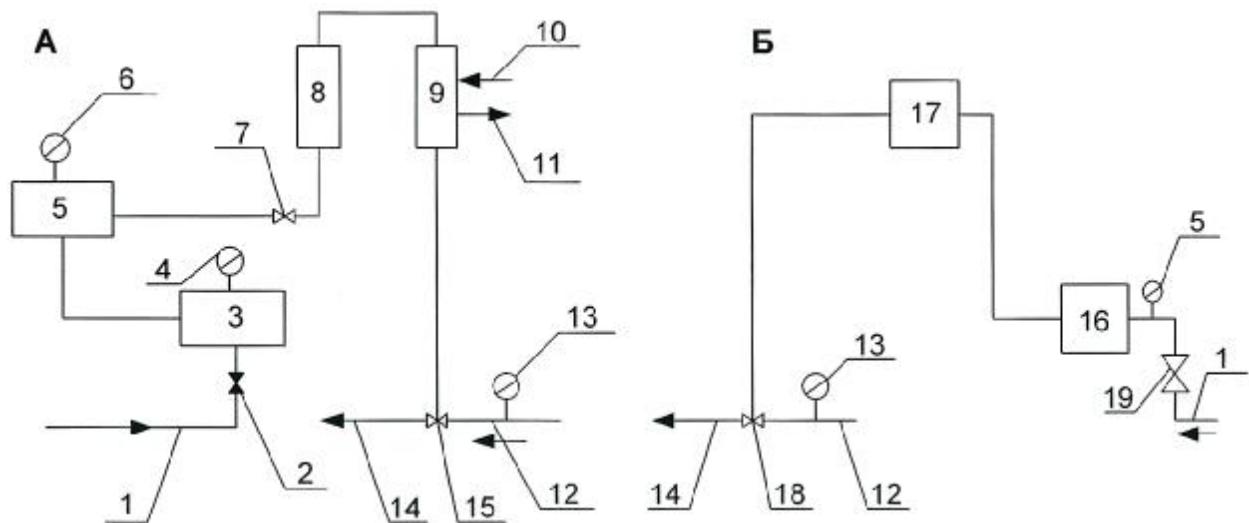


Рис. 6.12. Принципиальная схема хлораторов: 1 – хлор-газ; 2 – обратный клапан; 3 – фильтр; 4 – манометр высокого давления; 5 – редуктор; 6 – манометр низкого давления; 7 – вентиль ручного регулирования; 8 – ротаметр; 9 – смеситель; 10 – подача воды; 11 – перелив хлорной воды; 12 – подача воды; 13 – манометр; 14 – хлорная вода; 15 – эжектор; 16 – вакуумный регулятор с обратным клапаном; 17 – ротаметр-дозатор; 18 – эжектор; 19 – вентиль

Газообразный хлор под высоким давлением, соответствующим условиям испарения, дополнительно очищается в фильтре 3 и проходит редуктор 5, где давление снижается до вакуумметрического. Перепад давлений, создаваемый редуктором, контролируется при помощи манометров 4 и 6. Расход хлора измеряется ротаметром 8. Растворение хлор-газа до концентрации 1–2 г/л происходит в смесителе 9, из которого раствор отсасывается эжектором 15 и одновременно разбавляется водой. Эжектор создает во всей системе, начиная с редуктора, вакуум, необходимый по условиям безопасной эксплуатации. Работа хлоратора регулируется вручную вентилем 7. Основной недостаток рассматриваемой схемы заключается в опасности отказа в случае меньшения расхода или полного прекращения подачи воды по линии 12. Тогда эжектор перестает создавать вакуум, и вся система оказывается под повышенным давлением, что недопустимо. Этот недостаток устранен в конструкциях хлордозаторов АХВ-1000 и ЛОНИИ-СТО-КМ. В первом из них предусмотрен обратный клапан, отключающий смеситель от хлорирующей части хлоратора в аварийной ситуа-

ции; во втором отсутствует смеситель, изменены конструкции эжектора и редуктора, а смешение и растворение хлор-газа происходит непосредственно в эжекторе.

Хлоратор АХВ-1000, являющийся усовершенствованной модификацией хлоратора ЛОНИИ-СТО, может быть включен в систему автоматизированного сбора и контроля текущих эксплуатационных параметров.

Система обеспечивает измерение остаточного хлора в воде РЧВ, либо на выходе из контактных резервуаров в интервале от 0 до 5 мг/л и регулирование расходов хлора от 0,1 до 2,0 и от 2 до 40 кг/ч.

Включение в систему компьютера позволяет контролировать как режим хлорирования, так и оперативно отслеживать такие аварийные ситуации, как слив воды из смесителя через переливную трубу, обратный ток воды при прекращении работы эжектора и другие. В этих случаях подаются тревожные сигналы обслуживающему персоналу, а аварийные ситуации блокируются [32].

На рис. 6.12, Б приведена принципиальная схема хлоратора венгерского производства марки «ADVANCE», которая обеспечивает саморегулировку в случае случайного изменения расхода хлора. Такие изменения не редко возникают при колебаниях давлений в хлоропроводе. Мембранный регулятор 16 делит систему на напорную и вакуумную зоны. Регулятор связан с вентилем (клапаном) 19 в месте ввода газообразного хлора в систему, т. е. на выходе из испарителя или из емкости в схеме без испарителя. При изменении расхода хлора регулятор посылает импульс клапану на открытие или закрытие. Необходимый расход хлора устанавливается при помощи ротаметра-дозатора 17. Хлоратор не имеет отдельного смесителя и хлорная вода образуется в эжекторе специальной конструкции 18, оборудованным обратным клапаном. Хлоратор «ADVANCE» поддерживает вакуум до 5 МПа, а при снижении вакуума до нуля автоматически отключается. Регулирование и изменение дозы хлора может так же проводится дистанционно вручную.

По опыту работы на водопроводе г. Уфы, где эксплуатируются хлораторы марки «ADVANCE», они устойчиво саморегулируются и обеспечивают точную дозировку хлора.

6.3.4. Эксплуатация системы приготовления хлорной воды

Эксплуатационный процесс включает: непрерывное приготовление хлорной воды, содержащей требуемые дозы хлора, изменение этих доз согласно производственному регламенту, замену емкостей жидкого хлора по мере их опорожнения, производственный контроль за работой оборудования, контроль за техническим состоянием оборудования, поддержа-

ние необходимых санитарно-гигиенических и безопасных условий труда, содержание системы безопасности в работоспособном состоянии.

Производственный персонал состоит из дежурных операторов (хлораторщиков). Хлораторщики включают технологическую линию приготовления хлорной воды, устанавливают заполненные жидким хлором емкости и заменяют их при опорожнении. Операторы контролируют работу технологической линии, проводят по необходимости регулировку, следят за поддержанием заданного режима работы, своевременно выявляют и устраняют всякого рода неисправимости, обеспечивают условия безопасной жизнедеятельности на производственных площадках, участвуют в ликвидации аварий.

Расчетная производительность линии целиком зависит от условий испарения жидкого хлора (см. рис. 6.9). В схемах без испарителей расход обусловлен температурой хлора и площадью испарения, а в схемах с испарителем-давлением в емкостях и гидравлическими сопротивлениями в линии жидкого хлора. В первом случае получение требуемого расхода хлора достигается путем параллельной установки нескольких емкостей, их подогревом теплым воздухом, либо подбором соответствующего наклона баллонов (см. табл. 6.3). Во втором случае регулировка производится путем изменения степени открытия хлорного вентиля на участке хлоропровода «емкость-испаритель».

Заполненный контейнер или баллон доставляется в помещение испарительной и устанавливается на весах. При небольших расходах в помещении хлордозаторной допускается установка одного баллона хлора массой не более 70 кг.

Доставленная со склада емкость или несколько параллельно устанавливаемых емкостей осматриваются, при необходимости прочищаются вентили, взвешиваются, а затем соединяются с грязевиками или испарителями. К одному испарителю разрешается параллельно присоединить не более двух контейнеров или баллонов.

Перед пуском хлора включается система подогрева испарителей и эжекторы хлордозаторов, проверяется состояние регулировочных вентилей (должны быть закрыты) и вентилей у испарителей (открыты). Поскольку в момент пуска существует опасность прорыва хлора в помещение, весь персонал предупреждается о начале операции.

Хлораторщики одеваются противогазы когда включается аварийная вентиляция. Затем постепенно открывается хлорный вентиль у емкостей, жидкий хлор поступает в испаритель и после испарения через грязевик в газообразном состоянии в хлордозатор. Производится открытие регулировочного вентиля. Вентили регулируются так, чтобы на участке жидкого хлора давление не превышало 1,0–1,2 МПа, на участке от емкости до регулирую-

щего вентиля давление хлор-газа – 0,4–0,6 МПа, а в вакуумной части вакуум соответствовал паспортным данным хлордозатора. Необходимое понижение давления в вакуумной зоне создается эжектором и зависит от расхода проходящей через него воды. Этот расход (рекомендуемый в паспорте хлордозатора) составляет приблизительно 4 м³/час. Давление воды перед эжектором ограничивается 0,5–0,6 МПа, после эжектора – 0,05 МПа.

Оперативный контроль за работой технологической линии включает наблюдение:

- за расходом газообразного хлора по показанием ротаметра (текущий расход) и по изменению массы емкости с хлором, установленной на весах;
- за поддержанием вакуума в вакуумной части хлордозатора.

Уменьшение вакуума вызывается снижением расхода воды, проходящей через эжектор. Причиной может оказаться понижение напора перед эжектором или рост гидравлических сопротивлений в линии хлорной воды после эжектора. В последнем случае не исключено засорение вентиля на линии хлорной воды, сопла эжектора и т. д., а также увеличение противодавления в месте присоединения линии хлорной воды к трубопроводу очищаемой воды.

Увеличение давления в хлоропроводе на участке от испарителя до редуктора указывает на рост аэродинамического сопротивления хлоропровода, может возникнуть вследствие его засорения.

Повышение давления в линии жидкого хлора объясняется ростом гидравлического сопротивления – при засорении вентиля, а снижение – из-за опорожнения контейнера или баллона.

Необходимые регулировки выполняются хлораторщиком, а в автоматизированных системах автоматически.

О приближающемуся опорожнению тары судят по уменьшению массы хлора, по падению его давления в емкости и по повышению температуры поверхности.

Операция по удалению опорожненной тары включает оповещение об этом персонала, который повышает условия безопасности (работа в противогазах, включение вентиляции). Вентили на емкости и на линии жидкого хлора закрываются, емкость отсоединяется, взвешивается, на вентиль тары одевается защитный колпак и она переносится в специальное хранилище расходного склада.

Помимо указанных выше производственных операций, операторы постоянно следят с помощью сигнализаторов и индикаторов за отсутствием хлора в помещениях, за работой систем производственной вентиляции, обеспечивающих двенадцатикратный воздухообмен в хлордозаторной и испарительной, контролируют дозы хлора в воде с помощью анализаторов, например, АХВ-М2, ВАКХ-2000, АХПВ-1 и др. [35].

6.3.5. Техническое обслуживание и ППР хлорного хозяйства

Танки базисных складов ежегодно освидетельствуются работниками базисного склада и один раз в четыре года специализированной организацией, осматривают и проверяют техническое состояние запорной арматуры, предохранительных клапанов, сифонов, ремонтируют изоляцию, производят окраску корпуса снаружи, испытывают танк на плотность.

Пневматическое испытание выполняется при рабочем давлении хорошо осущененным воздухом с точкой росы – 40 °С.

Регулярные (каждые два года) освидетельствования контейнеров и баллонов включают наружный и внутренний осмотр и гидравлическое испытание. Ревизия этой тары с проверкой состояния вентилей проводится при каждом наливе.

Ежегодное обследование хлоропроводов предусматривает ревизию запорной арматуры и предохранительных клапанов и пневматическое испытание на плотность трубопроводов.

Через два года после сдачи в эксплуатацию и далее через каждые четыре года проводится выборочная ревизия состояния трубопроводов и одновременное их испытание на прочность и плотность. При каждой расстыковке фланцевых соединений заменяются прокладки.

Внешний осмотр хлордозаторов и всего блока приготовления хлорной воды проводится ежесуточно, желательно каждую смену.

Два раза в год необходима разборка, чистка, сборка коммуникаций с заменой изношенных труб, прокладок и с последующей опрессовкой.

Осматриваются и промываются испарители хлора и грязевики, чистятся, ремонтируются и опрессовываются вентили и запорные клапаны, промываются ротаметры и эжекторы.

Содержание технического осмотра и ремонта хлордозаторов новых типов указана в заводских инструкциях.

Выполняется ежегодный капитальный ремонт всей технологической линии с заменой аппаратуры и поврежденных деталей, поверкой на герметичность всех соединений, устранением утечек, разборкой и заменой изношенных деталей испарителей, грязевиков, хлоропроводов, наладкой узла хлордозирования.

Осмотр приборов и элементов контроля и средств автоматизации проводятся каждую смену, раз в год необходим текущий ремонт, каждые 2–3 года капитальный. Технический осмотр и текущий ремонт сводится к проверки точности приборов на стенде или на месте, систем автоматизации и контроля на месте в соответствии с паспортом или специальными инструкциями. Капитальный ремонт предусматривает замену изношенных элементов, тарировку и испытание после ремонта, замену КИП.

6.3.6. Меры безопасности при эксплуатации хлорного хозяйства

Эксплуатация хлорного хозяйства сопряжена с риском возникновения опасных ситуаций, вызванных попаданием сильнодействующего ядовитого вещества в рабочие зоны и на окружающие территории.

Поэтому приказом руководства организации выделяется ответственный работник, персонально отвечающий за безопасную эксплуатацию хлорного хозяйства и имеющий соответствующие полномочия.

Наиболее опасными этапами производственного процесса следует считать погрузочно-разгрузочные работы, операции по включению емкостей с жидким хлором в технологическую линию получения хлорной воды и по отключению от нее, хранение емкостей с жидким хлором в хранилищах и на открытых площадках.

Опыт показывает, что часто непосредственными причинами выброса хлора является: отрыв запорных вентилей емкостей, повреждение контейнеров и баллонов, повреждение хлоропроводов, попадание внутрь тары, трубопроводов, грязевиков и испарителей воды, разгерметизация фланцевых соединений.

При повреждениях следует ожидать значительного выброса хлора: в случае отрыва вентилей контейнера до 200 кг газообразного хлора, при разрушении корпуса контейнера выброс жидкого хлора может достигнуть 1000 кг. Испарение хлора с 1 м² площади растекания составляет 5–6 кг/час.

При разрушении хлоропроводов величина выброса достигает 150 кг (хлор-газ) и 250 кг (жидкий хлор).

Общие причины аварийных ситуаций относятся к техническим (отказы оборудования) или к эксплуатационным ошибкам (небрежное выполнение обязанностей персоналом, нарушение регламента работы и т. д.).

Утечки хлора возникают вследствие коррозии емкостей, труб, оборудования, при механическом повреждении вентилей и фланцевых соединений.

Мы уже отмечали, что все объекты хлорного хозяйства оснащены газоанализаторами и индикаторами, регистрирующими появление хлора в воздухе. Сигналы об этом требуют срочного поиска мест утечек и немедленного устранения повреждений, для чего используются табельные средства.

Каверны, небольшие трещины, как уже отмечалось, временно закрываются мокрыми тряпками.

Баллоны погружают в дехлорирующий раствор, либо помещаются в герметичные футляры.

Поврежденные контейнеры срочно опорожняются путем перелива хлора в резервные порожние емкости. Аналогично поступают на базисных складах, где каждый танк соединен с резервным порожним.

Ремонтные работы по устраниению утечек хлора по возможности выполняют вне здания.

Особенно тщательно необходимо следить за выполнением погрузочно-разгрузочных работ, при проведении которых емкости должны быть защищены от резких толчков и ударов.

Нередко тяжелые аварии возникают при открытом хранении баллонов и контейнеров из-за разгерметизации тары при нагреве солнечными лучами.

Обязательным условием снижение рисков аварий при эксплуатации является четкий контроль за соблюдение правил выполнения производственных работ. Это целиком относится к проведению технического обслуживания и проведению планово-предупредительных ремонтов, а также к надежной охране объектов хлорного хозяйства.

На объектах хлорного хозяйства должна быть создана профессиональная аварийно-спасательная служба, а также нештатные аварийно-спасательные формирования из числа сотрудников. Аварийно-спасательная служба обязана обеспечить оперативность и эффективность действия в случае аварии и оснащается табельными средствами. Персонал хлорного хозяйства проходит специальную подготовку, должен строго выполнять требования безопасного ведения работ, знать отличительные признаки и потенциальную опасность хлора, пути эвакуации в случае аварии, способы и средства индивидуальной защиты от поражения хлором, правила оказания первой помощи пострадавшим.

6.3.7. Постхлорирование

Хлорная вода смешивается с фильтрованной непосредственно в трубе. Линия хлорной воды врезается в линию фильтрата на расстоянии не ближе 50 диаметров последней от резервуара чистой воды.

Продолжительность процесса обеззараживания в обычных условиях составляет 30 мин при использовании активного и 60 мин – связанного хлора (хлорамина).

Чаще всего продолжительность пребывания хлорированной воды в резервуарах чистой воды (РЧВ) оказывается значительно большей. В противном случае (например, при отключении части РЧВ на ремонт или профилактику) дозу хлора следует увеличить (до 100 %).

На выходе из РЧВ в воде должно содержаться 0,3–0,5 мг/л остаточного свободного, или 0,8–1,2 мг/л связанного хлора, что необходимо для prolongирования (продления) бактерицидного действия.

Заметим, что эффективность обеззараживания зависит от мутности обрабатываемой воды. Хотя корреляция между мутностью и эффектом

обеззараживания не выявлена, но однозначно установлено негативное влияние мутности.

В некоторых конкретных условиях выясняется необходимость снижения мутности ниже ПДК по органолептическому признаку (1,5 мг/л) – до 1,0–0,5 мг/л и даже до 0,3–0,1 мг/л, без чего эпидемиологическая безопасность питьевой воды не может быть гарантирована.

При эксплуатации узлов постхлорирования контролируется содержание остаточного хлора в водоводах на выходе из насосных станций второго подъема.

6.4. Эксплуатация смесителей воды с реагентами

6.4.1. Режим смешения реагентов с водой

Смесители предназначены для равномерного распределения реагентов в потоке обрабатываемой воды и для создания условий необходимых при химических реакциях.

Режим смешения количественно оценивается значениями градиента скорости перемешивания и числом Кэмпа (произведением градиента на продолжительность перемешивания).

Значения указанных параметров определяются методом тестирования и меняются для различных водных сезонов.

Прохождение первого этапа коагуляции (гидролиз и образование нерастворимых зародышей гидроксидов алюминия или железа) теоретически длится менее 1 секунды, что позволяет принимать очень большие значения градиента, скорость G до 800–1000 1/с. Обычно продолжительность пребывания воды в смесителе принимается более длительной (до 30–200 с), а число Кэмпа в зависимости от качества воды и видов коагулянта – до нескольких десятков тысяч и даже до $(100–200) \cdot 10^3$.

Если реагент смешивается с уже коагулированной водой (например, при вводе флокулянтов), в смесителях не должны создавать большие значения градиента перемешивания во избежание пептизации уже образовавшихся хлопьев ($G \leq 80–100$ 1/с).

В отечественной практике большое распространение получили гидравлические смесители, в которых турбулизация потока создается за счет местных сопротивлений, либо увеличения (или снижения в вихревых смесителях) скоростей потока обрабатываемой воды.

Механические смесители позволяют оперативно вмешиваться в процесс смешения, т. е. управлять им, однако требуют дополнительных затрат энергии.

В смесителе должна пройти лишь первая фаза коагуляции, при которой происходит помутнение воды, но еще не образуются хлопья.

Обычно коагулянт и другие реагенты вводятся в поток на входе в смеситель. Если первая фаза (образования микрочастиц) при коагуляции не завершается в смесителе, меняют место введения реагентов – переносят точку ввода в подающий трубопровод или даже во всасывающую линию питающего насоса. Если, наоборот, фаза заканчивается в смесителе, точку ввода переносят ближе к выходу из него (рис. 6.13).

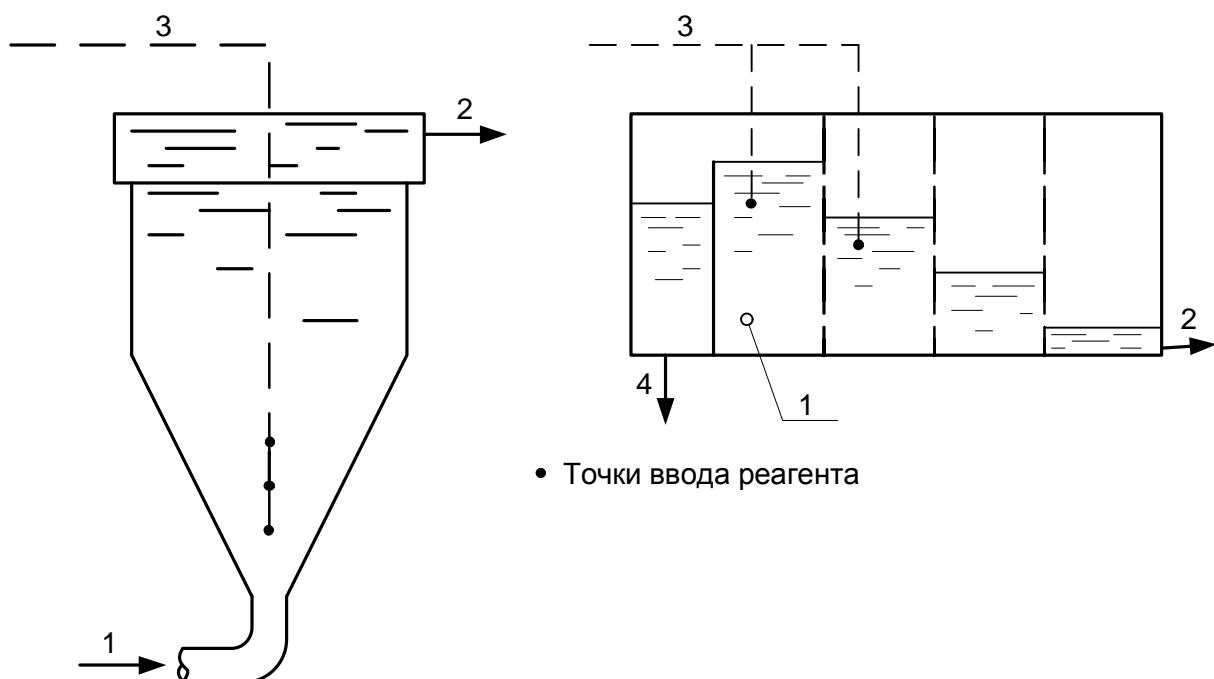


Рис. 6.13. Возможные точки ввода реагента при регулировке в вертикальный и дырчатый смесители: 1 – подача воды; 2 – отвод воды; 3 – подача реагента; 4 – перелив

При эксплуатации смесителей важно, чтобы их объем использовался полностью (коэффициент объемного использования был наибольшим). Это достигается рациональной конструкцией и равномерным распределением воды.

В лотковых смесителях равномерность распределения воды по глубине потока достигается установкой дырчатых распределительных труб.

При эксплуатации лотковых смесителей важно не допустить подсоса воздуха. Для этого в перегородчатых смесителях проходы в перегородках должны быть затоплены на 10–15 см. В дырчатых смесителях верхний край отверстий затапливается на глубину 10–15 см. Отвод из смесителя выполняется на глубине не менее 50–60 см.

Интенсифицировать перемешивание в дырчатых смесителях можно, уменьшив число отверстий в перегородках, или установив дополнительные перегородки.

Увеличение интенсивности перемешивания в гидравлических смесителях иногда достигается рециркуляцией с установкой циркуляционных насосов, забирающих воду в конце и подающих ее в начало смесителя. В случае введения коагулянтов такое решение представляется сомнительным, так как может привести к пептизации хлопьев гидроксидов алюминия или железа, возможность появления которых трудно полностью предотвратить.

Хороший эффект дает введение сжатого воздуха. Воздух не только усиливает перемешивание, но и улучшает технологические свойства коагулированной взвеси, поскольку способствует частичному удалению свободной углекислоты, образующейся при гидролизе кислого коагулянта. Углекислота сорбируется частицами хлопьевидной взвеси и вызывает их флотацию. Наиболее неблагоприятно процесс флотирования хлопьев сказывается на осветлении маломутных цветных вод, особенно в условиях низких температур, когда вязкость воды увеличивается. Аэрация улучшает структуру хлопьев: делает их более плотными и менее газонаполненными. Воздух следует распределять дырчатыми трубами, размещаемыми ближе к месту ввода реагента. Расход воздуха рекомендуется принимать в пределах 20–50 % от расхода обрабатываемой воды.

На небольших станциях смешение производится в трубопроводах. Трубка, подводящая раствор реагента, должна доходить до оси трубопровода и быть срезана под углом 45°. Протяженность участка смешения должна составлять не менее 40–50 диаметров трубы.

При необходимости быстрого смешения (например, на станциях с контактными осветлителями воды) хорошо зарекомендовали себя гидродинамические смесители (рис. 6.14). Раствор реагента распределяется дырчатой трубой внутри трубопровода, по которому протекает часть обрабатываемой воды. Первичная смесь воды и реагента имеет повышенную концентрацию. Затем эта смесь дырчатой трубой распределяется и перемешивается потоком исходной воды.

Оптимальные условия смешения достигаются в высокоскоростных механических смесителях турбинного или пропеллерного типа, обеспечивающих почти мгновенное распределение реагента и высокие значения градиента скорости перемешивания. Такие смесители легко регулируются,

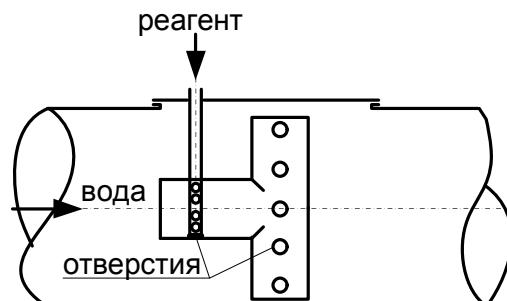


Рис. 6.14. Схема гидродинамического смесителя

позволяют повысить плотность образующихся при последующей очистке хлопьев, сократить затраты реагентов.

Регулирование производится как изменением числа оборотов ротора мешалки, так и продолжительности перемешивания, за счет параллельного включения разного количества установок.

6.4.2. Контроль за режимом смешения

Контроль за работой смесительных устройств осуществляют согласно технологическим картам, в которых указываются перечень и значения контролируемых технологических параметров работы, а также методики и периодичность контроля.

О равномерности распределения реагентов в потоке обрабатываемой воды можно судить по концентрации реагентов или другим показателям качества в пробах, отбираемых в разных точках живого сечения потока, выходящего из смесителя. Пробы отбираются ботометром или резиновым шлангом.

Эффект смешения находится по зависимости

$$\mathcal{E}_{cm} = \frac{\Delta C}{\Delta C_{полн}},$$

где ΔC – фактическое изменение средней концентрации данного реагента (соли) в пробах воды; $\Delta C_{полн}$ – то же при полном смешении в лабораторных условиях.

При коагуляции воды кислыми реагентами контролируется щелочность, которая понижается

$$\Delta C = \text{Щ}_{исх} - \text{Щ}_\phi; \quad \Delta C_{полн} = \text{Щ}_{исх} - \text{Щ}_{полн},$$

где Щ_ϕ и $\text{Щ}_{полн}$ – щелочность в пробах воды и полученная в лабораторных условиях при данной дозе коагулянта. Показатель \mathcal{E}_{cm} , определяется достаточно часто (до 1 раза в час).

Косвенным показателем регламентной работы гидравлического смесителя служит скорость движения воды в его характерных точках. Работа механических смесителей контролируется путем изменения количества оборотов ротора или мощности, потребляемой электродвигателем.

6.4.3. Эксплуатация и профилактическое обслуживание смесителей. ППО и ППР

При эксплуатации смесителей персонал обязан:

– вести постоянное наблюдение за равномерностью распределения реагентов и осуществлять соответствующую регулировку;

- контролировать скорость движения воды;
- прочищать отверстия в трубах подачи и распределения реагентов в смесителях;
- регулировать работу систем подачи воздуха и мешалок, проводить профилактическое обслуживание механизмов и оборудования;
- ежемесячно очищать корпуса и детали смесителей от накопившегося в них осадка;
- не реже раза в год при участии технолога (главного инженера станции) проводить внутренний осмотр стен и перегородок смесителей.

В регламент ППР включается ежегодная промывка стен и перегородок смесителя от грязи, осмотр регулирующих задвижек, перенабивка сальников.

Один раз в год осуществляется проверка герметичности сооружений и коммуникаций.

Механические смесители регулярно осматриваются и проводится профилактическое обслуживание приводных механизмов – двигателей, редукторов, мешалок.

Сезонная корректировка и оптимизация процесса перемешивания осуществляется опытным путем, для механических смесителей изменением числа оборотов ротора мешалки, для гидравлических – изменением места ввода реагентов в поток воды.

В [14] приводятся некоторые причины неудовлетворительной работы гидравлических смесителей:

- неправильный (одновременный) ввод коагулянтов и флокулянтов;
- попадание воздуха в воду на выходе из смесителя;
- недостаточная скорость в смесителе, что уменьшает градиент скорости перемешивания;
- излишняя продолжительность пребывания воды в смесителе, при которой в нем начинается фаза хлопьеобразования;
- низкий коэффициент использования объема как причина неравномерного распределения реагентов.

Последнее обстоятельство объясняется ошибками в установке перегородок, занижением (или засорением) отверстий в перегородках, неравномерностью сбора и отведения воды из смесителей вихревого типа.

6.5. Техническая эксплуатация камер хлопьеобразования и отстойников

Завершение процесса коагуляции и осветления воды отстаиванием происходит в камерах хлопьеобразования и отстойниках, которые могут быть двумя самостоятельными сооружениями или конструктивно объединены в одно сооружение. В камере хлопьеобразования должна протекать

вторая фаза коагуляции – формирование хлопьев, имеющих достаточно большую гидравлическую крупность, а в отстойниках седиментация уже образовавшихся грубодисперсных примесей.

Хлопьеобразование проходит по закономерностям коагуляции в объеме, процессе, который инициируется под влиянием ортотинетических факторов [4]. Для этого в камере создается медленное и постоянное перемешивание воды, не вызывающее разрушения формирующихся хлопьев, но достаточное для поддержания их во взвешенном состоянии.

Отстойники являются сооружениями, в которых завершается грубая очистка воды с доведением концентрации взвешенных веществ до 8–12 мг/л.

В настоящей работе нами рассматривается эксплуатация горизонтальных отстойников, применяемых на водопроводных станциях средней и большой производительности.

Эффективность осаждения в отстойниках зависит от результатов предшествующей подготовки воды в камерах хлопьеобразования. На процесс влияет правильность выбранного состава реагентов и их доз, мутность, щелочность и РН воды, содержание органических примесей и другие факторы.

А.А. Кастьяльский [25] установил, что график, связывающий эффект осветления с гидравлической крупностью ГДП в интервале значений последней от 1,2 до 0,2 мм/с, может быть аппроксимирован прямой, на чем основан упрощенный метод определения необходимой гидравлической крупности по значению требуемого эффекта осветления.

6.5.1. Эксплуатация камер хлопьеобразования

Камеры хлопьеобразования по конструкции делятся на камеры гидравлического типа и флокуляторы [4].

В первых, из них (перегородчатые, вихревые) перемешивание создается вследствие возмущений, вызываемых местными сопротивлениями (перегородки), либо при замедленном движении потока. В камерах-флокуляторах перемешивание производится мешалками, а в аэрофлокуляторах – барботажем воздуха.

Оптимальный режим перемешивания обусловлен многими факторами и его следует находить опытным путем. В литературе рекомендуется принимать градиент скорости перемешивания в пределах 50–60 1/с, а критерий Кэмпа для маломутных, цветных воды, обработанных сернокислым алюминием, $200 \cdot 10^3 - 300 \cdot 10^3$, для вод средней цветности и мутности – $25 \cdot 10^3 - 3 \cdot 10^3$.

Выше мы отмечали, что качество хлопьеобразования зависит от правильности реагентной обработки воды, от температуры и мутности. Для ма-

ломутных цветных вод практикуется искусственное замутнение воды супензиями глины, а также оборудование гидравлических камер рециркуляторами. Эта же задача решается пропуском коагулированной воды через слой гравия, либо путем создания в камере псевдоожженного слоя гранул вспененного полистирола. На поверхности зерен гравия или гранул полистирола вследствие энергичной контактной коагуляции будет образовываться слой осадка, который в процессе непрерывной самопромывки смыывается в виде сформированных хлопьев. Управление процессом хлопьеобразования возможно только для флокуляторов, а для камер гидравлического типа оптимизируется за счет совершенствования режима реагентной обработки.

Большое влияние на результаты хлопьеобразования оказывает гидравлическое совершенство камер, оцениваемое коэффициентом использования объема сооружений.

После нормального хлопьеобразования в отстойники должна поступать вода, содержащая хорошо сформированные хлопья, заметные невооруженным глазом. Как это предусматривается технологической картой, оператор регулярно отбирает на выходе из каждой камеры пробы воды, заливает их в стеклянный цилиндр и визуально оценивает качество процесса. Особенно внимательно за ходом хлопьеобразования следят при сезонной смене режима реагентной обработки.

Операторы равномерно распределяют воду между камерами, используя в качестве расходомеров водосливы и другие проторированные местные сопротивления. Проверку правильности распределения рекомендуется делать не реже одного раза в смену.

В гидравлических хлопьеобразователях со взвешенным слоем регулярно проверяется уровень псевдоожженного слоя. Контролируется работа флокуляторов, и по необходимости измеряется количество оборотов роторов перемешивающего механизма.

При обслуживании аэрофлокуляторов следят за расходами воздуха и визуально за его равномерным распределением.

Определенные трудности связаны с поддержанием достаточной эффективности нерегулируемых гидравлических камер. Причинами их недовлетворительной работы часто оказывается формирование застойных зон и областей вихреобразования, что связано с гидравлическим несовершенством конструкции или с накоплением слоя осадка. Некоторое представление о возникновении такой ситуации может дать одновременный отбор нескольких проб воды из характерных точек камеры. В [25] приводятся примеры обстоятельств, вызывающих недовлетворительное хлопьеобразование. К ним относятся: неравномерное распределение поступающей воды вследствие постоянного засорения отверстий распределительной системы, измельчение хлопьев и неравномерный сбор воды

лотками с водосливами или желобами с отверстиями в камерах вертикального типа, отсутствие или неудачное расположение направляющих перегородок в перегородчатых камерах.

Плановый осмотр и текущий ремонт камер хлопьеобразования проводится ежемесячно. Одновременно выполняется мелкий ремонт трубопроводов и элементов конструкций, тщательный осмотр подводной части флокуляторов, воздухораспределительной системы, рециркуляторов, очистка камер от выпавших осадков.

Если позволяют местные условия, помывку ведут при помощи брандспойтов, а если отсутствует прехлорирование отмывка камер производится 5 % раствором железного купороса с последующей дезинфекцией.

Во время опорожнения камер обращают внимание на места и характер накопления осадков, так как по этому можно судить о расположении мало-проточных областей. Если отключение на промывку снижает производительность водопроводной станции более, чем на 30 %, камеру предварительно осматривает водолаз для окончательного решения вопроса о необходимости чистки. Во всех случаях промывка камер должна проводиться не реже одного раза в год.

Объективным показателем состояния гидравлических камер служит значение коэффициента использования объема, нормальное значение которого должно быть в пределах 0,75–0,85. Исследование по определению коэффициента проводится по решению технologа накануне капитального ремонта и выполняется по стандартной методике.

Плановый капитальный ремонт проводится один раз в три года. Во время капитального ремонта вносят улучшения в конструкции гидравлических камер, производят установку новых перегородок и направляющих щитов, замену изношенных участков трубопроводов, распределительных систем, разборку и замену пришедших в негодность деталей мешалок.

В камерах с рециркуляторами на основании опыта эксплуатации вносятся изменения в конструкцию подающей распределительной системы из телескопических труб и корректируются размеры зазоров между направляющим аппаратом и смесителем.

6.5.2. Эксплуатация горизонтальных отстойников

Общие положения. Отстойники должны обеспечить снижение концентрации грубодисперсных примесей (ГДП), содержащихся в воде, поступающей из камер хлопьеобразования, до 8–12 мг/л, т. е. до концентраций, на которые рассчитаны фильтры.

Действительный эффект осветления, достигаемый в отстойниках, зависит от двух условий: способности грубодисперсных примесей к седimentации и от коэффициента использования объема отстойника.

Первое условие, как уже отмечалось, обусловлено результатами реагентной обработки воды и хлопьеобразования.

При проведении сезонных исследований качества воды источника устанавливается фактическая кинетика процесса осаждения и требуемая гидравлическая крупность ГДП, необходимая для достижения нужной степени отстаивания.

Если исследования показали необходимость увеличения гидравлической крупности, корректируется реагентная обработка, меняются коагулянты (например, используется смешанный алюминиевый и железный коагулянты, образующие более плотные хлопья), применяются флокулянты, замутнители и т. д.

Конструкции типовых горизонтальных отстойников, которыми оборудована большая часть водопроводных станций России, ориентированы на поддержание коэффициентов использования объема в пределах 0,7–0,75.

Горизонтальные отстойники рассчитаны на создание пробкового режима движения и этому способствует правильное соотношение длины, ширины и глубины коридоров. Для уменьшения поперечной циркуляции воды коридоры часто разделяются продольными перегородками на каналы шириной 3,0–4,5 м, а для гашения продольных вихрей, возникающих при расслоении потока из-за разной плотности (разность температур поступающей и находящейся в отстойнике, высокие дозы реагентов и т. д.), устанавливаются дырчатые поперечные перегородки с отверстиями, размещенными равномерно по всей площади, но на 0,3–0,5 м выше зоны накопления осадка. Отверстия экранируются коническими или сферическими успокоителями. Суммарная площадь отверстий диаметрами 100–120 мм должна обеспечивать неразрушающие (для хлопьев) скорости воды, не более 0,2–0,3 мм/с на входной и 0,5 мм/с на выходной перегородке.

Поскольку перегородки сами по себе являются источниками возмущения потока, их расположение по длине коридора уточняется на этапе пуско-наладочных работ, исходя из условий максимального ограничения виз-реобразования.

Важным фактором улучшения гидравлических условий при отстаивании являются широко применяемый способ рассредоточенного сбора воды посредством поверхностных желобов или перфорированных телескопических труб, размещаемых во второй половине длины отстойника, или даже начиная с 1/3 длины, считая от начала.

Возмущения потока приурочены к участкам входа и выхода из отстойника, к местам расположения колонн и других конструктивных выступов, неровностей стенок и дна, связанны с неравномерным накоплением выпавшего из воды осадка.

Длительность межпромывочных периодов работы отстойников в нормативах не регламентирована и составляет от нескольких суток до нескольких месяцев и даже до одного года.

Предполагается, что длительное накопление осадка не вызывает ухудшения качества воды в отстойнике, с чем трудно согласиться. Хотя основная часть осадка представлена минеральными веществами, в них содержится некоторое количество органики и развиваются гнилостные микроорганизмы. Анаэробные условия, возникающие в слое осадка, благоприятствуют появлению клостридий, присутствие которых в питьевой воде считается недопустимым [40].

Осадки состоят из гидроокисей алюминия или железа и водных примесей, находящихся в разных весовых соотношениях.

Осадки мутных вод хорошо уплотняются, но имеют повышенную вязкость, большой угол скольжения (до 65–70°) и высокое напряжение сдвига (иногда до 20–30 Па и более).

Наоборот, осадки маломутных и цветных вод плохо уплотняются, но относительно легкоподвижны [17].

О продувке отстойников, т. е. об удалении из них осадков, будет сказано ниже.

Оперативная работа. Согласно [36] операторы регулируют распределение нагрузки между отдельными отстойниками, следят за накоплением осадка и производят его удаление, следят и поддерживают в работоспособном состоянии оборудование отстойников, трубопроводы, водосливы и лотки.

Все работы выполняются при помощи технологических карт, содержащих перечень контролируемых и поддерживаемых значений технологических параметров и указания по методикам, способам и периодичности контроля.

Отстойники относятся к тем сооружениям, которые особенно чувствительны к колебаниям расходов.

По мере изменения режимов подачи воды операторы равномерно распределяют расходы между отдельными сооружениями, обращая особое внимание на плавность регулировки. Регулирование обеспечивается степенью открытия задвижек перед камерами хлопьеобразования. Задвижки на отводе воды из камер хлопьеобразования и из отстойников должны быть всегда полностью открыты и используются только для отключения сооружения. Контроль за распределением расходов осуществляется посменно, но не реже 1–2 раз в сутки.

В той мере, в какой это допускается конструкцией отстойников, ведется постоянное наблюдение за правильностью распределения воды по площадям самих отстойников, что зависит от горизонтальности гребней водо-

сливов, лотков, сборных дырчатых труб. Обнаруженные перекосы и засорения отверстий труб следует сразу же устраниить.

Контроль за накоплением осадка в отстойнике проводится систематически, согласно графика (не менее 5–6 раз за межпродувочный период). Замеры толщины слоя осадка выполняются при помощи приборов и щупами (шестами, на конце которых укреплены щитки, размерами не менее 20×20 см). Если осадки имеют жидкую консистенцию то на шест закрепляют через 25–30 см банки с пробками. Шест опускают до дна, одновременно открывают пробки всех банок, а затем по наличию в них осадка судят о толщине его слоя.

Для проведения замеров в закрытых отстойниках, в перекрытиях последних выполняются отверстия.

Контролирование процесса накопления осадка позволяет решить два вопросов: о подготовленности воды к отстаиванию и об условиях осаждения, а так же о сроках продувки (удаления осадка).

В оптимальных условиях до 75–80 % примесей осаждается в первой трети или половине длины отстойника.

На рис. 6.15 приведены характерные профили слоя осадка по длине отстойника при разных условиях его работы. Кривая 1 отвечает положению верха слоя осадка перед опорожнением, нижняя 2 – после опорожнения отстойника.

На рис. 6.15, а показан профиль при неудовлетворительной реагентной обработке. Образовавшиеся хлопья мелкие, легко выносятся на фильтры, не осаждаясь в отстойнике. Высота слоя не превышает 0,5 м.

На рис. 6.15, б осадок осаждался в условиях нормальной реагентной обработки. Профиль имеет плавную форму с наивысшей точкой в середине отстойника.

Кривая на рис. 6.15, в отвечает условиям интенсивной реагентной обработки воды (введен флокулянт, улучшен процесс смешения и хлопьеобразования). Из-за образования крупных тяжелых хлопьев большая часть взвеси оседает в первой трети отстойника.

Ухудшение осаждения часто вызывается гидравлическим несовершенством отстойника (см. ниже).

Анализ формы слоя осадка позволяет установить действительные причины неудовлетворительной седиментации и принять меры по их устранению.

Режим продувок отстойников зависит от физических свойств осадка, от мутности и цветности обрабатываемой воды и поэтому корректируется с учетом следующих соображений:

– слой осадка не должен выходить за пределы осадконакопительной части отстойника, вызывать завихрения и размываться потоком очищаемой воды;

– уплотнение зависит от продолжительности накопления и приводит к снижению объема осадка, но одновременно его легкоподвижность следует сохранить на уровне, отвечающем техническим возможностям системы продувки.

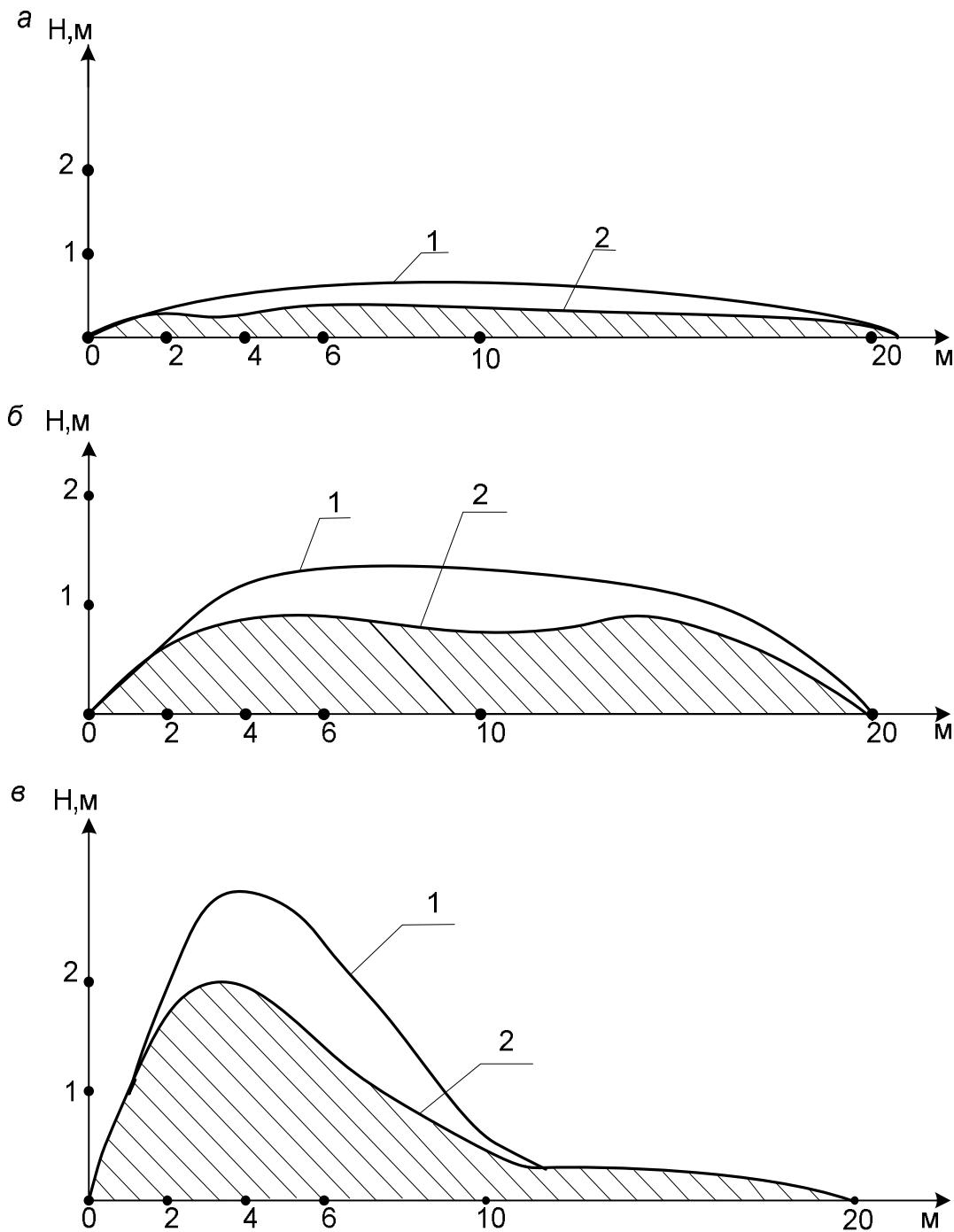


Рис. 6.15. Характер расположения осадка в отстойниках: *а* – расположение осадка при неудовлетворительной реагентной обработке; *б* – то же при нормальной реагентной обработке; *в* – то же при оптимальной реагентной обработке и хлопьеобразования; 1 – до опорожнения отстойника; 2 – после опорожнения отстойника

Обычно продолжительность межпродувочного периода составляет от 8–24 часа до нескольких суток для мутных вод и до 30–100 суток и более для воды средней мутности и цветности и маломутных цветных вод. Толщина слоя осадка на участке наиболее интенсивного осаждения ограничивается, 1,5–2,0 м (до 2,5 м).

Вполне эффективное удаление осадка с применением скребковых механизмов рекомендуется для отстойников при очистке мутных и очень мутных вод. Скребковый механизм включается за 15–30 мин до начала выгрузки осадка и сгребает его в приемник. Удаление осадка из приемника производится под гидростатическим давлением или путем откачки насосом, либо эжектором. Выгрузка ведется под наблюдением оператора: если вместо осадка поступает воды, выгрузку прекращают на несколько минут, а затем возобновляют. Работа производится без выключения отстойника, удаляется до 90 % и более выпавших осадков, потери воды при продувке минимальны.

Метод Ростовского инженерно-строительного института, также рекомендуемый для очистки мутной и очень мутной воды, применяется при условии отключения промываемой секции отстойника. Это требует перераспределения расходов воды между остальными секциями и хлопьеобразователями до и после операции. Осадок смывается струями воды, подаваемой специальным промывным насосом. Разжиженный осадок поступает в емкость, где отстаивается, уплотняется и затем удаляется. После завершения операции секция отстойника не включается еще по крайней мере в течение часа, что необходимо для осаждения осадка, взмученного во время продувки. Метод позволяет достичь только частичного удаления осадков.

Осадки маломутных цветных вод и воды со средней мутностью и цветностью удаляют без отключения отстойника, под гидростатическим давлением по дырчатым телескопическим трубам и по каналам. Скорость воды в трубах и каналах поддерживается не менее 1,0–1,5 м/с, что необходимо для подсоса осадка на расстоянии до 1,2–1,5 м от отверстий. Размеры отверстий, во избежание засорения, должны быть не менее 40–50 мм, а скорость входа – 2,0–2,5 м/с. На изливе удаляемого осадка следует вести наблюдение за его консистенцией и при прорыве воды временно (на 10–20 мин) прекращать выпуск. Продолжительность выпуска осадка составляет 20–30 мин и более.

Нужно заметить, что указанным методом удаляется только часть осадка.

По графику, составляемому диспетчером, 2–3 раза в год, но не реже чем ежегодно, производится опорожнение и чистка отстойника. Иногда это оказывается единственным способом продувки.

Операция выполняется в следующей последовательности:

– отстойник отключается, а его нагрузка перераспределяется между остальными отстойниками. Вода и часть осадка после открытия грязевых задвижек сбрасывается в техническую канализацию или в специальный резервуар, из которого затем откачивается;

– оставшийся в отстойнике осадок размывается струями воды из брандспойтов и также удаляется;

– внутренняя поверхность отстойника промывается и дезинфицируется;

– отстойник заполняется водой и включается в работу. При этом производится плавное перераспределение расходов между всеми отстойниками.

При продувках измеряются объемы сбрасываемой воды и осадков. Обычно на эти операции затрачивается не более 5 % воды, что зависит от конкретных местных условий. Во всяком случае сокращение потерь воды на продувку заслуживает серьезного внимания.

Планово-профилактический осмотр (ППО) и планово-предупредительный ремонт (ППР). Согласно [33] отстойники должны проходить ежегодный плановый осмотр и текущий ремонт, а раз в три года – плановый капитальный ремонт.

Эти процедуры совмещают с продувкой и опорожнением отстойника.

После спуска воды оценивают конфигурацию слоя выпавшего осадка, так как это может указывать на дефекты или на возникшие повреждения конструкции.

Осматривается арматура, трубы для поверхностного сбора воды и для удаления осадка, производится прочистка труб и отверстий, мелкие ремонтные работы (подтяжка креплений задвижек, щитовых затворов и т. д.), восстанавливаются участки поврежденных поверхностей стен и днища, уточняется расположение поперечных дырчатых перегородок, ремонтируются и окрашиваются люки, лестницы, скобы. В заключение отстойник промывается и дезинфицируется. Стены, днище, перегородки очищаются щетками и обрабатываются раствором сернокислого железа, а для дезинфекции применяют хлорную воду, содержащую 25 мг/л активного хлора с последующей обмывкой всей внутренней поверхности отстойника водой питьевого качества.

При капитальном ремонте восстанавливаются или заменяются неисправная арматура, вскрываются и ремонтируются дренажи основания, системы поверхностного сбора очищенной воды и продувки отстойника, устанавливаются дополнительные перегородки, заменяются настилы и другие деревянные элементы, устанавливаются (при необходимости) тонкослойные модули.

По завершении капитального ремонта, особенно связанного с переделкой дренажа, проводятся испытания на водонепроницаемость отстойника.

Если при ремонте были внесены некоторые изменения в конструкцию отстойника, например, установлены дополнительные перегородки или изменено их первоначальное положение, необходимо экспериментальное определение коэффициента объемного использования сооружения, которое выполняется по известным стандартным методикам.

Возможные причины отказов отстойника. Работа отстойника признается неудовлетворительной, если мутность воды, поступающей на фильтры, будет постоянно или значительную часть года превышать 12–20 мг/л. Хотя это обстоятельство не влияет на качество фильтрата, оно усложняет и удороожает работу фильтров, так как сокращает межпромывочный период.

Мы отмечали, что результаты очистки в отстойниках часто объясняются неправильным выбором состава и доз реагентов, нарушением работы реагентного хозяйства и плохим хлопьеобразованием.

Помимо несоблюдения регламента эксплуатации (неравномерное распределение воды, неправильная регулировка, приводящая к резкому колебанию расходов, несвоевременная продувка), причиной ухудшения качества очистки в отстойниках оказываются ошибки, допущенные при монтаже сооружений.

Горизонтальные отстойники, построенные на водопроводных станциях России по типовым проектам пятидесятых – семидесятых годов прошлого столетия, имеют торцевой водослив для сбора отстоянной воды, что приводит к формированию вихря на выходе и снижает коэффициент использования объема сооружения.

В дальнейшем большинство горизонтальных отстойников было реконструировано и оборудовано системой поверхностного сбора воды.

В работе [25] приведены характерные ошибки, допускаемые при реконструкции и не предупреждаемые в нормативными документами [42].

Открытые отстойники иногда оборудуются водосборными желобами, которые могут разрушаться под воздействием льда. В этом случае рекомендуются затопленные дырчатые трубы, выполненные по телескопической схеме, заглубленные на 0,2–0,3 м. Излишнее заглубление (0,5–0,7 м) нецелесообразно, так как на этой глубине вода еще недостаточно освещена [25].

Сборные трубы постоянного сечения засоряются отложениями на начальных участках, где имеют место малые расходы. В случаях, когда сборные трубы выполнены из корродируемых материалов, указываемый в нормах диаметр отверстий, равный 25 мм оказывается заниженным, так как происходит их засорение коррозионными отложениями. По тем же соображениям минимальный диаметр отверстий в трубах для удаления осадков должен быть больше указанного в [42]. При эксплуатации необходимо

димо строго соблюдать нормативное указание о свободном (а не подтопленном) изливе воды из водосборных труб или лотков в сборный канал.

Ранее упоминалось о том, что расположение поперечных дырчатых перегородок в коридорах отстойников влияет на гидравлические условия и должно определяться опытным путем так, чтобы обеспечить максимальное значение коэффициента использования объема.

6.6. Эксплуатация осветителей со взвешенным осадком

6.6.1. Общие положения

Осветители со слоем взвешенного осадка (ОВО) применяются для предварительной очистки воды большой и средней мутности (не менее 50 мг/л) при средней производительности водопроводных станций. При мутности до 20–25 мг/л рекомендуется рециркуляция осадка, а при меньшей – интенсивное замутнение воды.

Очистка во взвешенном слое осадка осуществляется путем контактной коагуляции. Поэтому вода после ввода реагентов в смеситель непосредственно подается в осветитель.

Отсутствие в технологической схеме воздухоотделителей или их плохая работа – причина флотации хлопьев осадка и выноса их из взвешенного слоя. Флотация может быть связана с насыщением воды воздухом в смесителях и на выходе из них. Она иногда вызывается выделением углекислого газа, образующегося, как уже отмечалось, в процессе обработки воды кислыми коагулянтами. До 10–15 % выделяющейся углекислоты входит в состав хлопьев, занимая до 30 % их объема.

Отбор воды из осадкоуплотнителей осветителей принудительный, что дает возможность регулировать и поддерживать слой взвешенного осадка на требуемом уровне и обеспечивать устойчивость работы сооружения.

Осадок поддерживается во взвешенном состоянии восходящим потоком исходной воды. Скорость потока принимается в зависимости от мутности воды, ее температуры, а также от применяемых реагентов. При отсутствии натурных исследований и результатов технологического моделирования скорость может быть принята по [42].

Обеспечение гидравлических условий работы осветителей состоит, прежде всего, в поддержании требуемых концентраций сухого вещества в контактной среде. Минимум объемной концентрации, обеспечивающий удовлетворительный эффект осветления во взвешенном слое, составляет около 0,05, а ее оптимальные значения находятся в пределах 0,1–0,15. Максимально допустимая объемная концентрация (0,2–0,3) ограничена усло-

виями образования отдельных сплошных пространственных структур в пределах контактной среды и возникновением из-за этого «мёртвых» зон [4].

Резкое увеличение расходов и соответственно восходящих скоростей способно вызывать вынос нижних слоев взвешенного осадка вверх, нарушив динамическое равновесие всего слоя.

Состояние взвешенного слоя зависит и от режима реагентной обработки воды. Поэтому при изменении производительности необходима своевременная коррекция доз реагентов.

Рекомендуемое в некоторых случаях прерывистое введение реагентов можно принимать с большой осторожностью. При этом контактная среда должна иметь повышенную объёмную и массовую концентрацию сухого вещества, достаточную для компенсации возникающих изменений в физико-химических условиях процесса очистки.

Отвод осадка должен быть сбалансирован с его образование при поступлении взвеси в осветлитель, а верх взвешенного слоя поддерживаться на уровне, уточнённом при наладке. Защитные козырьки, которые устраивают на осадкоотводящих окнах, не препятствуют подъёму уровня осадка выше окон или верха осадкоотводящих труб, а лишь уменьшают его взмучивание при перетекании в осадкоуплотнитель.

Несвоевременный отвод избыточного осадка вызывает его вынос из осветлителя.

Режим отведения осадка регулируется интенсивностью отбора воды из осадкоуплотнителя, и контролируется по перепаду уровней в осветлителе и осадкоуплотнителе.

Гравитационное уплотнение осадка в осадкоуплотнителе интенсивно происходит только в первые часы, затем замедляется и после 24–48 часов практически прекращается. Поэтому продувки осадкоуплотнителя проводятся не чаще чем через 8–12 часов, но иногда реже – через 4–7 суток и даже через 1–1,5 месяца.

В последнем случае за счет меньшего количества продувок в течение года сокращаются общие потери воды, при возможном снижении качества очистки.

6.6.2. Оперативная работа и контроль

Главной задачей операторов является поддержание гидродинамической устойчивости взвешенного слоя осадка, исключающее вынос из него хлопьев.

Для этого необходимо следить за равномерным распределением неочищенной воды между осветлителями, по всей площади каждого осветлителя, и за равномерностью сбора осветлённой воды сборными желобами.

ми или перфорированными трубами как в камерах осветлителей, так и в осадкоуплотнителях.

Расходы поступающей воды измеряются каждые 1–2 часа, не реже 2–3 раз в смену определяются расходы воды, отводимой из осадкоуплотнителей. При измерениях используются как стандартные расходомеры, так и треугольные водосливы на гребнях сборных желобов (рис. 6.16).

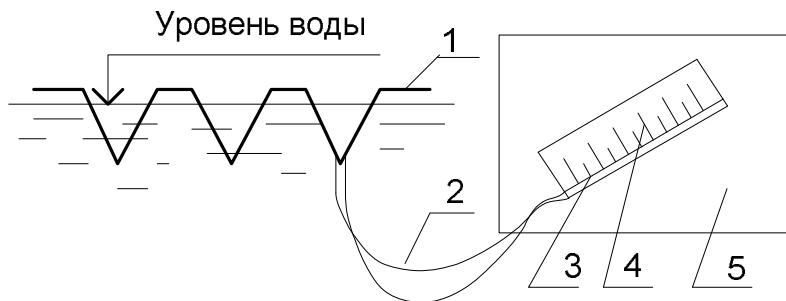


Рис. 6.16. Схема установки пьезометра в водосборных желобах: 1 – кромка желоба; 2 – шланг; 3 – пьезометр; 4 – шкала измерения; 5 – щит

Колебания расходов, поступающих на очистку воды, ограничиваются $\pm 15\%$ в течение часа. В случаях больших колебаний во избежание размыва взвешенного слоя необходима регулировка осветлителей (см. ниже).

При изменении расходов воды (например, при профилактическом отключении одного из осветлителей) измеряются скорости осветлённой воды над взвешенным слоем осадка.

В осветлителях с рециркуляцией осадка осуществляется контроль за равномерностью распределения воды между рециркуляторами. О степени равномерности распределения судят по виду бурунов на поверхности воды в направляющих аппаратах. Визуально можно оценить и достаточность восходящей скорости в рециркуляторах. На поверхности воды в центре направляющих аппаратов буруны должны быть хорошо заметны. Отсутствие бурунов свидетельствует о недостаточном напоре, создаваемом эжектором, что указывает на его малую производительность.

Чрезмерный отсос осадка в осадкоуплотнитель через односторонне расположенные окна осветлителей коридорного типа приводит к деформации поверхности взвешенного слоя, что крайне нежелательно [1].

Регулярно (1–2 раза в смену) измеряется температура воды, поступающей на очистку, так как колебания более 1–2 $^{\circ}\text{C}$ вызывают конвективные токи, способные разрушить взвешенный слой.

За состоянием поверхности осадка в осветлителе и осадкоуплотнителе ведётся постоянное наблюдение. Вынос осадка в отдельных точках поверхности осветлителя свидетельствует о нарушении работы системы рас-

пределения поступающей воды или систем сбора осветлённой воды, а появление клубов замутнённой воды в осадконакопителях – о переполнении осадком и необходимости продувки.

Уровень взвешенного слоя замеряется 1–2 раза в смену при помощи сифонных шлангов, специальных пробоотборных трубок или световым зондом.

Зонд представляет собой электрическую лампу напряжением 12В, заключённую в водонепроницаемый корпус и закреплённую на промеренном шнуре или рейке. При погружении лампы в слой осадка излучаемый ею свет перестаёт быть видимым [3].

Регулирование осветлителя (сезонное или оперативное), необходимое в случаях выноса осадка из взвешенного слоя, осуществляется путём изменения расхода воды, отбираемой из осадконакопителя (отсоса), т. е. корректировкой значений коэффициента распределения. Напомним, что этот коэффициент есть соотношение расходов воды осветлённой (над взвешенным слоем) и поступающей в осветлитель.

Оптимальное значение коэффициента устанавливается технологом экспериментально, а его ориентировочные значения (при условии применения алюминиевых коагулянтов) приведены в нормах [42].

Ухудшение качества очистки вследствие выноса осадка из взвешенного слоя требует уменьшения коэффициента распределения воды между зонами осветления и отделения осадков в осадкоуплотнителях, что достигается повышением отбора (отсоса) отстойной воды из последних.

Регулировка производится при помощи задвижки на линии отведения очищенной воды из осадконакопителя. Эту операцию нужно проводить с осторожностью во избежание деформации поверхности взвешенного слоя. При этом следует иметь в виду, что один осадкоуплотнитель обслуживает два осветлителя (осветлители коридорного типа).

Показателем правильности выполненной регулировки является одинаковая мутность воды, как отводимой из осадкоуплотнителя, так и из обслуживаемых им осветлителей.

Режим продувки осадкоуплотнителей разрабатывается технологом с учётом конкретных местных условий.

Продувка требует отключения осветлителя, но при этом коэффициент распределения увеличивается до 0,9 и даже 1,0, т. е. отсос осадка из осветлителей почти или полностью прекращается.

Оператор плавно регулирует продувку иловой задвижкой и наблюдает за консистенцией осадка на изливе. Выпуск заканчивается, когда она приблизится к консистенции взвешенного слоя. В случае прорыва воды во время продувки выпуск осадка прекращается и возобновляется через 20–30 мин.

В зависимости от частоты продувки её длительность составляет от 20–30 до 4–5 мин (при ежесуточном выпуске).

Объём удаляемого осадка измеряется и фиксируется в специальном журнале.

В обязанности операторов входит постоянный контроль за техническим состоянием трубопроводов и поддержание необходимых условий безопасной работы и санитарно-гигиенических условий в цехе очистки.

6.6.3. Сезонная регулировка осветлителей

Сезонная регулировка осветлителей связана с существенным изменением качества воды в источнике (температура, мутность, цветность, другие показатели). В связи с этим меняется требуемый эффект очистки и появляется необходимость в корректировке технологических характеристик взвешенного слоя.

Эффект осветления во взвешенном слое зависит от экспериментально определяемого параметра X , требуемое значение которого находится при технологическом моделировании процесса (табл. 6.4).

Таблица 6.4

Требуемое значения параметра X в зависимости от эффекта очистки

| \mathcal{E} , % | 0,5 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 0,95 | 0,98 |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|
| X | 50 | 75 | 100 | 160 | 200 | 280 |

Как известно, $X = b \frac{x c^*}{v_{bc}}$, где b – экспериментальный коэффициент, за-

висящий от качества исходной воды, включая и её температуру; c^* – массовая концентрация сухого вещества в хлопьях осадка; x – толщина взвешенного слоя; v_{bc} – восходящая скорость [4].

В некоторых конструкциях осветлителей предусматривается два яруса осадкоотводных окон, что позволяет при регулировке менять толщину взвешенного слоя. Изменение восходящей скорости обусловлено требуемой производительностью водопроводной станции. При наличии резервного осветлителя его включение позволяет уменьшить скорость.

Выше говорилось о возможности корректировки значения c^* за счёт реагентной обработки (использования соответствующих коагулянтов и флокулянтов, замутнение). В частности, использование железных коагулянтов взамен алюминиевых увеличивает c^* примерно на 10 %.

Добавление осадка из осветлителей с целью замутнения целесообразно при исходной мутности воды менее 20 мг/л. Обычно, для получения необходимой массовой концентрации достаточно смешивать и обрабатывать водой 0,2–0,5 % (по объему) осадка из осадкоуплотнителя, т. е. 2–5 л на 1 м³ воды.

Реализация имеющихся возможностей увеличения «Х» повышает эффект осветления.

Устойчивость взвешенного слоя (при установленной необходимости) увеличивается флокуляцией, например, с использованием катионового флокулянта Praestol 650 TR, применяемого взамен коагулянтов или совместно с ними.

Утяжеление хлопьев осадка не должно приводить к их выпадению на дно камеры осветления и засорению водораспределительной системы подачи коагулированной воды.

Режим реагентной обработки рекомендуется отрабатывать на лабораторной установке путём технологического моделирования [4].

При сезонной регулировке устанавливается оптимальное значение коэффициента распределения, который уменьшается при необходимости предотвратить разрушение взвешенного слоя и вынос из него хлопьев осадка.

6.6.4. Профилактическое обслуживание, ППО, ППР и капитальный ремонт осветлителей

Профилактическое обслуживание осветлителей призвано поддерживать их в рабочем состоянии за счёт систематического осмотра, выявления и устранения отказов рабочих элементов. При профилактическом обслуживании персонал следит за состоянием запорно-регулирующих устройств на подающих и отводящих трубопроводах, за исправностью контрольно-измерительных приборов и за общим техническим состоянием сооружений.

Планово-профилактический осмотр внутренних поверхностей осветлителей и осмотр задвижек производится не реже одного раза в год. Дополнительный осмотр с целью выявления причин отказов осуществляется по необходимости.

Планово-предупредительный ремонт включает работы, перечень которых приводится в табл. 6.5; ППР выполняется силами основного эксплуатационного персонала.

При профилактических и ремонтных работах особое внимание уделяется системам подачи и отведения воды.

Таблица 6.5

Виды основных ППР

| Перечень работ | Сроки выполнения |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Промывка стен и перегородок лотков и труб, дезинфекция. | По мере загрязнения, но не реже 1 раза в год. |
| Проверка работы задвижек, перенавивка сальников. | По мере необходимости, но не реже 1 раза в год. |
| Испытание на утечку | Не реже 1 раза в год |

Перфорированные, выполненные по телескопической схеме распределительные трубы иногда присыпают щебнем, крупностью 30–50 мм, слоем 100–120 мм, или слоем до 300 мм при меньших крупностях щебня. Щебень следует тщательно промыть водой из брандспойта.

Для равномерного распределения воды по площади зоны осветления и в осадконакопителе кромки водосборных лотков и затопленные отверстия сборных перфорированных труб должны выполняться строго на одном уровне. Трубы и лотки регулярно промывают и прочищают.

После профилактического отключения осветлителей или после ремонтов проводится наладка, включающая этап наращивания взвешенного слоя.

Осветлитель включается при пониженной гидравлической нагрузке, составляющей не более 15–20 % от расчётной, коэффициент распределения принимается равным единице (отбор воды из осадкоуплотнителя не производится).

Для образования прочных и крупных хлопьев дозы коагулянта увеличиваются на 20–25 %, применяются железные коагулянты и флокулянты.

Когда поверхность осадка достигнет порога осадкоотводящих окон включают систему отбора воды из осадкоуплотнителя при начальном значении коэффициента разделения 0,95–0,9; в дальнейшем коэффициент распределения постепенно понижают до принятого значения.

В летний период взвешенный фильтр образуется быстро – за 3–5 часов, а в холодный – за 10–20 часов и более.

На начальном этапе пуска осветлителя из-за попадания воздуха может произойти резкое взмучивание. В этом случае рекомендуется первые порции воды сбрасывать в канализацию или остановить осветлитель на 1–2 часа.

Капитальный ремонт осветлителей выполняется по утвержденному плану обычно 1 раз в 3 года (табл. 6.6).

Таблица 6.6

Виды работ при текущем и капитальном ремонтах осветлителей

| Текущий ремонт | Капитальный ремонт |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ремонт задвижек, подтяжка креплений задвижек, щитов и клапанов. Ремонт и покраска люков, лестниц, скоб. Испытание на утечку, промывка и хлорирование после ремонта. Ремонт штукатурки с затиркой и железнением. Заделка мелких трещин. | Замена задвижек, ходовых скоб, щитов. Смена настилов и других деревянных элементов. Ремонт или замена трубопроводов внутри и снаружи осветлителя. Переоборудование осветлителей с целью повышения технологических показателей их работы (без изменения основных конструкций). |

6.6.5. Отказы. Причины и предупреждение

Отказ осветлителя выражается в повышении мутности воды, что вызывает осложнения в работе фильтров. К основным причинам отказов относятся неблагоприятные условия работы, ошибки в эксплуатации и конструктивные дефекты сооружений.

Мы отмечали негативное влияние на работу осветлителя колебаний расходов и температур воды, возникающих по разным причинам. Эти колебания следует своевременно обнаружить, устранить причины, либо нейтрализовать путём регулируемого отсоса в осадкоуплотнителе.

Недопустима флотация хлопьев взвешенного слоя пузырьками воздуха или углекислого газа. В первом случае необходимо исключить возможность захвата атмосферного воздуха в смесителе и на участке от смесителя до осветлителя, и растворами реагентов на участке от места дозирования до места ввода в поток обрабатываемой воды. Во втором случае рекомендуется отказаться от применения реагентов, вызывающих образование CO_2 , или проводить десорбцию углекислого газа.

Радикальным решением является включение в технологическую схему воздухо- или газоотделителя.

Как отмечалось выше, технологические характеристики взвешенного слоя в течение года должны оптимизироваться адекватно меняющемуся качеству воды в источнике, для чего следует своевременно корректировать режим реагентной обработки. Невыполнение этого очевидного условия является частой причиной отказов.

Большую роль играет то, как персонал выполняет производственные операции. Важно обратить внимание операторов на необходимость регулировки расходов воды и осадков с осторожностью, постепенно и плавно.

Технологические руководители обязаны следить за выполнением этого требования.

Гидравлические условия в осветлителе, оказывающие решающее влияние на устойчивость взвешенного слоя, главным образом зависят от работы систем подачи коагулированной и отведения осветлённой воды.

Неравномерность распределения и отвода воды возникает при засорении труб и отверстий перфорации. Подающие трубы выполняются телескопическими и скорости коагулированной воды принимаются на входе в пределах 0,5–0,6 м/с [13]. Завышение диаметров труб может привести к их засорению и нарушению равномерности распределения воды. Скорости выхода воды из отверстий перфорированных труб по нормам проектирования принимается до 2 м/с при диаметрах не менее 25 мм. В [14] указывается, что при таких минимальных диаметрах отверстия часто оказываются засорёнными и их желательно принимать большими. Это же условие рекомендуется соблюдать при устройстве сборных перфорированных труб в осадкоуплотнителях.

Опыт эксплуатации показывает, что одной из причин, вызывающих неравномерность отведения осветлённой воды, является подпор, возникающий в сборных лотках, во избежание чего дно отводящих лотков должно быть на 30–50 см ниже дна присоединяемых труб и лотков с треугольными водосливами.

6.6.6. Интенсификация работы осветлителей

Цель интенсификации состоит в увеличении производительности осветлителя при сохранении требуемого эффекта очистки.

Возвращаясь к рассмотрению приводимого выше параметра процесса осветления « X » заключаем, что увеличивая производительность, а, следовательно, восходящую скорость, эффект очистки можно сохранить за счёт роста толщины слоя и массовой концентрации c^* . Последнее достигается путём выбора соответствующего режима реагентной обработки с соблюдением условия, исключающего выпадение хлопьев в осадок.

При увеличении толщины взвешенного слоя, для чего необходим подъем осадкоотводных лотков или наращивание осадкоотводных труб, уменьшается толщина слоя осветлённой воды над взвешенным слоем. Поэтому в пределах этого слоя целесообразно разместить тонкослойные модули.

Имеется опыт ввода части коагулированной воды (8–10 % от расчётного расхода) непосредственно в осадкоуплотнитель, используя последний как слабопроточный отстойник.

Повышение производительности осветлителей достигается реконструкцией и, в частности, оборудованием рециркуляторами, размещаемыми в пределах взвешенного слоя, либо созданием контура рециркуляции осадка с забором из осадкоуплотителя и с возвратом в осветлитель [6].

6.6.7. Требования к качеству строительства и пусконаладочные работы

Перед пуском в эксплуатацию новых или отремонтированных осветлителей проверяется правильность их монтажа, работоспособность системы автоматизации, контрольно-измерительная аппаратура.

Стенки и осадкоотводящие трубы должны быть вертикальны. Допустимое отклонение от вертикальности допускается не должно превышать 1 мм на 1 м высоты, а отклонение оси корпуса круглого в плане осветлителя от оси центрального осадкоуплотителя – 0,2 % диаметра осветлителя.

Допустимые отклонения от горизонтального положения:

- для борта и дна сборного желоба ± 2 мм;
- для линий, соединяющих оси отверстий или вершины треугольных вырезов, сборного желоба ± 3 мм;
- для верхних и нижних кромок шламоприёмных окон ± 2 мм;
- для верха осадкоотводящих труб ± 3 мм;
- для дна перфорированных труб распределения воды и удаления осадка в осветлителях коридорного типа ± 10 мм.

Сопла для ввода и распределения воды должны иметь строго проектные конусность, длину и размеры входного и выходного отверстий.

Воздухоотделитель, осадкоуплотитель, сам осветлитель и все трубопроводы подвергаются гидравлическим испытаниям на отсутствие протечек. Все металлические детали осветлителя и трубопроводы, соприкасающиеся с водой, должны иметь антикоррозийное покрытие. Не соприкасающиеся с водой металлические поверхности после их очистки покрываются грунтовкой и двойным слоем краски или лака. Внутренняя поверхность железобетонных осветлителей тщательно оштукатуривается с применением материалов стойких по отношению к кислой и щелочной средам.

Осветлители в отличие от отстойников нельзя сразу ввести в рабочий режим, поскольку для его регламентной работы необходим взвешенный слой осадка. Взвешенный слой формируется постепенно, пока концентрация осадка не достигнет требуемого значения. Этот процесс называется зарядкой, которая производится как в период пуско-наладочных работ, так и после каждой длительной остановки осветлителя.

После того, как граница взвешенного слоя поднимется до уровня окон или осадкоотводящих труб, задвижку на отсосе постепенно приоткрывают, увели-

чивая одновременно нагрузку на осветлитель. При достижении стабильного режима осветления отмечают степень открытия задвижки на отсосе и замеряют расход отбираемой из осадка уплотнителя воды. Критерием правильно отрегулированного распределения воды является постоянство и равенство прозрачности (мутности и цветности) осветлённой воды в зоне осветления и в осадкоуплотнителе при стабильном уровне контактной среды.

Наладка режима осветления воды заключается в отработке и установлении оптимальных условий работы, к ним относятся:

- подбор необходимых доз реагентов и установление оптимального режима дозирования и ввода в обрабатываемую воду;
- равномерное распределение воды между осветлителями и по площади каждого осветлителя в отдельности;
- создание в осветлителе устойчивого взвешенного слоя с оптимальной высоты, обеспечивающей отведение избыточного осадка в осадкоуплотнитель и требуемый эффект очистки;
- определение количества воды (%) от отсоса), отводимой с осадком в осадкоуплотнитель;
- установление периодичности и продолжительности сброса осадка из осадкоуплотнителя при продувке осветлителя, определение потерь воды при продувке.

Продолжительность отработки оптимальных условий работы осветлителей составляет обычно 1–2 месяцев.

6.7. Эксплуатация фильтровальных сооружений

6.7.1. Общие сведения

На втором этапе очистки применяется фильтрование воды, обеспечивающее снижение ее мутности до нормируемого значения 1,5 мг/л. На водопроводных станциях, как правило, установлены открытые скорые фильтры или реже – контактные осветлители.

Фильтры, запроектированные по нормам [42], рассчитаны на мутность фильтруемой воды в пределах 10 мг/л, но не более 15–20 мг/л. Если мутность воды источника невелика, представляется возможным её подача непосредственно на фильтры. При этом следует иметь в виду, что механизм осветления фильтрованием – контактная коагуляция. Поэтому очистка воды от коллоидов, в том числе и обусловливающих цветность, возможна только после реагентной обработки.

Фильтроцикл состоит из межпромывочного периода и периода промывки загрузки, её регенерации.

Продолжительность фильтрования до момента ухудшения качества фильтрата t_3 (защитное время) должно быть больше межпромывочного периода t_h (время достижения предельных потерь напора) на 20–25 % по соображениям санитарной надёжности, исключающей поступление в РЧВ плохо очищенной воды. Коэффициент санитарной надёжности

$$\alpha_{c.h.} = \frac{t_3}{t_h} > 1,0.$$

Если $t_h >> 24$ часов, продолжительность межпромывочного периода устанавливается по времени (не более 36–48 часов). Заметим, что при редких промывках их качество ухудшается. Минимальная продолжительность межпромывочного периода принимается 8–12 часов, исходя из удобства эксплуатации фильтровальных цехов.

Указанный режим промывок отвечает рекомендуемым [42] гранулометрическим составам загрузки и скоростям фильтрования (6–8 м/с).

Некоторые отклонения скоростей фильтрования от расчётных не вызывает снижения степени очистки, так как фильтры работают в автомодельной области и способны к саморегулированию.

Минимальные скорости фильтрования ограничиваются 4,5–5 м/час во избежание быстрого засорения загрузки вследствие возникновения плёночной фильтрации (процеживания).

Контактные осветлители отличаются от скрых фильтров тем, что вода фильтруется не сверху вниз, а снизу вверх, т. е. в направлении убывающей крупности зёрен фильтрующей нагрузки, что существенно увеличивает её грязеёмкость. Это позволяет отказаться от первой ступени очистки и ограничиться только фильтрованием в тех случаях, когда вода источника имеет малую или среднюю мутность или цветность (мутность не более 120 мг/л, цветность – до 120 градусов).

Перед подачей в контактные осветлители вода проходит грубую очистку на барабанных сетках, обязательно освобождается от воздуха в воздухоотделителе и коагулируется.

Скорости фильтрования в контактных осветлителях не должны превышать 5 м/час из-за возможного перехода во взвешенное состояние с само-промывкой наиболее мелких фракций поверхностного слоя загрузки и ухудшения качества фильтрата.

Результаты фильтрования в решающей мере зависят от качества зернистой загрузки: гранулометрического состава, физико-химических свойств материала. Нужно иметь в виду, что экономия при приобретении непременно дешёвого загрузочного материала не оправдана и не разумна. Фильтры, загруженные фильтрующим материалом низкого качества, за

короткий срок эксплуатации становятся неработоспособными. О требованиях к качеству загрузки фильтров будет сказано ниже.

Фильтровальные установки включают сами фильтры (или контактные осветлители), устройства для промывки загрузки и иногда – систему обрата и повторного использования промывной воды.

6.7.2. Производственные работы.

Оперативный и технический контроль

Эксплуатация фильтровальных сооружений заключается в обеспечении регламентного протекания процесса фильтрования и регенерации (промывки).

Производственное обслуживание включает: регулирование подачи воды на отдельные фильтры; поддержание постоянного расхода; выключение фильтров на промывку; промывку загрузки; включение фильтра и сброс первого фильтрата; вывод фильтра на рабочий режим.

Фильтровальщик поддерживает постоянный уровень воды в фильтрах (2,0 метра над поверхностью загрузки), следит за ростом потерь напора в загрузке, за постоянным качеством фильтрата. Если обнаруживается опалесценция в фильтрате, что свидетельствует о «прорыве» загрузки, фильтр срочно выключается и промывается. В течение смены измеряются потери напора в загрузке, скорость фильтрования, а при промывке – ее длительность и расход промывной воды.

Как правило, промывается по одному фильтру, а на время его отключения остальные фильтры работают в форсированном режиме.

Поддержание заданного режима обеспечивается автоматическими регуляторами скорости фильтрования. При их отсутствии постоянная скорость фильтрования поддерживается вручную по показаниям приборов, регистрирующих расход воды и прирост потерь напора в загрузке. Простейшими, но достаточно надёжными приборами контроля за потерями напора являются пьезометрические установки. В зависимости от высотного расположения по отношению к пьезометрическому уровню воды в сооружениях, они могут быть открытыми и вакуумными. В открытых водомерных трубках пьезометрах уровень воды соответствует пьезометрическому напору. Поэтому открытые пьезометры могут быть установлены не выше уровня воды в фильтре, как показано на рис. 6.17, а.

В вакуумных водомерных трубках (рис. 6.17, б) уровень воды может быть на 3–5 м выше уровня в фильтре, что достигается созданием постоянного разряжения при помощи вакуум-насоса, эжектора или сифонного устройства.

Диафрагма, установленная на коллекторе дренажа и оборудованная пьезометрами, является расходомером и позволяет измерять расход фильтрата и скорость фильтрования.

Расходы промывной воды, а при водовоздушной промывке и воздуха, должны измеряться инструментально, стандартными расходомерами.

Цель промывки фильтра заключается в максимально полном удалении осадка, накопившегося в порах загрузки, и в предотвращении его дальнейшего накопления. От качества промывки целиком зависит возможность длительной и устойчивой эксплуатации фильтра и на правильное выполнение этой операции следует обратить особое внимание.

Грязевые отложения располагаются в толще загрузки крайне неравномерно. Их основная часть сосредоточена в первых по ходу воды слоях. Отложения находятся на стенках проточных пор, через которые в основном и происходит фильтрование воды, но частично выполняются в мало-проточные и непроточные поры. Поэтому необходимым условием хорошей промывки является взрыхление, или перевод материала загрузки в псевдосожженное состояние, когда зёरна раздвигаются, все поры превращаются в открытые, а соударение зёрен усиливает их отмытку.

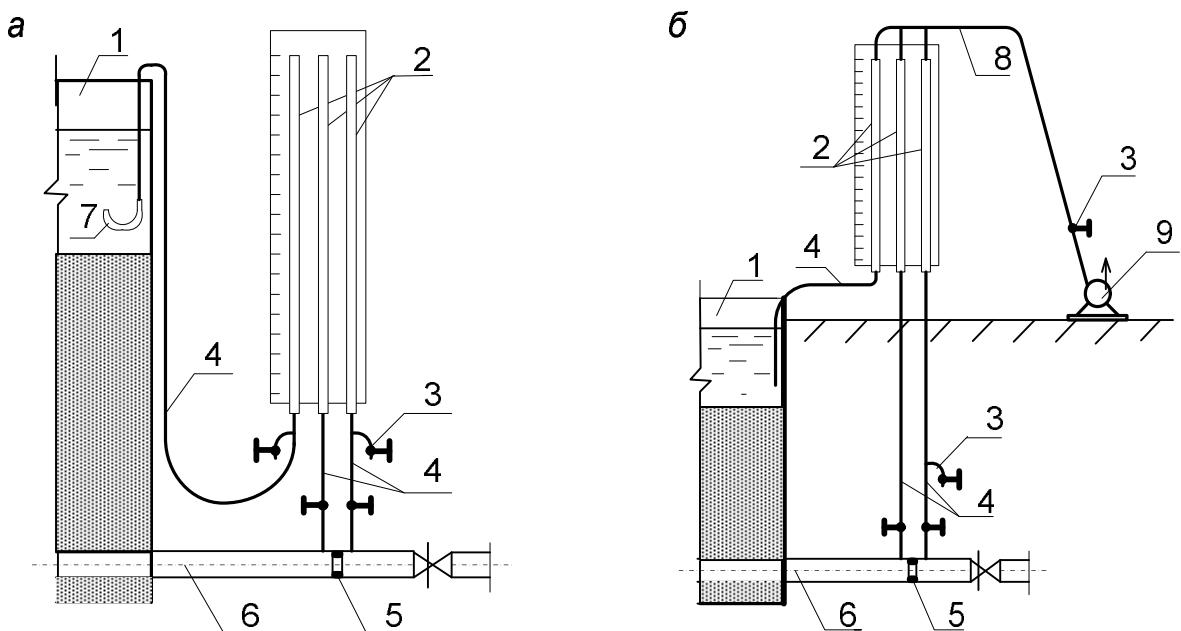


Рис. 6.17. Схема установки открытых (а) и вакуумных (б) водомерных трубок:
 1 – фильтр; 2 – пьезометрический щит; 3 – краны или зажимы; 4 – резиновые шланги; 5 – диафрагма; 6 – коллектор дренажа; 7 – U-образная трубка; 8 – воздухоотводящая трубка; 9 – вакуум-насос

Согласно [36] интенсивность промывки определяется опытным путем по достигаемому эффекту отмытки и требуемой степени расширения загрузки. Режим промывки должен исключать вынос частиц или перемешивание

вание слоев загрузки, а расход воды, затрачиваемой на промывку, быть минимально возможным.

Как отмечал Д.М Минц, псевдоожиженный слой находится в гидродинамически неустойчивом состоянии, при котором отдельные участки в разной мере промыты и имеют различные гидродинамические сопротивления. «... При этом поток промывной воды получает возможность устремляться в места пониженного сопротивления. Следовательно, гидродинамическая неустойчивость взвешенной загрузки, вызываемая уменьшением её сопротивления при массовом выносе загрязнений, может в значительной степени нарушить равномерность распределения промывной воды по площади фильтра» [11].

Гидродинамическая неустойчивость – явление совершенно закономерное, так как в псевдосжиженном состоянии гидравлические сопротивления загрузки сравнительно малы и любые первоначальные, даже второстепенные факторы могут повлиять на равномерность распределения промывной воды по площади фильтра и способствовать образованию плохо промытых участков. Этот процесс прогрессирует от промывки к промывке и, как будет показано ниже, приводит к нарушению очистки и к отказу фильтра. Эксперименты подтвердили, что именно гидродинамическая неустойчивость – главная причина недостаточной надежности фильтровальных установок [28]. Отсюда необходимость своевременного обнаружения признаков гидродинамической неустойчивости и проведения неотложных профилактических мер по устранению вероятных негативных последствий.

Характерным признаком возникновения таких последствий служит нарушение монотонности роста потерь напора в загрузке при фильтровании. Водовоздушная промывка улучшает степень отмыки загрузки.

По поводу улучшения промывки с использованием воздуха существует несколько мнений: положительное влияние пузырьков воздуха, обладающих большой скоростью всплытия и разрыхляющих слой осадка на зёрнах загрузки, проявление флотационного эффекта и другие. Несомненно одно – при водовоздушной промывке возрастает градиент скорости перемешивания в псевдосжиженном слое промываемой загрузки, а следовательно, и работа по смыву и выносу из нее загрязнений.

В водовоздушной промывке фильтров с низким отводом промывной воды и без расширения загрузки основная роль отводится воздуху, при подаче которого разрушаются и разрыхляются грязевые отложения, а подача воды с малой интенсивностью имеет целью лишь вымыть этих загрязнений из загрузки за счёт эрлифтного эффекта. Такая промывка не может обеспечить полного удаления загрязнений из непроточных пор, но проточные поры загрузки промываются удовлетворительно.

При промывке фильтра необходимо выполнить последовательно следующие операции:

- а) закрыть задвижку для поступления исходной воды на фильтр;
- б) спустить уровень воды до верха желобов и закрыть задвижку на отводе фильтрата;
- в) открыть задвижку на отводе промывной воды от фильтра и выждать до опорожнения канала фильтра;
- г) открыть вентили на воздухоотводящих стояках (воздушниках), если они есть;
- д) открыть задвижку на трубопроводе, подающем промывную воду на фильтр.

Во избежание возможного смещения поддерживающих слоёв или перемешивания слоёв загрузки, операции по включению и выключению фильтровальных сооружений выполняются постепенно в течение 1–1,5 мин, при плавном увеличении или снижении расходов промывной воды.

Если промывка производится насосом, его включают при закрытой задвижке и постепенно, с двумя перерывами по 30 сек. открывают напорную задвижку до степени, отвечающей нужной интенсивности промывки.

Промывка продолжается 5–6 мин. Визуально продолжительность промывки устанавливается до того момента, пока в желоба фильтра не начнёт поступать осветлённая вода, мутностью не более 10–20 мг/л.

В случае водовоздушной промывки с расширением загрузки, после пункта «г» следует выполнять такие операции:

- е) включить воздуходувку и постепенно открывать задвижку, подающую воздух на фильтры до установленной степени. Продувку воздухом продолжать 1–2 мин;
- ж) если предусмотрена совместная подача воды и воздуха (в фильтрах с низким горизонтальным отводом промывных вод и без расширения загрузки), открыть задвижку на трубопроводе, подающем промывную воду, включить промывной насос и постепенно отрегулировать регламентную подачу воды. Продолжительность совместной подачи воды и воздуха – 4–5 мин, после чего прекращается подача воздуха и выключается воздуходувка;
- з) увеличивается подача промывной воды до нужной величины и проводится промывка фильтра водой в течение 4–5 мин.

Если не предусмотрена одновременная подача воды и воздуха, после продувки подачу воздуха прекращают и начинают подавать воду, как это описано в пункте з).

Для включения фильтра в работу после промывки необходимо:

- закрыть задвижку подачи промывной воды на фильтр;
- закрыть задвижку отвода промывной воды из фильтра;
- открыть полностью задвижку на линии поступления исходной воды на фильтр и выждать, пока уровень воды не достигнет нормальной величины;

– постепенно открыть задвижку на трубопроводе сброса первого фильтрата. Сброс продолжается 30–40 мин; при этом 2–3 раза проверяется мутность фильтрата, которая должна понизиться до 1,5 мг/л. Продолжительность сброса первого фильтрата при промывке контактных осветлителей меньше (7–15 мин);

– постепенно открыть задвижку на отводе фильтрата с повышением скорости от 0,5–1,0 м/с до нужного значения и закрыть задвижку на сбросе первого фильтрата. С этого момента фильтр считается включённым в работу.

СПБНИИ АКХ предложил метод интенсификации промывки загрузки фильтров, не оборудованных системой подачи воздуха. После прекращения подачи воды на фильтр её уровень опускается на 40–50 см ниже поверхности песка. В результате, наиболее загрязнённый слой загрузки насыщается воздухом. После начала промывки вода вытесняет воздух, что вызывает взрыхление загрузки и способствует повышению гидродинамической устойчивости псевдосжиженного зернистого материала и его хорошей отмывке. Указанный режим промывки скорых фильтров рекомендуется принимать как постоянно, так и периодически, если необходимо улучшить санитарное состояние загрузки [28].

В [31] отмечается, что подобный режим промывки особенно эффективен при удалении рыхлых осадков. Продолжительность промывки и расход промывной воды удается сократить более чем вдвое.

Промывку скорых фильтров осуществляют водой питьевого качества, обычно из РЧВ или из водонапорной башни. Контактные осветлители, по согласованию с органами Госсанэпиднадзора, допускается промывать водой из источника водоснабжения

после её предварительного осветления и хлорирования. При этом мутность промывной воды не должна превышать 10 мг/л, а коли-индекс – 1000.

Эффективность вымыва загрязнений можно оценить по изменению качества промывной воды, поступающей в сборный карман. На рис. 6.18 приведены графики изменения мутности во время промывки. Линия 1 отвечает удовлетворительной динамике удаления загрязнений при достаточной интенсивности промывки (в течение 1–1,5 мин вымывается основная масса загрязнений). Кривая 2 свидетельствует о недостаточном

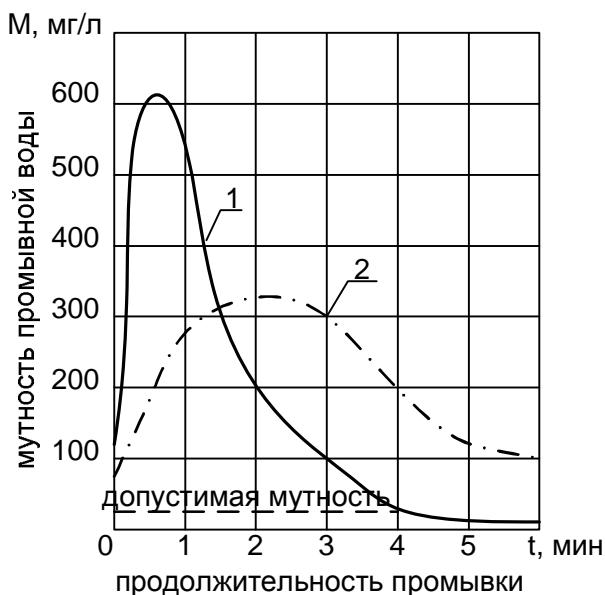


Рис. 6.18. Динамика отмычки загрязнений при промывке: 1 – при оптимальной интенсивности промывки; 2 – при недостаточной интенсивности промывки

расширении слоя загрузки и ризуется плавным изменением мутности промывной воды.

Степень расширения загрузки при промывке удобно контролировать с помощью простейшего устройства – щита с пробирками, подвешиваемого перед промывкой на кромку желоба (рис. 6.19). Об уровне подъёма верха загрузки судят по положению пробирки, в которую загрузка не попала. Это устройство, выставляемое в разных местах фильтра, позволяет также оценить равномерность распределения промывного потока по площади фильтра.

Режим промывки должен назначаться с учётом сезонного колебания температуры воды и качества обрабатываемой воды. На рис. 6.20 показана номограмма зависимости изменения требуемой интенсивности промывки фильтра для обеспечения определённой степени расширения загрузки при изменении температуры воды.

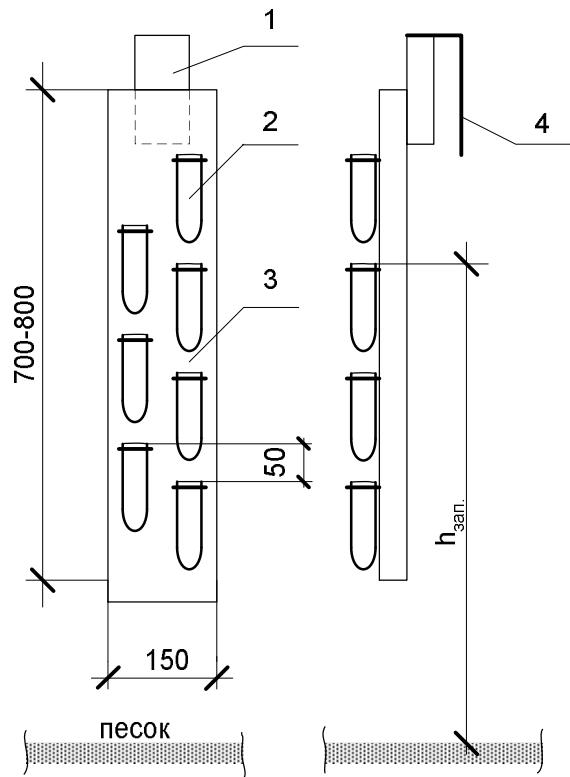


Рис. 6.19. Щит с пробирками для регистрации степени расширения загрузки при промывке: 1 – бруск; 2 – пробирка; 3 – мерная рейка; 4 – скоба для вывешивания щита на кромку желоба

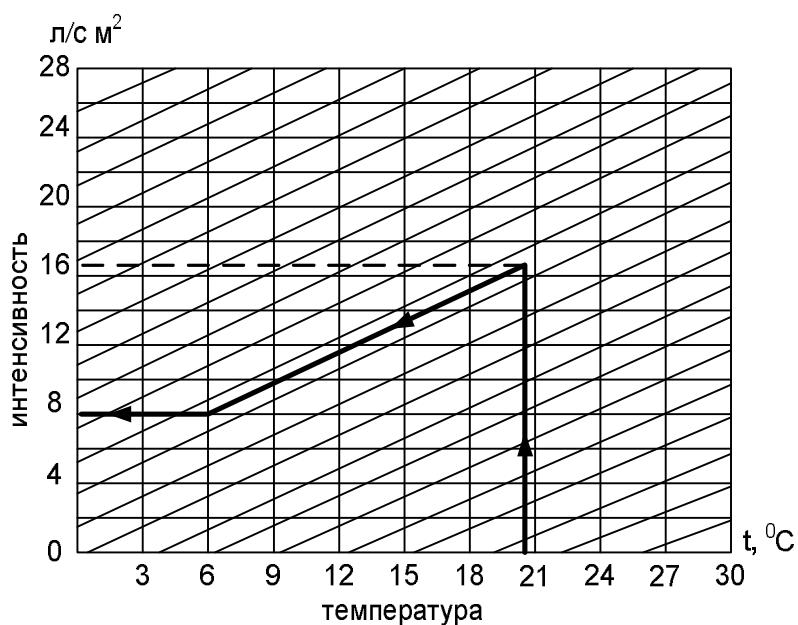


Рис. 6.20. Номограмма для расчета требуемой интенсивности промывки при разных температурах воды

Пример 6.2.

Допустим, в летнее время при температуре воды 20 °С для 30 % расширения загрузки требовалась интенсивность промывки 15 л/с·м². Необходимо определить, какая интенсивность должна быть при температуре воды 6 °С, при условии обеспечения такого же расширения. По номограмме из точки, соответствующей 20 °С, проводим вертикальную линию до пересечения с горизонтальной, соответствующей интенсивности 15 л/с·м². Через найденную точку проводим линию, параллельную наклонным линиям диаграммы до пересечения с вертикалью, соответствующей 6 °С . Проведя через эту точку горизонталь до пересечения с осью координат, находим требуемую величину интенсивности при температуре 6 °С – 8 л/с·м², т. е. почти вдвое меньше, чем при 20 °С.

Таким образом, с понижением температуры воды и увеличением ее вязкости интенсивность промывки уменьшается.

Косвенным показателем качества отмывки загрузки служат начальные потери напора в фильтре после окончания промывки и в начале нового цикла фильтрования. Если начальные потери напора при одинаковой скорости фильтрования остаются постоянными на протяжении ряда фильтроциклов, это свидетельствует об удовлетворительной отмывке зёрен загрузки от загрязнений. Систематический рост начальных потерь напора указывает на неэффективность промывки и на рост остаточных загрязнений.

Продолжительность межпромывочного периода не должна превышать времени достижения предельных потерь напора, т. е. не более 70–80 % от защитного времени. Поскольку эти показатели зависят как от качества фильтруемой воды, так и от толщины слоя загрузки и ее гранулометрического состава их значения могут различаться для разных фильтров на одной станции и в течение года меняются.

Исходя из условий эксплуатации количество промывок должно быть не более 3 за сутки и не менее 1 промывки в сутки; в холодное время года для контактных осветлителей проводится не менее одной промывки за двое суток.

При эксплуатации фильтровальных сооружений персонал обязан:

- обеспечить равномерное распределение воды между фильтрами и по площади каждого сооружения;
- поддерживать заданные скорости фильтрования, вести наблюдения за приростом потерь напора и качеством фильтрованной воды;
- своевременно проводить промывку и следить за её эффектом;
- своевременно пополнять запасы воды для промывки в РЧВ и башнях;
- во избежание «газовой кольматации» (см.ниже) не допускать попадания воздуха в трубопровод фильтрованной воды, следить за тем, чтобы при работе промывных насосов не происходил подсос воздуха во всасыва-

вающую линию, а после промывки напорная линия не опорожнялась и не заполнялась воздухом;

– постоянно контролировать техническое состояние задвижек, затворов, гидро- и электроприборов, приборов контроля и средств автоматики, промывных насосов и другого оборудования;

– не допускать перемешивания слоёв и горизонтального смещения фильтрующей загрузки;

– вести систематический учёт работы сооружений соответствующими записями в журнале;

– обеспечивать надлежащее санитарное состояние, фильтровального зала и прилегающей территории;

– поддерживать в работоспособном состоянии и обеспечивать эффективную работу систем вентиляции, отопления, освещения и водоснабжения цеха.

В журнале работы фильтров регистрируются значения основных контролируемых параметров (скорость фильтрования, потери напора), измеряемые через установленный интервал времени (обычно ежечасно), время начала и окончания промывок. Результаты химического анализа качества поступившей воды заносятся в журнал химического контроля, выполняемого лабораторией.

Контроль за работой фильтровальных сооружений осуществляют согласно технологических карт с перечнем контролируемых технологических параметров работы сооружений и указаниями по методике, способов и периодичности их определения.

В скрых фильтрах и контактных осветлителях контролируют:

– скорость фильтрования и потери напора в загрузке – каждые 2–4 ч в зависимости от условий эксплуатации фильтров;

– интенсивность и длительность промывки – при каждой промывке. При использовании водовоздушной промывки дополнительно 1–2 раза в месяц проверяют интенсивность подачи воздуха;

– расход воды на промывку при каждой промывке;

– степень расширения фильтрующего слоя при промывке 1 раз в месяц и чаще, по мере изменения высоты и состояния фильтрующего слоя;

– продолжительность рабочего цикла – каждый цикл.

Приборы контроля за работой фильтров размещают при пультах управления в местах, откуда можно вести наблюдения за работой сооружений.

Управление работой фильтровальных установок может быть автоматизировано.

Техническое состояние фильтровальных установок оценивается дежурным персоналом путём постоянного визуального осмотра или по показаниям установленных приборов.

Санитарное состояние фильтровальных сооружений должно исключать накопление минеральных, органических и особенно бактериальных загрязнений. В зале фильтров следует поддерживать чистоту, чтобы предотвратить попадание дополнительных загрязнений в воду. Это особенно относится к контактным осветителям, поскольку очищенная вода собирается над фильтрующим слоем. Поэтому контактные осветители ограждаются стеклянными перегородками на всю высоту помещения.

При отсутствии прехлорирования загрузку фильтров периодически обрабатывают хлорной водой с концентрацией активного хлора 100–200 мг/л в течение 8–10 ч.

6.7.3. Планово-профилактический осмотр и Планово-предупредительный ремонт фильтров

Планово-предупредительный осмотр фильтров предусматривает в первую очередь проверку состояния фильтрующего слоя, которое неизбежно ухудшается в процессе эксплуатации. ППО выполняется технологом станции или технологом совместно с главным инженером.

Поскольку при промывках измельчается и выносится из фильтра некоторое количество фильтрующего материала, толщина его слоя измеряется раз в квартал, но не реже раза в год. Для этого определяется вертикальное расстояние от кромки желобов до поверхности загрузки. Учитывая автомодельность процесса фильтрования толщина, слоя загрузки (к моменту восстановления) может уменьшиться максимум на 5–15 %.

Ежеквартально проверяются условия промывки: её продолжительность и интенсивность, изменение мутности промывной воды во время промывки, равномерность распределения промывной воды по площади фильтров и её поступление по длине кромок желобов, вынос загрузки.

Не реже одного раза в квартал оценивается состояние поверхности загрузки, определяется толщина плёнки загрязнений, наличие грязевых скоплений (в местах, где промывка недостаточна), провалов, воронок, трещин, мест отхода загрузки от стенок. Осмотр производится после очередной промывки и спуска воды ниже поверхности песка. Состояние поверхности позволяет судить о качестве промывки, наличии остаточных загрязнений, равномерности распределения промывной воды по площади фильтра.

Два раза в год или чаще по результатам осмотра поверхности загрузки проверяется горизонтальность поддерживающих слоёв гравия. Для этого во время очередной промывки специальным щупом измеряется заглубление поверхности поддерживающего слоя, причём, отклонение от среднего значения принимается не более ± 5 см. Измерения выполняют со специ-

ально установленных мостков. Заметим, что смещение поддерживающих слоёв – одна из главных причин нарушения нормальной работы фильтров.

В процессе длительной эксплуатации и в результате неоднократной подсыпки фильтрующего материала гранулометрический состав загрузки может изменяться, что требует корректировки режима работы фильтра. В этой связи регулярно (ежегодно или чаще (по необходимости)) уточняется гранулометрический состав путём отбора проб материала с разных глубин и в разных точках барометром во время промывки (загрузка находится в состоянии псевдоожижения). После отмычки, сушки и отсеивания определяются основные характеристики загрузки (минимальный, максимальный и эквивалентный диаметры зёрен, коэффициент неоднородности).

Ежегодно следует проверять горизонтальность кромок водосборных желобов, так как это существенно влияет на условия промывки.

При ППО осматриваются трубы и их соединения, арматура с проверкой её состояния (разгонка задвижек и др.), оборудование, элементы КИП и автоматики.

После контрольной промывки в 6–8 точках фильтра на глубине 15 см, отбираются пробы фильтрующего материала. Пробы отмываются и определяется грязенасыщенность поверхностного слоя загрузки.

Рост остаточных загрязнений за один квартал не должен превышать 1 % от массы загрузки.

Если установлено, что в пробах слишком много осадка, а потери напора после промывки и включения в работу фильтра сразу же быстро возрастают, констатируется недостаточное расширение загрузки.

В случаях, когда измеренная степень расширения соответствует нормативной, но результаты промывки неудовлетворительны, можно сделать вывод о неравномерном распределении воды по площади фильтра. Об этом же свидетельствует разная степень расширения в отдельных точках площади фильтра.

Степень расширения измеряется прибором, схема которого приведена на рис. 6.19.

По результатам ППО определяются сроки необходимых профилактических работ и ремонтов.

В соответствии с положением [33] плановые работы по текущему ремонту фильтров проводятся ежегодно и включают отмычку загрузки от остаточных загрязнений, очистку и промывку внутренних поверхностей фильтров и их дезинфекцию хлорной водой, промывку и прочистку трубопроводов и отверстий распределительных систем, ремонт задвижек и щитовых затворов, технологических трубопроводов, воздухопроводов, замену отдельных элементов системы управления задвижками, проверку точности показаний регуляторов скорости фильтрования и потерь напора, наладку

работы фильтров по заданному технологическому режиму. Ежегодно корпуса фильтров проверяют на утечку.

В тех случаях, когда остаточные загрязнения нельзя удалить интенсивной промывкой производится химическая обработка загрузки с применением окислителей (хлор), восстановителей (сернистый газ), щелочей для растворения гидроксида алюминия (едкий натр). Выбор реагентов и режим обработки проверяются экспериментально.

Если указанные меры малоэффективны, возникает необходимость перемывки песка в фильтре. Песок перекачивают в резервный фильтр при помощи гидротранспортера, в конце которого установлен гидроциклон.

Альтернативой является замена песка чистым фильтрующим материалом (см. ниже).

Плановый капитальный ремонт проводится один раз в три года. Он включает такие работы, как полная перегрузка или догрузка песка с рассевом и промывкой, догрузка гравия, ремонт дренажа с заменой изношенных элементов, смена изношенных участков трубопроводов, замена системы управления задвижками, разборка и ремонт арматуры с заменой деталей, ремонт повреждённых конструкций фильтров со вскрытием стен и дренажа основания, ремонт изоляции трубопроводов, работы по реконструкции фильтров.

6.7.4. Основные причины отказов и меры по их предупреждению

Отказы фильтров заключаются в недопустимом снижении качества фильтрата, сокращении продолжительности межпромывочного периода, в повреждениях элементов фильтров, коммуникаций или оборудования, делающих невозможным продолжение эксплуатации.

Основные причины отказов связаны с изменением проектным условий работы, нарушением регламента эксплуатации, несвоевременностью или ошибками в проведении ремонтных работ.

Повышение производительности водопроводной станции и гидравлическая перегрузка фильтров сокращает продолжительность межпромывочного периода. Защитное время и время достижения предельных потерь напора меняются (уменьшаются) по разным зависимостям и не исключено, что коэффициент санитарной надёжности фильтра окажется недостаточным, появиться опасность ухудшения качества фильтрата.

Если продолжительность межпромывочного периода окажется существенно меньше 8 часов, неизбежны затруднения в эксплуатации фильтров. Ведь продолжительность отключения фильтра в связи с промывкой и необходимостью сброса первого фильтрата составляет не менее 40–60 мин, а при большом количестве фильтров процесс промывки приблизится к не-

прерывному. Одновременная промывка двух фильтров потребует значительной реконструкции.

Продолжительность межпромывочного периода сокращается и в случаях, если плохо функционирует первая ступень очистки и на фильтр выносятся хлопья осадка, либо основная часть коагулянта поступает на фильтры, где задерживается в процессе контактной коагуляции.

В рассматриваемых случаях особенно быстро засоряется мелкозернистая загрузка и время достижения предельных потерь напора резко уменьшается.

Аналогичная ситуация возникает при эксплуатации контактных осветителей в период ухудшения качества воды в источнике водоснабжения.

Чаще всего сокращение межпромывочного периода и ухудшение качества фильтрата связано с плохим состоянием загрузки: уменьшением толщины её слоя, накоплением остаточных загрязнений, смещением поддерживающего и перемешиванием фильтрующего слоёв.

Уменьшение толщины фильтрующего слоя в принципе неизбежно и связано с измельчением и уносом фильтрующего материала во время промывок.

Применение кондиционного фильтрующего материала сводит к минимуму эти потери, но использование малопрочных песков, что бывает нередко, приводит к весьма значительным потерям и быстрому уменьшению толщины слоя загрузки. Несвоевременное восполнение потерь имеет тот результат, что продолжительность защитного времени сокращается, снижается коэффициент санитарной надёжности фильтра и наблюдается ухудшение качества фильтрата. Разумеется, сокращается и продолжительность межпромывочного периода.

Остаточные загрязнения загрузки накапливаются особенно быстро при неправильно выполняемых промывках, с необоснованными попытками достичь экономии электроэнергии за счёт уменьшения интенсивности. Уменьшение интенсивности не может быть компенсировано увеличением продолжительности промывки.

Образование областей скопления остаточных загрязнений, как отмечалось, усиливает гидродинамическую неустойчивость загрузки во время её промывки.

Засорение фильтрующего материала остаточными (после промывки) загрязнениями с их прогрессирующим накоплением, а также воздухом (газовая кольматация), приводит не только к неравномерному распределению воды при фильтровании и при промывке, но способно вызвать разрушение фильтрующего слоя: перемешивание зёрен загрузки разных фракций и иногда – их «перерождение». В итоге фильтр становится непригодным к дальнейшей эксплуатации и нуждается в перегрузке фильтрующего материала.

В [1] обращается внимание на опасность явления «перерождения» загрузки, которое заключается в формировании слипшихся фракций песка, постепенно образующихся во время промывок комков шарообразной формы разной плотности и размеров (до 15 мм). Комки в зависимости от гидравлической крупности либо выносятся на поверхность загрузки, либо располагаются в её толще, или, наконец, опускаются до поддерживающего слоя и засоряют его.

В межпромывочный период в слое воды над загрязнённой загрузкой возможна ее поперечная циркуляция и перемещение части грязевых отложений на поверхности песка, что усугубляет неравномерность распределения воды по площади фильтра.

Первопричиной неравномерного распределения промывной воды в пределах загрузки является несовершенство систем её подачи и отведения.

В большинстве случаев скорые фильтры оборудуются трубчатой распределительной системой большого сопротивления (дренажом) и поддерживающими слоями щебня или гравия.

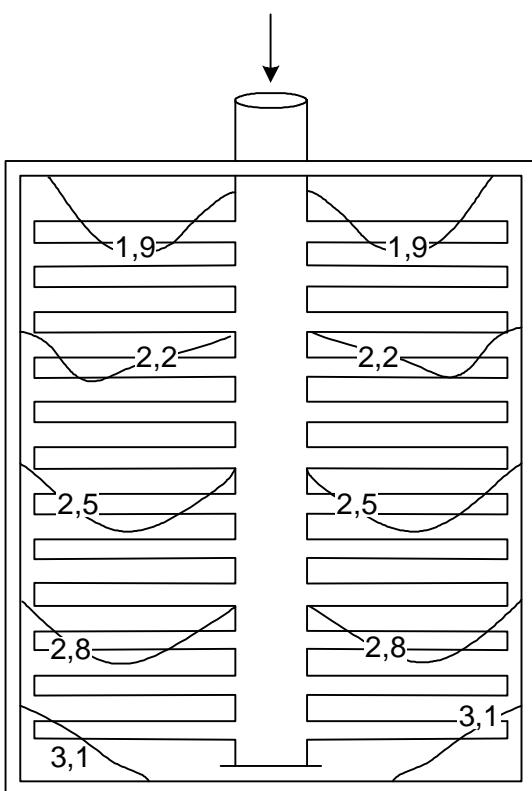


Рис. 6.21. Пример распределения пьезометрического напора, м, в трубчатом дренаже

коррозии и песком, а в стенках труб могут образовываться свищи. Всё это усиливает неравномерность поступления промывной воды по площади фильтра.

Рекомендуемые Нормами [42] скорости промывной воды на участках дренажа (коллектор, ответвления, отверстия) должны обеспечить одинаковые пьезометрические напоры при изливе из всех отверстий; отклонение от этого условия при проектировании ограничивается 5%. В действительности, такие отклонения оказываются значительно большими. На рис. 6.21 приводятся схема распределения пьезометрических напоров в отдельных точках дренажа большого сопротивления скорого фильтра по опытным данным института ВОДГЕО. Измерениями были зафиксированы напоры от 3,1 до 1,9 м, т. е. отклонения от среднего значения составило около 25 %, а расходы струй, изливающихся из отверстий, различались в 1,4 раза.

В процессе эксплуатации техническое состояние дренажей ухудшается вследствие засорения воздухом, продуктами

Такая неравномерность, а также резкие колебания давлений промывной воды, вызываемые небрежным обслуживанием и накоплением в дренаже воздуха, нередко приводят к смещению поддерживающего слоя. Смещение начинается с перемещения и взвешивания в потоке воды мелких фракций гравия, а по мере его размыва процесс прогрессирует. В поддерживающем слое образуются области размыва (воронки), заполняющиеся фильтрующим материалом (песком), проникающим в дренаж и вызывающим дополнительное засорение труб и отверстий (рис. 6.22).

Отведение промывной воды осуществляется при помощи водосборных желобов полукруглого или пятиугольного сечения. Водосливные кромки желобов должны выполняться строго горизонтально, но при нарушении этого правила промывная вода на заниженных участках будет поступать с повышенной, а на завышенных – с пониженней интенсивностью. В последнем случае часть загрязнений, вынесенных промывной водой, оседают на поверхности загрузки, в то время как на участках с интенсивным отводом не исключён вынос фильтрующего материала в желоба.

Тормозит и ухудшает условия промывки подпор в системе отведения воды, приводящий к подтоплению лотков.

Большое влияние на гидродинамическую неустойчивость взвешенного слоя загрузки при промывке, оказывает неравномерное проникновение загрязнений на глубину загрузки.

Максимальное количество загрязнений задерживается поверхностным слоем, состоящим из наиболее мелких фракций фильтрующего материала.

Нередко, особенно при неудовлетворительной работе первой ступени очистки, поверхностный слой оказывается полностью засыпанным. При промывке этот слой, превратившийся в слипшийся монолит, целиком всплывает, полностью нарушая промывку.

Не менее серьёзное ухудшение работы фильтров происходит из-за, упоминавшегося выше, засорения фильтрующей загрузки воздухом (газовой кольматации). К концу межпромывочного периода грязевая плёнка на поверхности фильтра неравномерно препятствует проникновению воды в загрузку и возможен разрыв сплошности фильтрующегося потока. В образующиеся вакуумные области подсасывается воздух, растворённый в воде, а также попадающий в загрузку из трубопровода промывной и фильт-

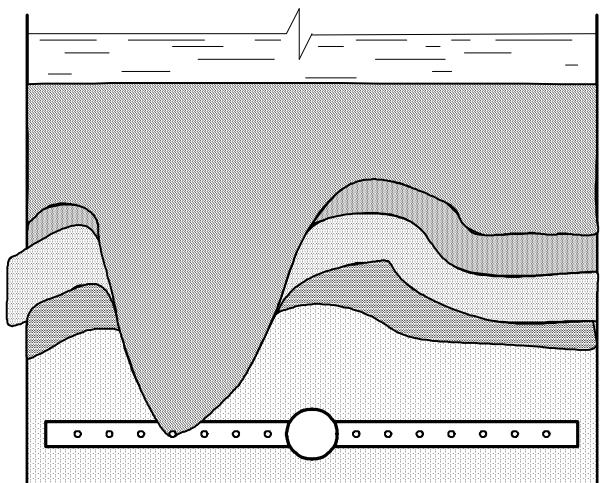


Рис. 6.22. Пример смещения поддерживающих слоев

рованной воды. Воздушные скопления в дальнейшем препятствуют движению воды во время промывки и фильтрования.

На рис. 6.21 приведён график распределения давлений в загрузке фильтра. Знаком «+» обозначены области избыточного, а знаком «-» вакууметрического давления. Линия 1 относится к чистой, а 2 к загрязнённой загрузке.

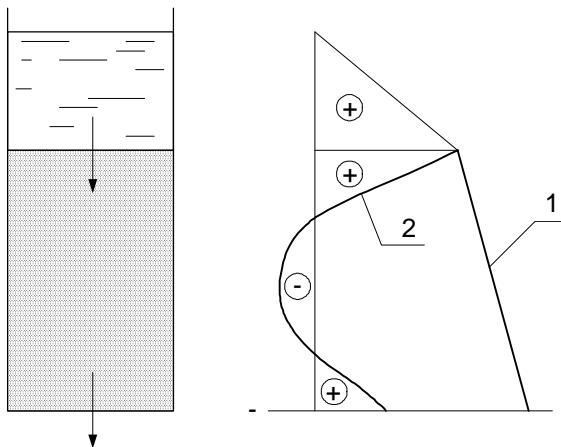


Рис. 6.21. Распределение давлений в загрузке фильтра

Как известно, над поверхностью загрузки в межпромывочный (рабочий) период поддерживается слой воды не менее 2 м, что должно привести к вытеснению воздуха из загрузки. В рассматриваемой ситуации эта мера оказывается недостаточной.

Анализ причин отказов показывает, что большинство из них связано с несоблюдением регламента эксплуатации, несвоевременным реагированием на результаты диагностики технического состояния фильтрующей загрузки, дренажей, коммуникаций, насосного оборудования. В частности, негерметичность всасывающих линий насосов для промывки и самотечных линий фильтрованной воды могут вызвать попадание воздуха в фильтрующую загрузку, а неисправность задвижек и обратных клапанов для промывных насосов явиться причиной возникновения гидравлических ударов во время промывки, сопровождающихся смещением поддерживающих слоёв.

На уровне отказов оказывается и качество выполнения таких производственных операций, как включение, выключение и регулировка насосов. Выше отмечалось, что эти операции следует выполнять плавно, с осторожностью, в максимальной мере исключающей возникновение гидравлических ударов.

Оценить безотказность фильтров следует с учётом качества очистки воды на первой ступени.

6.7.5. Интенсификация работы фильтров и совершенствование их конструкций

Цель интенсификации заключается в увеличении производительности при повышении безотказности фильтровальных установок

Увеличение производительности означает соответствующее повышение скорости фильтрования, параметра сокращающего как продолжительность защитного времени, t_3 , так и времени достижения предельных по-

терь напора, t_n . Если фильтрование происходит в автомодельной области работы фильтра, то повышение производительности не влияет на качество фильтрата и вполне допустимо. Разумеется, при этом коэффициент санитарной надёжности должен превышать единицу, а длительность межпромывочного периода ограничиваться допустимым минимумом.

В других случаях необходимо изменить состав или качество загрузки. Увеличение её крупности при сохранении достаточной однородности сокращает t_3 и увеличивает t_n , т. е. уменьшает коэффициент санитарной надёжности. Значение коэффициента поддерживается на требуемом уровне, если повысить задерживающую способность загрузки путём дополнительной коагуляции или флокуляции воды перед фильтрами дефицитными дозами реагента. Такой режим реагентной обработки может быть прерывистым.

Ввод флокулянта «Праестол» дозами 3,0 мг/л и менее перед фильтрами водопроводной станции Хабаровска повысил безотказность процесса очистки, даже при неудовлетворительной работе отстойников.

Чрезвычайно значительную роль в работе фильтров при повышенных скоростях фильтрования играет качество фильтрующего материала и, в частности, пористость и коэффициент формы зёрен. Установлено, что традиционный фильтрующий материал (кварцевый песок) по своим структурным и технологическим свойствам уступает многим другим материалам.

При правильном подборе фильтрующих материалов представляется возможным существенно (в 1,2–1,5 раза) увеличить грязеёмкость загрузки и соответственно повысить скорость фильтрования и продолжительность межпромывочного периода.

На водопроводах Дальнего Востока в течение ряда лет успешно применяется дробленный гранодиорит. Плотности этого материала и кварца примерно одинаковы. Это даёт возможность замены кварцевой загрузки без существенной реконструкции сооружений и не требует переделки системы промывки.

Гранодиоритовая загрузка имеет большую пористость, чем кварцевая (на 25–30 %), а изломанная форма зёрен, свойственная горному песку, способствует более эффективной отмывке загрязнений [48].

Дренажная система – наиболее уязвимый узел фильтровальной установки.

Для предотвращения смещений поддерживающего слоя предложено несколько решений. В частности, для этого в верхней части поддерживающего слоя можно разместить деревянную или металлическую решётку, образующую ячейки, размерами в плане 0,5–0,6 м. Разумеется, кардинальным решением проблемы является отказ от поддерживающего слоя с размещением дренажа большого сопротивления непосредственно в фильтрующем слое.

Для предотвращения попадания песка в этот дренаж следует применять щелевые трубы, дырчатые трубы с защитой отверстий щелеванной лентой или колпачковые дренажи.

Представляет несомненный интерес выполнение дренажа из пористых полимерных труб. Попутно заметим, что в случае применения таких труб для дренажей контактных осветлителей, вода, поступающая на очистку, должна предварительно очищаться от грубодисперсных примесей не на барабанных сетках, а на микрофильтрах.

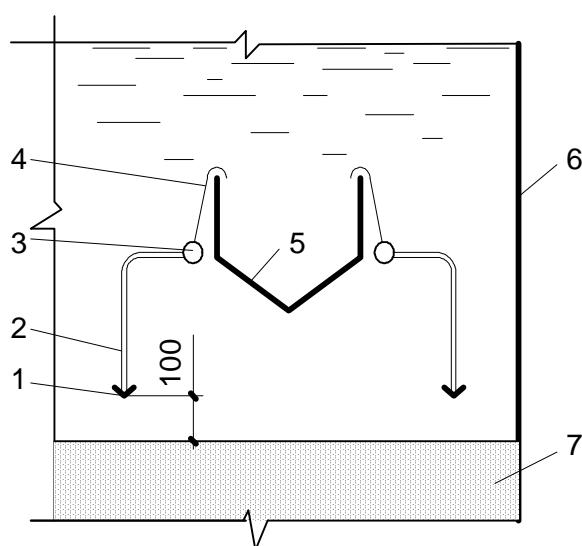


Рис. 6.24. Стационарная система для верхней промывки: 1 – колпачок; 2 – ниппель; 3 – распределительная труба; 4 – подвески к желобам; 5 – желоб; 6 – стена фильтра; 7 – фильтрующая загрузка

– в течение 2–3 мин интенсивность нижней промывки постепенно доводится до расчётной, после чего через 1–2 мин верхнюю промывку прекращают;

– через 0,5–1,0 мин прекращают нижнюю промывку.

При указанном режиме расход промывной воды после переоборудования остается примерно прежним.

Условия промывки улучшаются при замене сборных желобов дырчатыми трубами, которые в меньшей степени стесняют движение потока промывной воды. Сборные дырчатые трубы, размещенные через 0,7–0,8 м, устанавливаются над загрузкой на высоте, м:

$$h = H_{загр} e + 0,15 + 0,25 d_h,$$

где $H_{загр}$ – толщина фильтрующего слоя, м; e – относительное расширение загрузки при промывке; d_h – наружный диаметр сборных труб, м.

Если трудно предотвратить интенсивное загрязнение поверхностного слоя загрузки, фильтры дооборудуются системой поверхностной промывки (рис. 6.24).

Как следует из рисунка, распределительные трубы крепятся на бортах желобов, а струи промывной воды под напором 30–40 м направляются посредством ниппелей под углом 30° и более в сторону загрузки. Интенсивность промывки принимается 3–4 л/с на м².

Для рассматриваемого условия промывки для нее в [31] рекомендуется следующий режим:

- верхняя промывка в течение 2–3 мин;
- включение нижней промывки с интенсивностью, обеспечивающей 10–15 % расширение загрузки;

Отверстия в трубах диаметром $d_0 = 20\text{--}30$ мм делают с двух сторон снизу по двум образующим с углом 60° к вертикали. Расстояние между отверстиями увеличивается по ходу движения воды в карман или сборный коллектор. Для выпуска пузырьков воздуха с двух сторон трубы просверливаются отверстия такого же размера, с установленным над ними на высоте $0,8 d_0$ круглым щитком $d_0 = 2 d_0$. Диаметр труб, м, определяется по формуле

$$D = 1,13 \sqrt{q/V_\kappa},$$

где q – расход промывной воды, отводимой одной трубой, $\text{м}^3/\text{с}$; V_κ – средняя скорость движения воды в конце участка, равная $1,5\text{--}2,5$ м/с.

6.7.6. Требования к качеству строительства и пусконаладочные работы

Пусконаладочные работы включают поверочный расчет сооружений, выявление и устранение строительно-монтажных дефектов, испытание сооружений и оборудования, загрузку фильтров поддерживающими слоями и фильтрующим материалом, дезинфекцию, пробный пуск и выведение на регламентный режим в период временной эксплуатации.

Подготовленные к пуску фильтровальные сооружения (до загрузки в них фильтрующих и поддерживающих материалов) подвергаются тщательному осмотру и сопоставлению фактических размеров проектным. Замерами определяются: габариты фильтров, боковых и центральных каналов, размеры желобов и расстояний между ними, объем промывного бака. Кроме того, проверяют диаметры основных и вспомогательных трубопроводов:

- для подачи и отвода воды;
- подачи и отвода промывочной воды;
- сброса первого фильтра;
- полного опорожнения фильтра;
- удаление воздуха и распределительной системы.

В дренаже проверяются: диаметр и число труб и отверстий распределительной системы, расстояние между трубами и шаг отверстий.

Нивелированием и промерами определяются отметки:

- днищ и верхней кромки фильтра;
- сборных кромок и днища водоотводящих желобов, а также его уклон;
- днища водосборного канала для отвода промывных вод;
- днища промывного бака и его переливной трубы;
- верха труб распределительной дренажной системы.

Осмотром оценивается качество выполнения строительных и монтажных работ, причем основное внимание уделяется состоянию поверхности

стен и перегородок, желобов, герметичности заделки врезок труб и лотков, надежности крепления дренажных труб или колпачков и т. д.

Для вводимых в эксплуатацию новых или реконструированных фильтровальных сооружений на основании замеров проводится поверочный расчет, целью которого является установление фактической производительности фильтров, скоростей фильтрования, условий промывки и сопоставление результатов расчета с проектными. О том, что такие расчеты нелишни, свидетельствуют многочисленные факты обнаружения заметных отклонений фактических размеров сооружений от проектных. Так, на одной из водопроводных станций в Приморском крае все 36 контактных осветлителя имели площадь в плане меньше проектной в среднем на 10 %. Фактическая скорость фильтрования при проектной производительности должна была составлять 6 м/ч вместо 5,5 м/ч по проекту, а это для КО недопустимо.

На водопроводной станции г. Уссурийска отметка днища промывного бака оказалась заниженной почти на 2 м, из-за чего интенсивность промывки оказалась меньше необходимой, так как уменьшился действующий напор.

Гидравлическими испытаниями проверяется герметичность сооружений и коммуникаций.

Гидравлическое испытание сооружений, выполненных из бетона, осуществляется не ранее 28 суток после окончания бетонирования в следующей последовательности:

- испытываемая емкость заполняется водой до наивысшего проектного уровня;
- все задвижки на трубопроводах закрываются и пломбируются;
- принимаются меры для того, чтобы наружные поверхности стен были доступны для осмотра;
- по истечении определенного срока (не ранее 5 суток после заполнения водой) измеряется величина суточного понижения уровня воды в емкости.

Удельная убыль воды за сутки (исключая испарение) не должна превышать 3 л на 1 м² смоченной поверхности стен и днища. Какие-либо признаки течи через стены и швы не допустимы. Приемлемо лишь некоторое потемнение бетона в отдельных местах стен.

Гидравлическое испытание напорных трубопроводов заключается в их проверке на прочность и герметичность. Величина испытательного давления должна быть:

- для стальных труб – не менее 1 МПа, причем не менее чем на 0,5 МПа выше рабочего;
- для чугунных труб – не менее чем на 0,5 МПа выше рабочего;
- для полиэтиленовых – в 1,5 раз выше рабочего давления.

Испытания распределительных систем проводят до загрузки фильтров фильтрующим материалом. Проверка качества соединений и пропускная способность, осуществляется путем подачи через эти системы максимального расчетного расхода для промывки при требуемом проектным напоре. Однаковая высота бурунов через равные промежутки вдоль дренажных труб при небольшом слое воды над дренажем свидетельствует о равномерности распределения воды.

Дренажные колпачки испытываются на специальном стенде при постоянном напоре, равном проектному. Определяется пропускная способность каждого колпачка. На каждый фильтр монтируются колпачки с одинаковым сопротивлением (пропускной способностью).

При обнаружении утечек места течи зачищаются, заделываются цементным раствором и высушиваются. Хороший эффект повышения водонепроницаемости дают современные герметизирующие составы «Кольматрон», «Пинетрон» и т. п.

Горизонтальность кромок водоотводящих желобов проверяется по уровню воды или нивелированием. Отклонение верхней кромки желобов от горизонтальной плоскости не должно превышать ± 2 мм.

Стенки сборных желобов следует снабдить досками или полосами пласти массы с вырезанными в них треугольными водосливами. Полосы крепятся болтами на стальной полосе, утопленной в бетон, или иными надежными способами. Зазор между доской и желобом герметизируется.

Дренажные трубы должны быть строго горизонтальны (отклонения от горизонтальности не более ± 2 мм), а их соединения герметичны. Крепление распределительных труб к днищу осуществляется хомутами с установленными под ними железобетонными опорами.

Присоединение распределительных труб к коллектору следует делать эластичным при помощи муфт с заделкой пазов резиновыми кольцами, просмоленной прядью и битумом.

Диаметры отверстий дренажных труб, ширина щелей проверяется калиброванными щупами. Отверстия должны быть направлены вниз под углом 45° к вертикальной оси.

Дренажные колпачки навертываются на штуцера с обмоткой смоляной прядью на сурике. После их установки принимаются меры по защите щелей от загрязнения.

Поддерживающие слои (гравий, щебень) подают на дно фильтров саморазгружающейся бадьей. Ссыпать эти материалы с высоты (даже при использовании наклонных лотков) не разрешается. Наиболее крупные фракции нижнего слоя плотно укладываются на днище с плотным заполнением пространства между ними и дренажными трубами более мелкими фракциями. После укладки каждого слоя до проектной границы (метки вы-

соты каждого слоя отмечают мелом на стенках фильтра) и разравнивания вручную, заполняют фильтр водой и проверяют горизонтальность расположения гравия.

Гравий мелких фракций и фильтрующий материал (песок) разрешается спускать вниз по наклонным лоткам.

Для загрузки фильтрующего материала используются грузоподъемные механизмы: грейфер, кран-балка с бадьей и др. Если материал поставляется в мягких контейнерах их переносят краном в корпус фильтра.

Целесообразно производить загрузку фильтра гидротранспортом.

Подача фильтрующей загрузки в виде пульпы в заполненный водой фильтр предупреждает ее излишнее уплотнение и проникновения в поддерживающие слои.

Загрузку песка следует производить послойно (толщина слоя 0,3–0,5 м), тщательной промывая каждый слой. После окончания операции загрузка промывается с расчетной интенсивностью до получения светлой воды, с поверхности удаляют мелкие фракции (содержание зерен менее 0,25 мм допускается не более 1 % по весу) и производят дозагрузку. Затем устанавливается окончательный гранулометрический состав фильтрующего материала, для чего отбирается проба загрузки на всю глубину с помощью батометра. На основании гранулометрического анализа составляется акт, а результаты заносятся в паспорт фильтра.

Перед пуском в пробную эксплуатацию фильтры и коммуникации обрабатывают дезинфектантами, разрешенными к применению в питьевом водоснабжении (хлором, гипохлоритом, хлорной известью). Дезинфекция производится раствором с концентрацией активного хлора 75–100 мг/л при контакте в течение 5–6 ч или 40–50 мг/л при контакте не менее 24 ч. Качество дезинфекции подтверждается актом, составленным при участии специалистов санитарного надзора.

Раствор для дезинфекции приготавливается заранее в промывном баке (тогда фильтр заполняется через дренажную систему) или непосредственно в сооружении. В этом случае фильтр полностью заполняется водой и добавляется такое количество реагента, чтобы концентрация соответствовала расчетной. Перемешивание раствора производят деревянной лопатой. Затем, открыв на линии опорожнения сооружения, спускают воду до тех пор, пока концентрация хлора в ней не достигнет расчетной. Если уровень воды при этом опуститься ниже верха загрузки, добавляют раствор нужной концентрации.

До проведения дезинфекции место и порядок выпуска дезинфицирующих растворов в водный объект или на поверхность земли согласуются с органами санитарного надзора и охраны водных ресурсов. При невозможности безопасного сброса реагентов, их предварительно нейтрализуют.

В период проведения пуско-наладочных работ опытным путем устанавливается интенсивность и продолжительность промывки загрузки фильтровальных сооружений. Критерием правильного выбора служит величина требуемого расширения и достигаемый эффект отмычки зерен загрузки при минимальном количестве воды, расходуемой на промывку. При выбранном режиме промывки загрузка не должна выносится, а также происходит перемешивание слоев в двух и многослойных фильтрах.

6.8. Песковое хозяйство

На водопроводных станциях предусматривается песковое хозяйство для хранения, дробления, сортировки и транспортирования фильтрующего материала и поддерживающих слоёв. Запас фильтрующего материала рассчитывается в объёме 10 %-го ежегодного пополнения и замены фильтрующей загрузки, а также дополнительного аварийного запаса на перегрузку одного фильтра при количестве их на станции до 20 и двух – при большем количестве.

Песковое хозяйство должно находиться в постоянной готовности к загрузке, поскольку аварийная ситуация, требующая срочную перегрузку фильтра, может возникнуть в любой момент.

В табл. 6.7 даны некоторые характеристики основных фильтрующих материалов, применяющихся в России.

Таблица 6.7
**Характеристики фильтрующих материалов,
применяющихся в РФ для очистки воды**

| Материал | Насып- ная мас- са, кг/м ³ | Плотность в водонасыщен- ном состоянии, кг/дм ³ | Пористо- сть, % | Коэффи- циент формы зерен |
|------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------|
| Кварцевый песок | 1600 | 2,6–2,65 | 36–42 | 1,17 |
| Керамзит дробленный | 400 | 1,73* | 74 | – |
| То же | 530 | 2,14* | 60 | 3,2 |
| Керамзит недоробленный | 780 | 1,91* | 48 | 1,29 |
| Горелые породы | 1250 | 2,4–2,5 | 52–60 | 2,0 |
| Шунгизит дробленный | 650 | 1,8–2,18* | 56–65 | 1,7–2,0 |
| Вулканический шлак (Мастара) | – | 2,45* | 63–64 | 2,0 |
| Шлаки медноникелевые | 1650 | 3,2* | 48,5 | 2,15 |
| Габбро-диабаз | 1580 | 3,1* | 48 | 1,75 |
| Пенополистирол | | 0,1–0,2 | 41–43 | 1,05–1,1 |
| Гранодиорит | 1320 | 2,69 | 48–54 | 1,7 |

Фильтрующая загрузка должна соответствовать требованиям ГОСТ Р 51641 «Материалы фильтрующие зернистые» по химической стойкости, механической прочности, санитарно-гигиенической и радиационной безопасности, гранулометрическому составу.

Наряду с перечисленными в таблице показателей качества, для характеристики фильтрующей загрузки важны следующие технологические параметры: плотность, пористость слоя, удельная поверхность зерен, коэффициент формы зерен, адгезионная активность поверхности зерен.

При прочих равных условиях предпочтение следует отдавать фильтрующим материалам с большей пористостью и развитой поверхностью зерен. Этим требованиям в наибольшей степени отвечают зернистые материалы, получаемые дроблением.

Плотность материала для фильтров с нисходящим фильтрационным потоком определяет условия их промывки.

Следует иметь в виду, что такие пористые материалы как керамзит, туф, шлаки, характеризуются величиной кажущейся плотности, которая меньше истинной за счет того, что часть объема зерен занята воздухом. Пористые материалы перед употреблением должны быть замочены на 1–4 суток, что несколько увеличивает кажущуюся плотность.

Для фильтровальных сооружений с восходящим фильтрационным потоком (контактные осветлители) предпочтение следует отдавать «тяжелым» загрузкам, имеющим плотность 2,5 г/см³ и более, поскольку предельные потери напора в них определяются массой столба загрузки в воде. Кроме того, при увеличении скорости фильтрования появляется опасность расширения верхнего мелкозернистого слоя и вынос через него загрязнений. Такая неудовлетворительная работа КО при использовании в качестве фильтрующего материала цеолита с плотностью до 2,2 г/см³ наблюдалась на очистных сооружениях Артемовского гидроузла в Приморском крае.

Гранулометрический состав фильтрующей загрузки характеризуют следующие показатели:

– коэффициент неоднородности фильтрующей загрузки $K = \frac{d_{80}}{d_{10}}$, где

d_{80} и d_{10} – диаметры зерен, мм, соответствующие калибрам сит, через которые просеивается 80 и 10 зернистой загрузки по весу;

– эквивалентный диаметр зерен, d_e , мм – размер зерен, равновеликих по размеру осредненному размеру частиц загрузки, $d_e = \frac{100}{\sum \left(\frac{P_i}{d_i} \right)}$, где

P_i – процентное содержание фракций со средним диаметром зерен d_i , мм;

– средний диаметр зерен, d_{cp} , мм – размер зерен более крупных, чем 50 % всех зерен, содержащихся в фильтрующем материале, обычно $d_{cp} \cong 0,9 Kd_{10}$.

Для технологической оценки дополнительно выделяют 20 % диаметр (d_{20}) и коэффициент неоднородности, равный $\frac{d_{20}}{d_9}$.

Гранулометрический состав загрузки определяется ситовым анализом, который заключается в рассеве отмытого и высушенного образца материала средней пробы. При этом рекомендуется использовать набор сит следующих калибров: 0,25; 0,5; 0,6; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 мм.

Приготовление фильтрующей загрузки может быть промышленным (на заводах) или производится непосредственно на водопроводной станции силами обслуживающего персонала. Хотя в настоящее время в стране действует несколько специализированных предприятий по выпуску различной кондиционной фильтрующей загрузки, нередко возникает необходимость приготовления фильтрующих материалов непосредственно на станции.

Большое разнообразие местных фильтрующих материалов предопределило появление многочисленных вариантов схем дробильно-сортировочных установок. Обычно эти установки включают дробилки, ситовые грохоты, транспортёры, грузоподъёмные механизмы, устройства для отмывки готового материала от пыли. Примеры распространённых установок по приготовлению фильтрующих загрузок или дополнительного их рассева приводятся в литературе.

Полученная сухим рассевом фильтрующая загрузка содержит значительное количество пыли и требует отмывки. В связи с этим представляют интерес установки мокрого рассева фильтрующего материала. На хабаровском предприятии ЗАО «Водэко» применена установка мокрого рассева гранодиорита, принципиальная схема которой показана на рис. 6.25.

Отсев от дробления камня с фракцией более 10 мм высыпается в наклонный бункер 3, куда подаётся вода. По наклонной трубе материал поступает во вращающийся барабан, состоящий из двух сеток – внутренней с ячейкой 2×2 мм и наружной – 0,8×0,8 мм. Сверху барабан поливается водой. Продукты рассева по фракциямсыпаются в лотки 4 и складируются по отдельности. Приготовленная описанным способом загрузка отличается не только малым содержанием пыли, но и высокой степенью кондиционности.

Одним из распространённых способов классификации фильтрующей загрузки является отмывка мелочи непосредственно в фильтровальном сооружении. По результатам ситового анализа представительных проб посту-

пившего материала определяют долю мелкозернистой фракции, подлежащей удалению. В фильтр послойно по 30–40 см засыпают загрузку и много-кратно (по 5–6 раз) отмывают в восходящем промывном потоке. После каждого цикла срезают лопатами верхние мелкозернистые слои материала. После окончания операции берут пробу материала на всю глубину и определяют её гранулометрический состав.

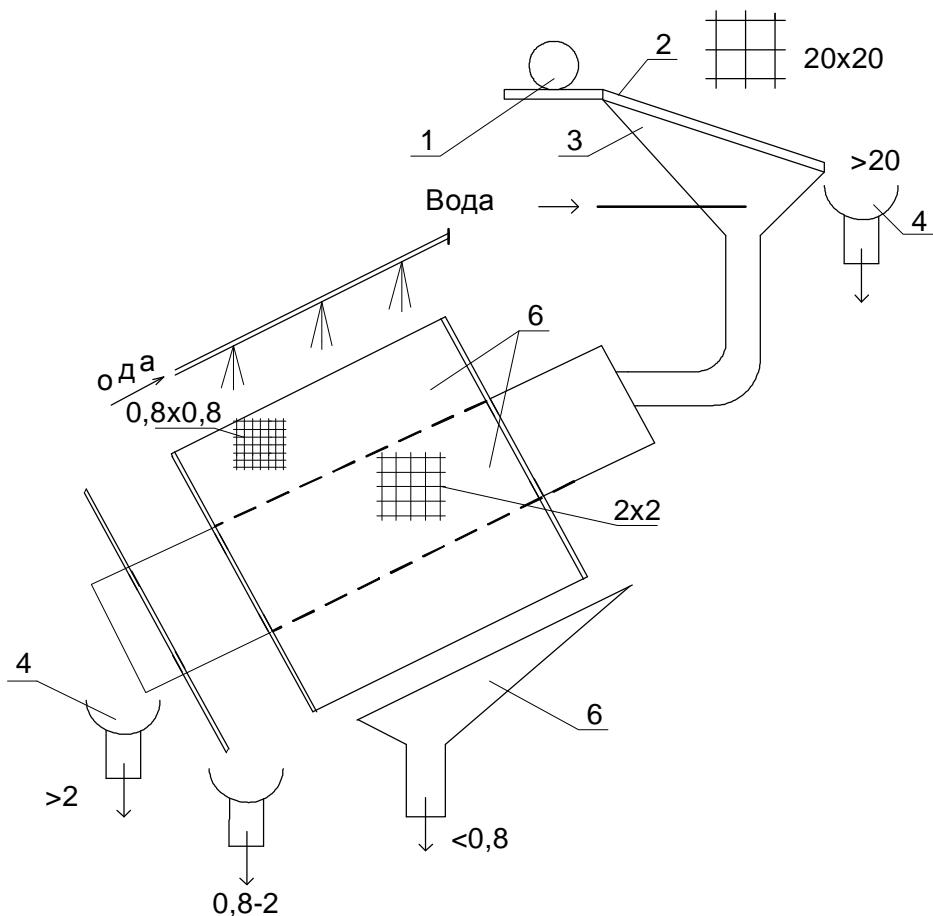


Рис. 6.25. Установка мокрого рассева гранодиорита: 1 – вибратор; 2 – сетка 20×20; 3 – бункер; 4 – лотки сбора продуктов рассева; 5 – поддон; 6 – вращающийся барабан с сетками 0,8×0,8 и 2×2 мм

Для кондиционирования небольших объемов материала, может применяться простейший классификатор, схема которого показана на рис. 6.26.

Стальная труба 7 диаметром 200–600 мм, высотой 1500–2000 мм обрудуется системой патрубков с пробками через 100–200 мм для выгрузки мелких отмытых фракций 2 и кондиционной загрузки 3. Интенсивность подачи промывного потока через трубу 4 подбирается из условия 1,5 кратного расширения загрузки ($14\text{--}18 \text{ л/с}\cdot\text{м}^2$). Выгрузку кондиционной загрузки с переводом в состояние пульпы при подаче небольшого количества промывной воды.

Недостатком приготовления загрузки в фильтре и в простейшем классификаторе является отсутствие возможности удаления некондиционных крупных фракций материала.

Поступающий на станцию готовый фильтрующий материал также часто необходимо отмыть, поскольку при транспортировке навалом он загрязняется.

Отмытый и рассортированный материал должен быть надежно защищен от вторичного загрязнения и храниться в помещениях или ёмкостях с асфальтированным или бетонным полом. При этом разные материалы хранят отдельно и не допускают их смешения.

Транспортирование фильтрующих материалов и загрузку их в фильтры следует осуществлять гидротранспортом (гидроструйными и песковыми насосами). Диаметр трубопровода для транспортирования пульпы принимается не менее 50 мм и проверяется по скорости движения пульпы не менее 1,5–2 м/с. Повороты трубопроводов должны быть плавными с радиусом 8–10 диаметров трубопровода и более.

Эксплуатация пескового хозяйства сводится к своевременной сортировке загрузочных материалов, поступающих на станцию, обеспечению постоянной исправности дробилок, сит, грохотов, классификаторов, наблюдению за работой транспортных средств при загрузке сооружений. Не реже 1 раза в месяц проводится плановый осмотр механических средств и 1 раз в год – их капитальный ремонт.

6.9. Обработка производственных сточных вод и осадков водопроводной станции

6.9.1. Общие сведения

В процессе очистки образуются технологические выбросы: загрязнённая вода и осадки; объём выбросов достигает не менее 5 % от суточной производительности станции.

Большая часть выбросов – вода после промывки фильтров, содержащая от 200 до 2000 мг/л взвешенных веществ и имеющая БПК₅ 3–10 мг/л.

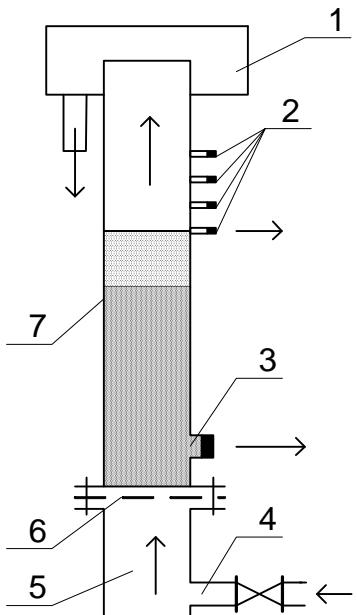


Рис. 6.26. Схема простейшего классификатора: 1 – круговой лоток для сбора промывной воды; 2 – патрубки для выгрузки мелких фракций; 3 – патрубок для отвода кондиционной загрузки; 4 – подача промывной воды; 5 – поддон; 6 – поддерживающая сетка (решётка); 7 – корпус с загрузкой

Если на станции отсутствует прехлорирование, в промывной воде обнаруживаются микроорганизмы в основном анаэробные (споры сульфитредуцирующих клостридий).

Основная часть осадков, имеющих влажность свыше 99 %, поступает из отстойников или осветителей со взвешенным осадком. По исследованиям д-ра техн. наук В.М. Любарского [22], осадки представляют собой гелеобразную массу серо-коричневого цвета. Свойствами осадков, влияющими на условия их обработки, являются способность к гравитационному уплотнению и легкоподвижность. Эти свойства зависят от качества коагулированной воды: цветности и мутности. В зависимости от соотношения этих двух показателей различают воду мутную (соотношение менее 1,0 град·л/мг), средней мутности и цветности (1..10 град·л/мг), маломутную и цветную (более 10 град·л/мг).

Удельное сопротивление осадков изменяется от 10^{10} до 1400×10^{10} см/г (большие значения относятся к условиям очистки маломутных цветных вод).

Содержание органики в осадках зависит от цветности исходной воды и составляет от нескольких процентов до 10–15 % и более от общей массы углерода гуминовых кислот. В результате гниения органики осадки нередко приобретают очень сильные гнилостно-рыбные запахи.

Осадки обезвоживаются на иловых площадках замораживания или подсушивания, либо в накопителях. В первом случае после обезвоживания осадок вывозится и депонируется на специальных площадках (полигонах), во втором – после многолетнего накопления и обезвоживания накопитель засыпается грунтом и более не используется. Иногда после 3–10 лет консервации накопитель очищается для повторного использования, а осадок вывозится на полигоны депонирования.

Размещение накопителей и иловых площадок должно в максимальной мере исключить вымыв осадков поверхностным стоком. Для этого предусматривается устройство нагорных канав или соответствующая вертикальная планировка.

Для ускорения процесса обезвоживания осадок до подачи на площадки или накопители может обрабатываться в сгустителях, где подвергается механическому перемешиванию при малых значениях градиента G в течение нескольких часов. В сгустителях влажность снижается до 97–98 %. Следует иметь в виду, что осадки сохраняют свойства текучести, необходимые для транспортировки по трубам, при влажности не менее 92–94 %.

Обезвоживание осадков с последующим депонированием на полигонах также производится при помощи фильтр-прессов, центрифуг и другого механического оборудования.

Промывная вода фильтров и прочие загрязнённые производственные стоки (например, несвязанная вода, отделяющаяся в сгустителях, накопи-

телях и на площадках, либо вода от промывки трубопроводов и оборудования реагентного хозяйства) могут сбрасываться в сеть хозяйственно-бытового водоотведения, выпускаться с соблюдением правил охраны водных объектов от загрязнений в водотоки, либо повторно направляться в голову очистных сооружений, что рекомендуется в нормативах [42].

В последнем случае вода предварительно не очищается или проходит только отстаивание в отстойниках периодического действия, являющихся одновременно резервуарами – усреднителями.

Считается, что добавка отстоянной воды к исходной не ухудшает процесса очистки, даже если эта добавка составляет 10–20 % от производительности водопроводной станции. Опыт эксплуатации показывает однако, что отказ от нормирования качества возвратной промывной воды негативно сказывается на процессе очистки.

По указанию местных органов санитарного надзора при вспышках инфекций, вызываемых простейшими (амебы и др.), осадки обрабатываются повышенными дозами хлора, который вводится перед резервуаром-накопителем.

6.9.2. Обезвоживание осадков

Как отмечалось выше, осадки удаляются из отстойников периодически, с интервалами от нескольких часов до десятков суток и более, а в отдельных случаях – один раз в год. Из осветителей осадки выпускаются с интервалами от нескольких часов до 1–6 недель (см. пп. 6.5.2.2 и 6.6.1).

Выпуск осадков проводится последовательно для всех сооружений, входящих в блок отстойников или осветителей.

6.9.3. Сгустители

Сгустители предназначены для уменьшения объема осадков, образующихся при очистке промывной воды фильтров и сооружений первой ступени очистки (отстойники, осветители со взвешенным осадком) уменьшение объемов достигается при снижении влажности осадков.

Сгустители представляют собой резервуары типа радиальных или горизонтальных отстойников, оборудованных перемешивающими устройствами. Суммарная вместимость сгустителей определяется по зависимости

$$W_{cr} = 1,3K_p W_{oc},$$

где W_{oc} – вместимость зоны накопителя осадка в сооружениях первой ступени очистки; K_p – коэффициент разбавления осадка при выпуске, прини-

маемый равным: 1,2 – при механическом удалении, 1,5 – при гидравлическом удалении, 2÷3 – при напорном смыве.

Эффект обезвоживания в сгустителях достигается при вялом перемешивании, исключающем пептизацию осадка, но достаточном для частичного разрушения хлопьев, что способствует отделению свободной и слабосвязанной воды.

Осадок поступает из отстойников или осветителей самотёком или перекачивается насосами и подаётся на 1,0 – 1,5 м выше дна в центре радиальных, или по двум перфорированным трубам в начало прямоугольных сгустителей.

Отделяющаяся при сгущении вода отводится в резервуар промывных вод или непосредственно в голову сооружений. Если предусмотрен сброс промывных вод в систему городского водоотведения или в водный объект, отделившаяся в сгустителе вода сбрасывается в ту же систему.

Работа сгустителя циклическая. В каждый цикл входят следующие операции:

- заполнение в течение 10–30 мин;
- перемешивание в течение нескольких часов;
- удаление отделившейся воды (30–40 мин);
- перекачивание уплотнённого осадка на дополнительное обезвоживание (30–40 мин).

Продолжительность рабочего периода (перемешивания) зависит от среднего содержания взвешенных веществ в исходной воде и от применяемых реагентов. Эта продолжительность уменьшается при очистке более мутной воды и в случаях применения флокулянтов. С ростом мутности исходной воды повышается необходимое значение градиента скорости перемешивания и соответственно скорость движения конца лопасти мешалки (для радиальных уплотнителей).

Ориентировочные значения указанных показателей приведены в табл. 6.8 [38].

Действительные значения показателей, характеризующих процесс сгущения, определяются и оптимизируются опытным путём.

При вводе в осадок флокулянтов длительность сгущения уменьшается. Например, при использовании ПАА дозами 0,03–0,09 % от массы безводного вещества осадка сгущение происходит вдвое быстрее.

Поскольку при сгущении объём осадка весьма существенно уменьшается, представляется возможным накапливать сгущённый осадок в сгустителе и откачивать его после нескольких циклов сгущения.

Персонал обязан соблюдать заданный регламент сгущения, периодически (по графику) контролировать влажность поступающего и сгущенного осадка, следить за исправностью и техническим состоянием оборудования

(перемешивающие механизмы, насосные агрегаты), трубопроводов и КИП, за горизонтальностью водосливов и очищать их от загрязнений, выполнять профилактические работы.

Таблица 6.8
Примерные характеристики процесса сгущения

| Содержание взвесей, C , мг/л; реагенты | Скорость конца лопа- сти мешал- ки, м/с | Длитель- ность пере- мешивания, ч | Влажность выгружае- мого осад- ка, % | Кратность уменьше- ния объёма осадка |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Осветление: | | | | |
| $C = 30$ мг/л, коагуляция, коагулянт, ПАА | 0,015 0,015 | 10 9 | 98,2 97,8 | 1,8 2,2 |
| $C = 150$ мг/л, коагуляция, коагулянт, ПАА | 0,025 0,025 | 8 7 | 97,3 96,8 | 2,7 3,2 |
| $C = 600$ мг/л, коагуляция, коагулянт, ПАА | 0,030 0,030 | 6 5 | 91,8 90,0 | 8,2 10,0 |
| Обезжелезивание: | | | | |
| реагентное безреагентное | 0,015 0,025 | 9 7 | 97,2 92,5 | 2,8 2,1 |

Примечание: начальная влажность осадка принята 99 %, а при безреагентном обезжелезивании – 96,5 %.

В соответствии с планом ППР сгустители опорожняются, осматриваются, очищаются и ремонтируются.

6.9.4. Накопители

Как отмечалось, накопители выполняют одновременно две функции: обезвоживания и депонирования осадка. Расчётный период накопления составляет от 5 до 10 лет.

В накопителе происходит гравитационное уплотнение осадка с выделением свободной воды. Если основание накопителя представлено хорошо фильтрующими грунтами, а уровень грунтовых вод находится ниже его дна на 1,5 м и более, учитывается возможность отведения под-иловой свободной воды путём фильтрации.

Осадок подаётся в накопитель в нескольких точках и с таким расчётом, чтобы обеспечить равномерное заполнение ёмкости сооружения. Отбор воды выполняется в точках, удалённых от точек подачи осадка не более чем на 60 м. Конструкция устройств для отвода воды должна быть рассчитана на водоотведение с любого уровня по глубине накопителя, а зимой из подо льда.

Секции накопителя используются попаременно; при этом в течение года заполняется одна из секций, а отделяющаяся вода отводится непре-

рывно, по мере выделения. В то же время в остальных секциях продолжается дальнейшее обезвоживание и уплотнение ранее накопленного осадка с периодическим отведением выделившейся воды, с замораживанием зимой и оттаиванием весной, с подсушиванием в летний период.

Обслуживание накопителей сводится к проведению операций по заполнению секций, откачке воды, контролю за состоянием сооружений. Процесс обработки осадка регулярно контролируется путём отбора проб и определения влажности и плотности.

В соответствии с регламентом контролируется содержание взвесей в осветленной воде на выпусках из секций.

Интенсивность обезвоживания особенно велика в первые годы накопления осадка, а затем затухает. Процесс зависит от содержания взвесей в исходной воде и от её реагентной обработки. Обезвоживание осадков более мутных вод происходит лучше, чем маломутных и цветных. Применение флокулянтов обеспечивает лучшее обезвоживание осадков по сравнению с обработкой воды только коагулянтами.

В [38] приведены ориентировочные данные о ходе процесса обезвоживания осадков в накопителях за десятилетний период. Так, при уплотнении осадков из отстойников при очистке воды, содержащей 30 мг/л взвесей с коагуляцией, в течение первого года влажность осадка снижается до 91 %, пяти лет – до 81 %, восьми лет – 79 %, десяти – 77 %. Если совместно с коагулянтом используется ПАА, значения влажности оказываются приблизительно на 2 % меньше. В случае уплотнения осадка более мутной воды (150 мг/л взвесей), соответствующие значения влажности составят: 83; 73,5; 72 и 72 %, а применение ПАА позволяет уменьшить влажность дополнительно только на 0,5 %.

Персонал должен следить за техническим состоянием элементов сооружения и, особенно, ограждающих дамб. Нельзя допускать переполнение накопителя и прорыва осадков и воды.

6.9.5. Площадки замораживания

Площадки замораживания позволяют интенсифицировать обезвоживание осадка за счет увеличения водоотдачи после полного замораживания и оттаивания.

В [38] рекомендуется применять площадки замораживания в районах с периодом устойчивой среднесуточной отрицательной температуры воздуха не менее двух месяцев в году. Осадок накапливается на площадках в течение одного – трёх лет и затем вывозится на полигоны для депонирования.

Гравитационное уплотнение осадка, как и в других случаях, зависит от мутности исходной воды и от условий реагентной обработки.

Например, при уплотнении осадков маломутных цветных вод при их обработке коагулянтом ($C = 30$ мг/л) влажность осадка составляет при длительности уплотнения 1 месяц – 98,2 %, 4 месяца – 96,3 %, 8 месяцев – 94,2 %, 10 месяцев – 93,5 %. При содержании в воде 150 мг/л взвесей соответствующие значения равны: 93,6 %, 91,5 %, 87,7 %, 86 %.

Применение совместно с коагулянтами флокулянтов (ПАА) уменьшает влажность на 1–1,5 %.

Площадки следует применять при обезвоживании осадков с большими значениями удельного сопротивления, образующихся при очистке маломутных цветных вод или при обезжелезивании воды и нецелесообразны для осадков мутных вод.

Площадки замораживания состоят из нескольких карт, часть которых используется в период года со среднесуточными отрицательными температурами воздуха, а часть – для предварительного гравитационного уплотнения осадка в тёплый период года. Толщина слоя осадка на последних к моменту наступления устойчивых отрицательных температур должна быть такой, при которой он (осадок) будет полностью проморожен.

В период намораживания осадок на карты замораживания заливается слоями толщиной от 0,06 до 0,1 м с продолжительностью интервалов, достаточной для их полного промораживания (рис. 6.27).

Например, при среднесуточной температуре воздуха – 4 °С и периодичности напуска осадка на карту не менее 3 суток толщина слоя замораживания 0,08 м.

Устройства для подачи осадка должны обеспечить его равномерное распределение по площади карты без размыва дна или слоя замёрзшего осадка.

Осадок в зимнее время подаётся как на поверхность льда для замачивания и последующего замораживания мокрого снега, так и под слой льда для вытеснения воздуха, оказавшегося между слоем льда и осадком. В этом случае во льду пробиваются шурфы для выхода воздуха.

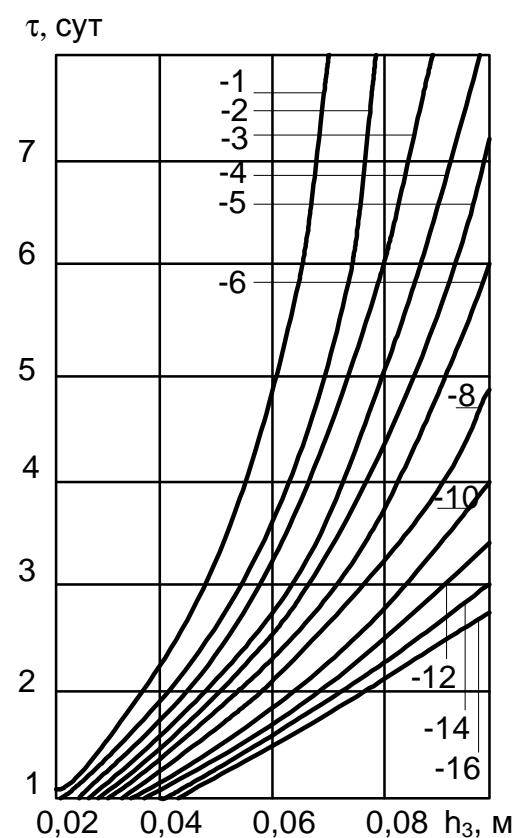


Рис. 6.27. Длительность замораживания осадка в зависимости от толщины слоя и среднесуточной температуры воздуха

Талая вода из каждой секции выпускается послойно и так, чтобы не допустить взмучивания уплотнившегося осадка. На выпусках контролируется мутность удаляемой воды.

Система водоотвода должна обеспечивать полное удаление как осветлённой воды, так и дождевых вод.

Обезвоженный осадок удаляется с использованием средств механизации: бульдозеров и экскаваторов.

После очистки карт от осадка проводятся необходимые восстановительные работы: планировка дна, крепление откосов оградительных валиков, ремонт арматуры и устройств для подачи осадков и отвода воды.

Содержание эксплуатационных работ заключается в регулируемой подаче на карты осадка при соблюдении требуемой толщины слоя налива, в своевременном отведении выделившейся воды, выполнении работ по очистке карт от обезвоженного осадка.

Регулярно промываются илопроводы со сбросом промывной воды на карты.

6.9.6. Площадки подсушивания

Обезвоживание осадков на площадках подсушивания происходит за счёт гравитационного уплотнения с отведением выделяющейся свободной воды в сочетании с испарением части связанной воды. Этот тип площадок рекомендуется для районов с устойчивым дефицитом влажности воздуха не менее 800 мм рт. ст., наблюдаемым в течение 2 и более месяцев в году.

На площадки подаётся только предварительно сгущённый осадок, который заливается на карты слоем не более 0,3–0,5 м. Продолжительность накопления осадков составляет 1 год. Подача осадка на карты, отведение выделяющейся при уплотнении воды и атмосферных вод, техническое обслуживание площадок и другие эксплуатационные работы аналогичны вышеизложенным (для площадок замораживания).

6.9.7. Эксплуатация сооружений по обработке промывных вод фильтров

При двухступенчатом осветлении промывные воды фильтров направляются в резервуары-усреднители, где не предусмотрено отстаивание и откуда они равномерно перекачиваются в смесители или входные камеры. Иногда (при значительном содержании взвесей в промывной воде) вместо резервуаров применяются отстойники. Количество резервуаров должно быть не менее двух, с вместимостью каждого не менее объёма промывной воды, затрачиваемого на промывку одного фильтра.

При одноступенчатой очистке промывные воды отстаиваются в отстойниках периодического действия, а отстоянная вода равномерно направляется в голову очистных сооружений.

Для улавливания вымываемого при промывке песка предусматриваются песколовки.

В резервуарах-усреднителях вода пребывает несколько часов, поэтому в них также происходит выпадение некоторой части взвеси, периодически удаляемой гидроэлеваторами или насосами в систему обезвоживания.

Мутность промывной воды в течение промывки меняется весьма значительно, поэтому в резервуарах-усреднителях концентрацию взвесей выравнивают перемешиванием. Для этого и для поддержания примесей во взвешенном состоянии может быть рекомендован барботаж воздухом с интенсивностью 3–5 л/с·м².

При эксплуатации резервуаров усреднителей промывных вод необходимо:

- следить за равномерным распределением воды между резервуарами; контролировать равномерность перекачивания воды из резервуаров в голову очистных сооружений и режим ее перемешивания;
- следить за исправностью насосного оборудования, трубопроводов, арматуры, контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации;
- производить плановую чистку резервуаров и коммуникаций.

При необходимости отстаивания промывной воды, добиться удовлетворительного осаждения взвеси невозможно. Поэтому рекомендуется вводить в отстойники полиакриламид дозой от 0,08 до 0,16 мг/л (меньшие дозы при цветной маломутной воде).

Повысить эффективность работы отстойников для обработки промывных вод можно и другими известными методами, интенсифициирующими осаждение [4].

Отстойники заполняются при залповом поступлении промывной воды, поэтому и ввод реагентов тоже должен быть залповым. Количество вводимых реагентов рассчитывается исходя из значения средней концентрации примесей в промывной воде.

В зимний период эффект осаждения в отстойниках снижается, иногда до 30–50 %. Поэтому возврат промывной воды увеличивает мутность обрабатываемой почти вдвое. Это следует учитывать и соответствующим образом изменять реагентную обработку воды.

При эксплуатации отстойников промывных вод необходимо:

- обеспечить равномерность перекачивания осветлённой воды в голову очистных сооружений;
- соблюдать режим удаления выпавшего осадка на сооружения для егочэбезвоживания и сгущения;

- своевременно дозировать и вводить реагенты;
- следить за исправностью насосного оборудования, арматуры и контрольно-измерительных приборов;
- производить плановую очистку отстойников и коммуникаций.

При отсутствии на водопроводной станции предварительного хлорирования, промывные воды надлежит хлорировать дозой 2–4 мг/л.

В целом содержание эксплуатационных работ (система контроля, ППО и ППР, профилактическое обслуживание) для отстойников периодического действия в системах оборота промывных вод аналогично изложенному в пп. 6.5.2.

Эксплуатация блока оборота воды, включающего песковую, резервуары и усреднители или отстойники, насосные установки и трубопроводы, осуществляется персоналом фильтровального цеха.

6.10. Анализ работы и качество эксплуатации водопроводных станций

Согласно методике, изложенной в разд. 1 настоящей работы, критериями оценки качества эксплуатации являются такие показатели, как надёжность, экологичность, экономичность и безопасность жизнедеятельности персонала.

Фактором, повышающим качество эксплуатации водопроводных станций, является автоматизация основных технологических процессов: дозировка реагентов, обеззараживание, управление фильтрами, включая и операции по их промывке и удалению воздуха из трубопроводов для подачи промывной воды, регулирование работы насосного оборудования [42].

6.10.1. Надёжность

Надёжность характеризуется безотказностью, ремонтопригодностью и долговечностью.

Безотказность работы станции оценивается по уровню отказов, которые выражается в недостаточной производительности или степени очистки воды.

Качество питьевой воды частично нормируется СанПиН [40]. Нормы включают предельно допустимые значения показателей, характеризующих органолептические свойства воды, концентрации химических веществ антропогенного происхождения, загрязняющие водный источник, примесей, образующихся в процессе водоочистки (хлор, хлорорганические соединения, алюминий или железо, входящие в состав коагулянтов, флокулянтов и т. д.). Нормируются показатели, определяющие микробиологическую и

паразитологическую безопасность воды. Кроме того, подлежат нормированию и контролю те дополнительные химические вещества, которые обнаружены в данном источнике водоснабжения и представляют опасность для здоровья населения.

Попутно заметим, что показатель стабильности не относится к нормируемым, но отказ от стабилизации агрессивной воды с отрицательным индексом насыщения обязательно приводит к резкому ухудшению нормируемых органолептических показателей качества во время транспортировки воды по сети наружного и в сетях внутреннего водопровода. Следует иметь в виду, что требования по соблюдению качества питьевой воды относятся к местам непосредственного водоразбора.

Отказ вследствие ухудшения качества очистки может быть вызван: гидравлической перегрузкой всей станции, перегрузкой из-за аварийного выхода из строя одного из основных объектов, ухудшением качества воды в источнике сравнительно с расчетным.

Причиной общей гидравлической перегрузки может быть возникшая необходимость в отключении или сокращении производительности одной из водопроводных станций, обслуживающих городской водопровод в период максимальной загрязненности воды источника водоснабжения.

Техническим ограничением роста производительности станции в первую очередь оказывается пропускная способность внутристанционных коммуникаций.

Увеличение расходов однозначно отрицательно влияет на эффект осветления воды в отстойниках, так как сокращается продолжительность отстаивания, ухудшаются гидравлические условия и коэффициент использования объема, а так же уменьшается длительность хлопьеобразования.

В осветителях со взвешенным осадком возрастает восходящая скорость, снижается эффект осветления.

За счет правильной реагентной обработки, например, применения железных коагулянтов, образующих более плотные хлопья, нарушение работы сооружений первой ступени может быть отчасти сглажено.

В случае поступления на фильтры воды мутностью до 20–30 мг/л следует ожидать уменьшения времени достижения предельных потерь напора и сокращения межпромывочного периода. Если его продолжительность окажется менее 8 часов, можно ожидать особых трудностей при проведении промывки и по этому признаку ограничение производительности станции.

Существенное увеличение мутности или цветности воды источника при соответствующем режиме реагентной обработки не должно привести к отказу. Вместе с тем рост микробиального загрязнения источника водоснабжения и сопутствующее требование к снижению мутности очищенной воды до значений меньших чем 1,5 мг/л способно вызвать отказ.

Причинами отказов очень часто оказываются нарушения регламента эксплуатации сооружений и их неудовлетворительное техническое состояние.

Мы отмечали особую важность оперативной корректировки состава и доз реагентов адекватно изменениям качества воды в источнике водоснабжения. Эти изменения не всегда могут своевременно прогнозироваться особенно, если они вызываются не природными, а техногенными обстоятельствами.

Если негативное изменение качества воды в источнике происходит постепенно, или может прогнозироваться, иногда удаётся компенсировать его последствия за счёт имеющихся производственных ресурсов, например, при микробиальном, либо паразитологическом загрязнении значительным увеличением доз дезинфицирующих реагентов (хлора, озона и других).

Большие возможности по оптимизации технологического режима работы водопроводных станций и по повышению их безотказности дает применение автоматизированных систем управления технологическим процессом, например информационно моделирующей системы AquaCAD, используемой на Западной водопроводной станции Москвы [10].

Ремонтопригодность следует поддерживать на проектном уровне и по возможности дополнительно повышать. Это относится как к созданию благоприятных условий для выполнения ремонтных работ (удобные подходы к наиболее уязвимым точкам трубопроводов и сооружений, наличие площадок для выполнения ремонтов, путей транспортировки узлов и деталей), так и в постоянной готовности ресурсов и устройств, необходимых для ремонтов (грузоподъёмное оборудование, запасы подготовленного к применению фильтрующего материала для перегрузки фильтров и т. д.).

Долговечность зданий, сооружений и трубопроводов в большей мере зависит от исходных условий – качества строительно-монтажных работ и от качества использованных материалов и оборудования.

Основные объекты водопроводной станции относятся ко второму классу ответственности, т. е. рассчитаны на эксплуатацию в течение 50 лет и более. В соответствии с этим для строительства отстойников, фильтров, резервуаров и других сооружений нормируется качество бетона по морозостойкости и водопроницаемости.

На состояние производственных зданий существенно влияет теплово-влажностный режим внутри помещений. Его несоблюдение приводит к ускоренному старению и разрушению строительных конструкций.

Опыт эксплуатации сооружений водопроводных станций показывает, что их назначенный ресурс нередко превышается, но имеются случаи, когда объекты оказываются в предаварийном состоянии уже через 20–30 лет с начала эксплуатации.

Регулярная диагностика оборудования, строительных конструкций, коммуникаций, своевременное проведение текущих и капитальных ремонтов – необходимое условие обеспечения долговечности.

Мерами по предотвращению ускоренного старения зданий и сооружений следует считать строгое соблюдение нормируемых или определённых расчётом внутренних температур воздуха в помещениях, а также кратность воздухообменов.

Необходимо оперативно реагировать на возникшие утечки, нарушение герметичности стенок емкостных сооружений, на признаки разрушения строительных конструкций и коммуникаций, выявленные при содержании рабочего места и зоны обслуживания.

6.10.2. Экологичность

Отрицательное влияние на состояние окружающей среды оказывают пыле- и газовыделение при эксплуатации реагентного и хлорного хозяйства, а также системы удаления промывной воды из цеха фильтров и осадков из отстойников или осветителей.

Наиболее опасно выделение хлора в случаях аварии в хлорном хозяйстве. Выше рассматривались меры по контролю за хлоровыделением и меры по очистке воздуха от хлора.

При нарушении правил эксплуатации систем обработки, хранения и транспортировки технологических сбросов водопроводных станций и условий депонирования осадков на полигоны могут быть зарегистрированы случаи отказов по экологическим признакам: по загрязнению поверхностных и подземных источников, грунтов и воздушного бассейна, превышающих пределы, указанные в экологическом паспорте.

6.10.3. Экономичность

Главным фактором, влияющим на экономичность, являются затраты на реагенты для очистки воды. Пути сокращения затрат обусловлены оптимизацией состава применяемых реагентов и их дозирования с учетом меняющихся условий в течение года. Дозы реагентов снижаются при назначении оптимальных мест ввода реагентов и режима смешения с водой, а также от концентрации приготовляемых к использованию растворов реагентов. Указанные обстоятельства должны постоянно прослеживаться технологами.

На затраты реагентов влияет и работа реагентного хозяйства: правильное хранение реагентов, приготовление технологических растворов, строгий контроль за качеством поступающих на хранение продуктов.

Удешевление эксплуатации достигается за счёт сокращения численности обслуживающего персонала станции, что достигается внедрением систем автоматизированного оперативного контроля и управления отдельными технологическими процессами очистки.

6.10.4. Безопасность жизнедеятельности персонала станции

Наиболее опасными по условиям эксплуатации цехами водопроводной станции являются хлорное и реагентное хозяйства. В соответствующих разделах рассмотрены условия безопасной эксплуатации этих объектов.

Понижение безопасности обслуживания сооружений для очистки воды связано с необходимостью многократного перемещения операторов в пределах зоны обслуживания по проходам, лестницам, выполнение операций в неудобных условиях. Автоматизация и использование дистанционного управления и контроля упрощает и делает более безопасными условия труда.

Безопасность жизнедеятельности в большой степени зависят от эффективности действия систем отопления, освещения, приточно-вытяжной вентиляции.

7. ЭКСПЛУАТАЦИЯ СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

7.1. Особенности технологии очистки подземных вод от железа

Подземные воды отличаются от поверхностных составом растворенных солей и других примесей. Отличия составов подземных и поверхностных вод обуславливают отличия технологий их очистки.

Основными загрязняющими веществами поверхностных вод являются взвешенные частицы и органические вещества, придающие воде цветность. Основными процессами очистки таких вод являются седиментация, коагуляция и сорбция. Для усиления этих процессов в обрабатываемую воду добавляют реагенты: коагулянты, флокулянты, щелочи.

Природные подземные воды не содержат взвесей, прозрачны и бесцветны. Наиболее часто они загрязнены растворенным железом, находящимся в двухвалентной ионной форме Fe^{2+} . Кроме того, в подземных железосодержащих водах обычны повышенные концентрации растворенных газов: двуокиси углерода CO_2 и сероводорода H_2S и полностью отсутствует кислород. При подъеме такой воды на поверхность и контакте ее с воз-

духом, устойчивость веществ, растворенных в ней, нарушается. Двуокись углерода и сероводород из воды диффундируют в воздух, кислород воздуха наоборот растворяется в воде. Поступающий в воду кислород окисляет двухвалентное железо Fe^{2+} до трехвалентного Fe^{3+} , которое в воде гидролизуется до нерастворимой гидроокиси Fe(OH)_3 .

В результате образования гидроокиси железа вода приобретает интенсивную, характерную для железа окраску, и в ней появляются взвеси. Образующиеся взвеси имеют несколько другие свойства, нежели взвеси поверхностных вод, что приходится учитывать при эксплуатации станций обезжелезивания.

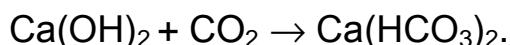
Как правило, первыми технологическими процессами при очистке подземных вод являются десорбция двуокиси углерода и сероводорода, окисление и гидролиз растворенного железа. Технологический контроль, ведущийся при эксплуатации очистных сооружений, обязательно включает

наблюдения за десорбицией газов и окислением железа. Эти первые этапы обработки воды, определяют эффективность работы последующих сооружений и очистки воды на станции в целом.

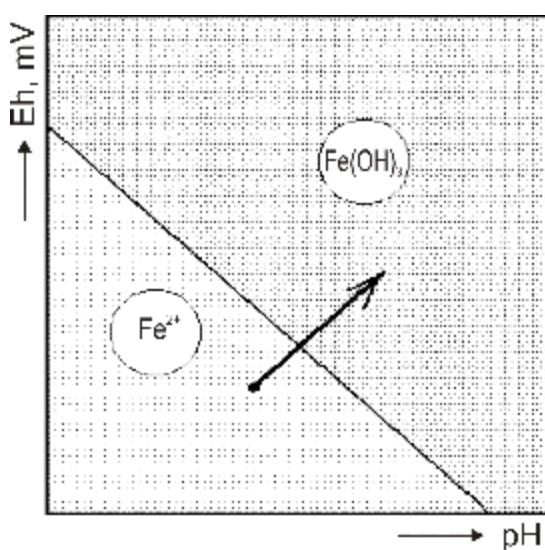
Эксплуатационные режимы должны поддерживать условия, при которых скорость окисления железа достаточна высока и обеспечивает протекание процессов в течение ограниченного времени пребывания воды в сооружениях. На рис. 7.1 показаны условия перехода из зоны устойчивого существования Fe^{2+} в зону существования окисленного и гидролизованного железа. Для этого при обработке подземных вод необходимо повысить pH воды или ее Eh, или pH и Eh одновременно.

Рис. 7.1. Условия окисления и гидролиза двухвалентного железа, растворенного в воде (фрагмент диаграммы Пурбе)

Водородный показатель pH можно повысить глубокой дегазацией воды, удаляя двуокись углерода. Более эффективным методом повышения pH является введение в обрабатываемую воду щелочи, в качестве которой чаще всего применяют известь. Введение извести, кроме того, связывает растворенную двуокись углерода по реакции



Окислительно-восстановительный потенциал (Eh) водной среды повышается при вводе окислителя. Самым доступным окислителем является кислород воздуха. Растворимость кислорода в воде ограничена и зависит



от ее температуры и парциального давления газа. При вводе воздуха в воду перед напорными фильтрами, парциальное давление кислорода возрастает и соответственно растет концентрация кислорода в воде. Поэтому, при прочих равных условиях, окисление железа в напорных фильтрах протекает более полно, чем в безнапорных [5].

Eh повышается при применении сильных окислителей: озона, хлора, перманганата калия и других реагентов. Более подробно примеры очистки воды с помощью сильных окислителей приведены в [49]. Ниже описаны наиболее применяемые технологии очистки подземных вод от растворенного в ней железа.

Наиболее надежной, но и наиболее сложной, с точки зрения технологии, является схема, в упрощенном виде приведенная на рис. 7.2. Подземная вода здесь подается на дегазатор. Воздух, подаваемый в сооружение, способствует и десорбции из воды двуокиси углерода. Остаток двуокиси углерода связывается известью.

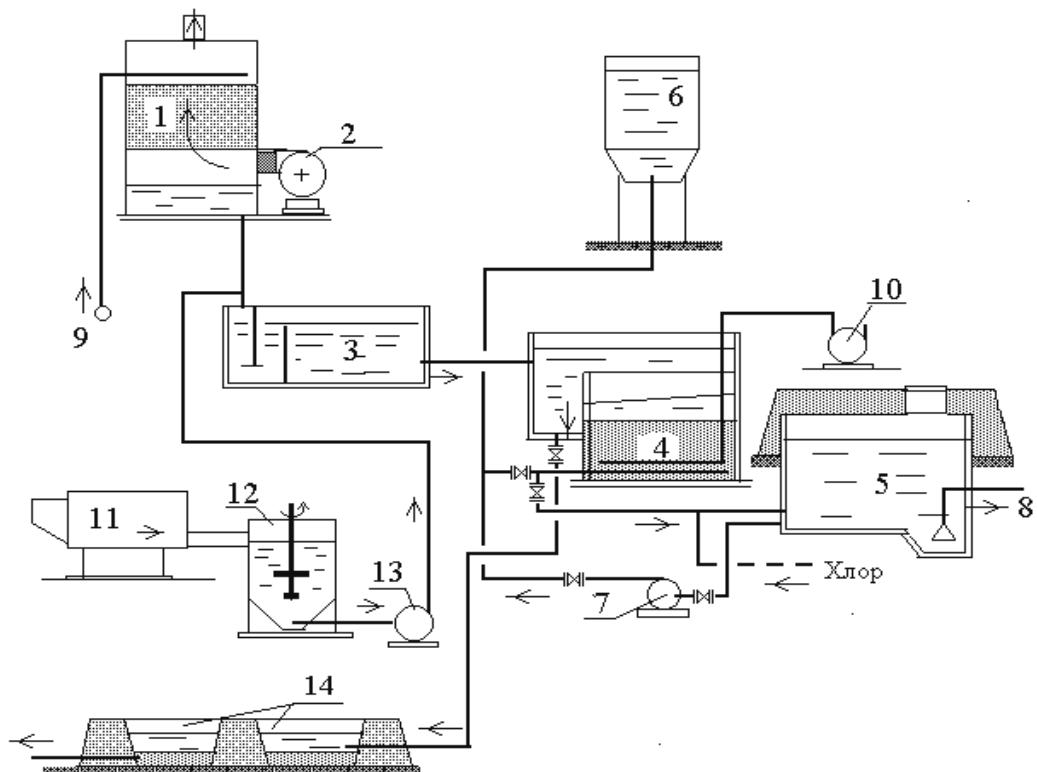


Рис. 7.2. Схема обезжелезивания подземных вод с усиленной аэрацией и известкованием: 1 – аэратор-дегазатор; 2 – вентилятор; 3 – отстойник; 4 – скорый фильтр; 5 – резервуар чистой воды; 6 – башня для промывки фильтров; 7 – насос подачи промывной воды в башню; 8 – отвод очищенной воды; 9 – исходная вода; 10 – компрессор подачи воздуха для взрыхления фильтра; 11 – известняк; 12 – мешалка известкового молока; 13 – насос-дозатор известки; 14 – шламовая площадка

В результате pH воды повышается до величины, обеспечивающей быстрое окисление железа и его гидролиз. Далее вода, содержащая взвешенное железо, проходит сооружения аналогичные применяемым в схемах осветления воды. Из дегазатора вода поступает в отстойник, иногда вместо него применяется контактный резервуар или осветлитель со взвешенным осадком. Окончательно вода очищается в скорых фильтрах. На Дальнем Востоке эта схема очистки воды реализована на станции обезжелезивания в пос. Горные Ключи Приморского края, где достигается стабильно высокое качество очищенной воды.

Зачастую при небольших концентрациях железа и благоприятном составе воды, обезжелезивание воды успешно осуществляется без применения реагентов. На рис. 7.3 приведена принципиальная схема крупнейшей в России станции обезжелезивания подземных вод в Томске производительностью 210 тыс. м³/сут.

На станции применена одноступенчатая схема очистки воды на скором зернистом фильтре. Аэрация достигается простым изливом из воронок на трубопроводах.

При небольших расходах воды обезжелезивание осуществляется обычно в напорных фильтрах заводского изготовления. Обогащение воды кислородом воздуха производится в напорных смесителях, куда воздух подается от компрессора. В зависимости от концентрации железа очистка воды производится фильтрованием на одно или в двух ступенчатых фильтрах (рис. 7.4).

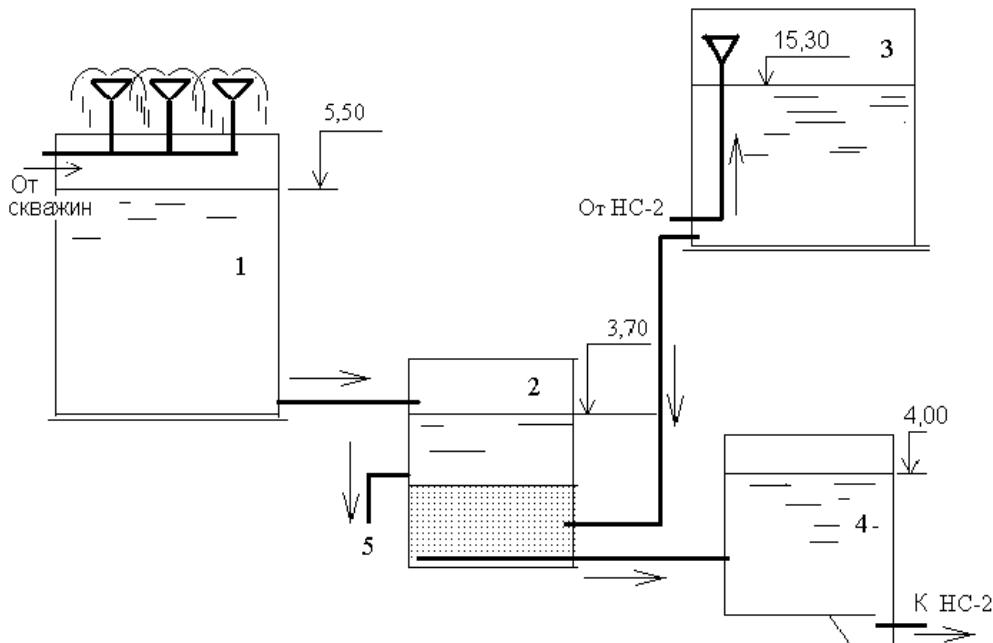


Рис. 7.3. Безреагентная схема обезжелезивания воды: 1 – аэрационный бассейн; 2 – скорый фильтр; 3 – бак промывной воды фильтров; 4 – резервуар чистой воды; 5 – отвод промывных вод на сооружения их обработки

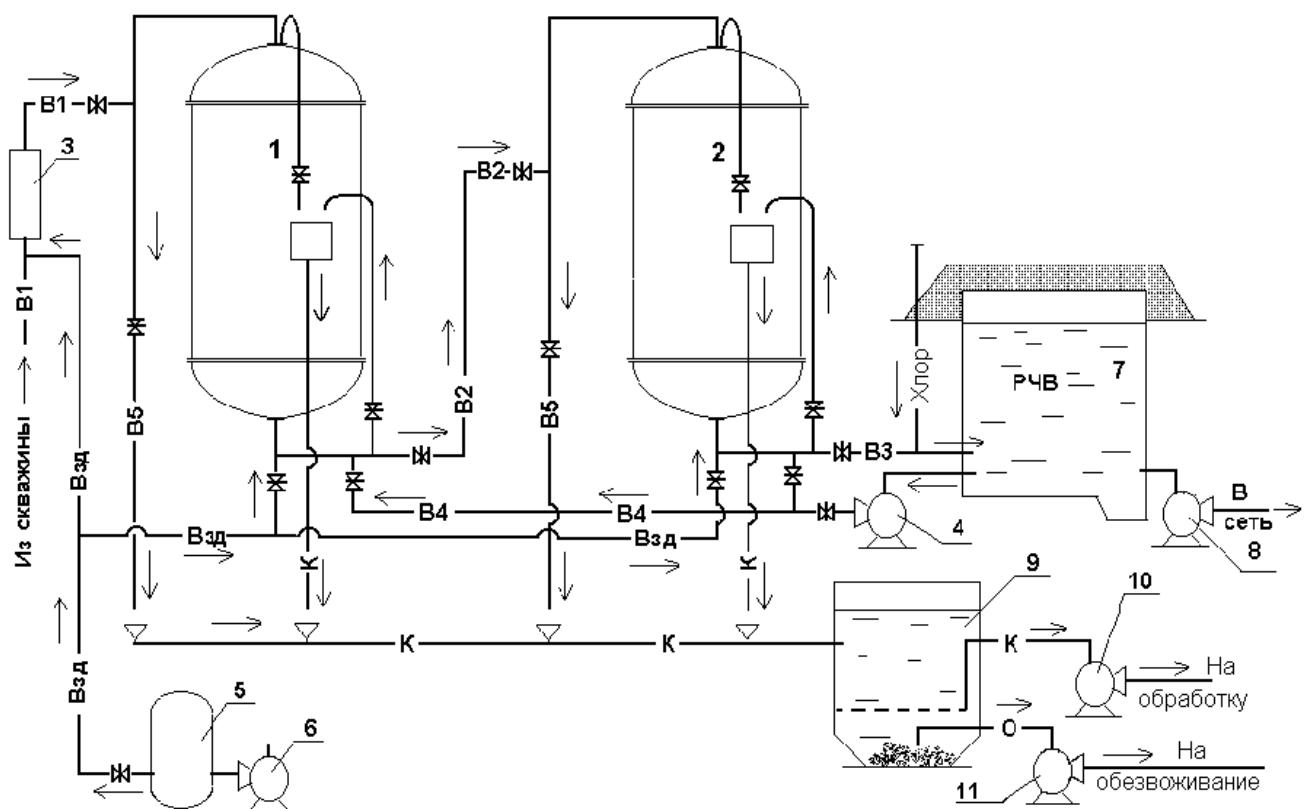


Рис. 7.4. Обезжелезивание подземных вод в напорных фильтрах: 1, 2 – фильтры первой и второй ступени; 3 – смеситель воды и воздуха; 4 – промывной насос; 5 – ресивер; 6 – компрессор; 7 – резервуар чистой воды; 8 – насос второго подъема; 9 – резервуар-отстойник промывных вод фильтров; 10 – насос отстоянных промывных вод; 11 – насос перекачки осадка; В1 – исходная вода; В2 – частично очищенная вода; В3 – очищенная вода; В4 – подача воды на промывку фильтров; В5 – сброс промывной воды; К – канализация; Взд – подача воздуха; О – осадок

В схемах очистки воды аэрацией с фильтрованием процесс окисления железа происходит в толще фильтрующей загрузки. Особенность этого процесса заключается в том, что он является автокаталитическим. Катализатором служит пленка соединений железа, образующаяся при фильтровании на поверхности зерен загрузки фильтра. Образование каталитической пленки называют «зарядкой» фильтра.

Скорость окисления железа при образовании достаточной поверхности железистой пленки (завершении «зарядки» фильтра) резко возрастает, вследствие чего достигается требуемая степень очистки воды. Эксплуатационный персонал должен учитывать, что при замене загрузки фильтра «зарядку» придется проводить вновь.

В последние годы в России внедряется технология обезжелезивания в водоносном пласте (рис. 7.5). Здесь водоносные пласти, содержащие зернистые породы, используются в качестве фильтров. Окислителем железа является кислород воздуха, доставляемый в подземный фильтр с водой

закачиваемой в подземный горизонт через наливные скважины. Для этого часть добываемой воды подается на аэрационные устройства, в которых она обогащается кислородом. Одновременно производится глубокое удаление двуокиси углерода и сероводорода. Доля воды, закачиваемой обратно, зависит от качества воды в источнике.

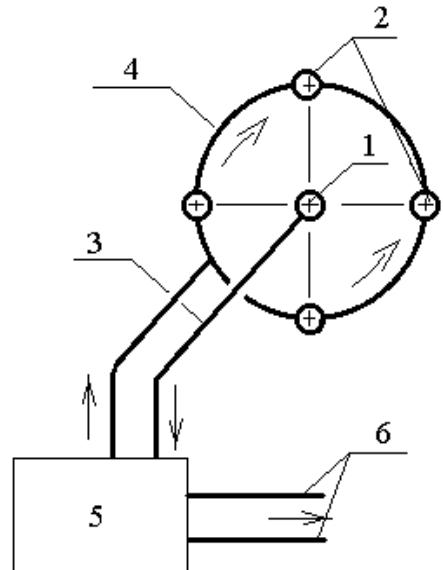


Рис. 7.5. Очистка воды в водоносном пласте: 1 – скважина откачки очищенной воды; 2 – наливные скважины; 3 – трубопроводы отвода очищенной воды; 4 – трубопровод налива воды в скважины; 5 – здание размещения насосов и аэраторов; 6 – подача очищенной воды потребителю

Во всех вышеописанных схемах железо окисляется кислородом воздуха.

В нижеследующих разделах рассматриваются особенности эксплуатации сооружений при обезжелезивании аэрацией с фильтрованием, так как отличия режимов очистки подземных вод от поверхностных в этих случаях существенны.

7.2. Особенности эксплуатации сооружений

7.2.1. Аэрационные устройства

Особенностью аэрационных устройств на станциях обезжелезивания является то, что они предназначены не только для обогащения воды воздухом (аэрации), но и для удаления растворенной двуокиси углерода CO_2 и сероводорода H_2S при его наличии.

Обогащение воды кислородом воздуха происходит достаточно эффективно, даже при простом изливе из воронки на трубопроводе с высоты 50–60 см. Предельная растворимость кислорода в воде зависит от температуры и парционального давления. Температура подземных вод, используемых для питьевого водоснабжения, обычно не превышает 10 °С. При низких температурах растворимость газов в воде высока.

При атмосферном давлении равновесная концентрация кислорода приведена в табл. 7.1.

Таблица 7.1

**Равновесная растворимость газов в воде
при атмосферном давлении**

| Температура воды, °C | Растворимость газов, мг/дм ³ | |
|----------------------|-----------------------------------------|------------------------------------|
| | Кислород, O ₂ | Двуокись углерода, CO ₂ |
| 0 | 14,2 | |
| 5 | 12,4 | 2,77 |
| 10 | 10,9 | 2,41 |

При простейшей аэрации воды достигается ее насыщение кислородом воздуха до 40–50 % от равновесной концентрации, т. е. до 5–7 мг/дм³. Поскольку для окисления 1 мг Fe²⁺ требуется всего 0,143 мг кислорода, такая эффективность аэрации обычно удовлетворительна.

В напорных фильтрах аэрация происходит под давлением, поэтому насыщение воды кислородом увеличивается пропорционально парциальному давлению газа. Если избыточное давление в напорном смесителе перед фильтром составляет 100 кПа, то, следовательно, полное давление в два раза выше атмосферного, и растворимость кислорода повышается вдвое до 10–14 мг/дм³. Большой избыток кислорода в реакции окисления железа во многом объясняет более высокий эффект очистки воды в напорных фильтрах.

Десорбция двуокиси углерода CO₂ при аэрации происходит вследствие низкого парциального давления ее в воздухе. При достаточно долгом контакте воды с воздухом, равновесные концентрации газов достигают величин приведенных в табл. 7.1. Эти концентрации являются предельными для дегазации воды аэрационными методами.

При применении простейших аэрационных устройств (с изливом через воронки или дырчатые трубы, брызгальных бассейнов) остаточное содержание двуокиси углерода составляет не менее 30–40 % от начального. Самыми совершенными аэраторами-дегазаторами являются вентиляторные градирни, позволяющие снизить концентрацию CO₂ до 3–4 мг/дм³.

Высокая степень удаления газа достигается применением высокоэффективной насадки, создающей движение воды в виде пленок или тонких струй. Но при обезжелезивании такие насадки быстро заливаются образующейся взвесью гидроокислов железа. Поэтому в градирнях на станциях обезжелезивания применяют деревянную хордовую насадку, более удобную для промывки и перегрузки (рис. 7.6). Деревянные насадки подвергаются интенсивному износу, срок их службы невелик, потому иногда применяют более дорогие пластмассовые.

При применении напорных ров, воздух под давлением вводится в трубопровод перед смесителем воды и воздуха. Забор воздуха должен производиться в чистой зоне и подаваться на сооружения через ресиверы, представляющие собой металлические напорные резервуары для воздуха. Ресиверы предназначены для сглаживания неравномерности работы компрессора, создания запаса сжатого воздуха для водовоздушной промывки и очистки воздуха. Здесь осаждаются взвеси и капли масла, выброс которых из компрессора вероятен. Кроме того, в холодный период года в ресиверах происходит конденсация паров воды. При эксплуатации необходим регулярный сброс конденсата из ресивера открытием вентиля в нижней его части. Подача воздуха в фильтры, минуя ресиверы недопустима.

Для оценки работы аэрационных устройств на станции должен осуществляться периодический химический контроль концентрации газов в воде до и после аэраторов, определение эффективности насыщения воды кислородом и десорбции двуокиси углерода. В открытых фильтрах пробы для анализов берут у поверхности воды.

При эксплуатации необходима проверка загрязненности аэраторов, равномерности разбрзгивания воды по площади, режима работы вентилятора, периодическая чистка элементов аэратора от отложений и продуктов коррозии.

В залах, где располагаются аэрационные устройства, устраивается приточно-вытяжная вентиляция.

7.2.2. Фильтры

Конструкции фильтров обезжелезивания в безреагентных схемах отличаются от осветительных фильтров только характеристикой фильтрующей загрузки. В реагентных схемах обезжелезивания их конструкции полностью аналогичны осветительным.

В фильтрах обезжелезивания применяются более крупнозернистая загрузка и большие скорости фильтрования. Например, при высоте слоя фильтрующего материала равной 1200 мм, для осветительных фильтров, нормы рекомендуют загрузку с размером зерен 0,7–1,2 мм и скорость



Рис. 7.6. Фрагмент деревянной хордовой насадки градирни-дегазатора

фильтрования 6–8 м/ч, а для фильтров обезжелезивания – с размерами зерен 1–2 мм и скоростью фильтрования 7–10 м/ч. В фильтрах обезжелезивания при большой высоте слоя иногда применяют для загрузки щебень фракцией 2–5 мм, что было бы совершенно недопустимо для фильтров осветления питьевой воды.

Окисление и сорбция железа происходит непосредственно на поверхности зерен загрузки. Как уже было сказано выше, для успешного окисления железа во вновь загруженных фильтрах необходима предварительная «зарядка» загрузки. «Зарядка» осуществляется обычным фильтрованием, но недостаточно очищенную фильтрованную воду приходится сбрасывать в канализацию. В процессе «зарядки» следует проводить более частые анализы воды. Она завершается после того, как качество фильтрата начнет соответствовать предъявляемым к нему требованиям. Продолжительность зарядки может составлять нескольких суток. К этому моменту на поверхности зерен верхнего слоя загрузки видна железистая пленка, являющаяся катализатором процесса. При перерывах в работе фильтра (на сутки и более), происходит деструкция пленки, ее каталитические свойства ослабевают и пропадают. При включении такого фильтра «зарядку» придется проводить вновь.

При очистке воды, в межзерновом пространстве фильтра и на поверхности зерен накапливаются задерживаемые соединения железа. При промывке они частично удаляются, но часть не смывается и постепенно увеличивает толщину пленки на зернах. Со временем пленка растрескивается, частично осыпается и загрязняет фильтрованную воду. На рис. 7.7. показаны фотографии зерен загрузки до работы в фильтрах и после двух лет использования. На фотографии заметно, что железистые образования скрывают первоначальные геометрические формы зерен.



Рис. 7.7. Зерна фильтрующего материала: 1 – кварцевый песок; 2 – гранодиорит; 3 – из фильтра обезжелезивания воды

Структура зерен влияет на процесс обезжелезивания только в начальный период работы фильтров. Главным фактором, влияющим на эксплуатацию фильтров, является удельная масса зерен.

Чем она больше, тем интенсивнее может быть промывка без возникновения вымыва загрузки. Для обезжелезивания воды предпочтительны тяжелые и прочные дробленные горные породы: гранодиорит, гранит, габбродиорит, горелые породы и кварцевые пески. Для фильтров обезжелезивания неприемлемы легкие и малопрочные загрузки, такие как керамзит, цеолитизированный туф и т. п. (см. подразд. 6.8).

При плохой промывке фильтров в загрузке образуются достаточно прочные конгломераты окислов железа, в толще которых находятся мелкие песчинки – центры роста. Численность новых зерен (конгломератов) растет, размеры их увеличиваются и могут достигать десятков миллиметров. Зерна окислов железа довольно тяжелы, при промывке не удаляются, загрузка фильтра увеличивается в объеме, происходит ее «вспухание». С поверхности этих зерен оттираются взвеси железа, загрязняя фильтрат. Кроме того, вследствие «вспухания» загрузки, верхний ее слой, состоящий из настоящего фильтрующего материала, при промывках удаляется. В фильтре происходит частичная замена зерен горных пород на зерна окислов железа, т. е. перерождение загрузки.

По этим причинам и вследствие того, что в фильтрах обезжелезивания задерживаются более тяжелые взвеси, нежели в осветлительных, промывка фильтров должна осуществляться более тщательно. Фильтры обезжелезивания в настоящее время обязательно оборудуются системами водовоздушной промывки, позволяющими при приемлемых расходах промывной воды обеспечить хорошее удаление загрязняющих веществ.

Водовоздушная промывка также препятствует смешению гравийных поддерживающих слоев при применении трубчатых дырчатых дренажей.

Слой окислов железа на поверхности зерен фильтров растет даже при хорошей промывке фильтров и надежность очистки воды падает. Химическая очистка фильтрующих материалов, применяемых для этих сооружений экономически неприемлема. Загрузку приходится менять.

На ряде станций обезжелезивания Дальнего Востока, в исходной воде которых содержание железа достигает 10 мг/дм^3 и более, загрузку фильтров меняют каждые 3–5 лет, а иногда и чаще.

Для замены загрузки используют гидротранспорт. Перекачка фильтрующего материала производится с помощью гидроэлеватора (см. рис. 6.28). Необходимость периодической смены загрузки вынуждает применять дренажи без поддерживающих слоев, так как перегрузка поддерживающих слоев с помощью гидротранспорта сложна, а вручную очень трудоемка.

На Дальнем Востоке получили широкое распространение дренажи из пластмассовых труб с рядами отверстий диаметром 2 мм. Учитывая высокую коррозийную активность подземных вод, применение пластмасс здесь вполне уместно.

Задвижки фильтров оборудуются электроприводами, управление ими производится с помощью пультов, установленных в зале.

Оператор следит за уровнем воды в фильтрах и по графику осуществляет их промывку. После каждой промывки оператор смывает со стен фильтров оставшиеся на них загрязнения. На рис. 7.8 показан фильтро-

вальный зал. На фотографии видны пульты управления, на корпусах фильтров – трубы для подачи воздуха на взрыхление загрузки.



Рис. 7.8. Зал станции обезжелезивания воды в г. Томске

Эксплуатация напорных фильтров обезжелезивания имеет свои особенности. Воздух для окисления вводится в напорный смеситель перед фильтрами (рис. 7.4). Избыток воздуха и удаляемую двуокись углерода необходимо постоянно сбрасывать через воздушник – трубопровод, при соединенный к корпусу фильтра в самой верхней его части. Воздух должен выходить свободно с небольшим выплескиванием воды. Если сброс газов по какой-либо причине прекратится, они будут продавливаться через загрузку и выносить загрязнения.

Оператор должен следить за перепадом давления напорных фильтров, который обычно не должен превышать 100 кПа, и за их производительностью. При превышении установленных потерь давления или ухудшении качества фильтрата фильтр промывают. Промывная вода сбрасывается в лоток с разрывом струи. Это позволяет следить за качеством промывной воды, и своевременно прекращать промывку. Кроме того, следят за тем, чтобы не происходило выноса загрузки; в противном случае расход промывной воды следует уменьшить.

В напорных фильтрах загрузка недоступна для осмотра. Поэтому не реже одного раза в год верхний люк фильтров следует вскрывать для ее контроля. Проверяется горизонтальность поверхности загрузки, ее высота, наличие на поверхности слоя загрязнений. Пробы загрузки, взятые с раз-

ных глубин, подвергают контролю на остаточные загрязнения и выполняют гранулометрический анализ. При отклонении параметров загрузки от регламентных, выявляют причины и разрабатывают мероприятия по устранению этих причин и восстановлению нормального состояния фильтра.

7.3. Эксплуатация установок обезжелезивания воды в водоносном пласте

Комплекс сооружений для очистки воды непосредственно в водоносном пласте состоит из водозаборных скважин и поглощающих скважин для возврата воды, обогащенной кислородом, сооружений аэрации воды и насосного оборудования.

Качество воды после очистки ее в толще водоносного пласта зависит от эффективности обогащения подземной воды кислородом. Кислород должен быть подан в достаточном количестве в фильтрационный поток, движущийся в зернистой среде пласта к эксплуатационной скважине. В традиционной схеме очистки воды, для этой цели вокруг эксплуатационной водозаборной скважины в радиусе 5–10 м сооружаются 4–8 наливных поглощающих скважин (рис. 7.5).

Обогащение кислородом воды, подаваемой в пласт, производится аэраторами. Поскольку аэрации подвергается очищенная вода и опасность засорения аэратора отсутствует, в градирнях-дегазаторах применяются эффективные насадки – обычно керамические или полимерные кольца высотой слоя до 2–3 м. Здесь же производится глубокое удаление двуокиси углерода во избежание газовой колбматации водоносного слоя.

Как уже было сказано выше, растворимость кислорода в воде ограничена, поэтому его количество, доставляемое в водоносный пласт, регулируется объемом закачиваемой аэриированной воды. Расход аэриированной воды зависит от состава подземной воды и составляет от 20 до 40 % от дебита эксплуатационной скважины. Регулирование расхода аэриированной воды – это основной способ управления процессом обезжелезивания.

При работе установки должен контролироваться расход забираемых подземных вод и воды заливаемой в каждую скважину. Это необходимо для контроля состояния наливных скважин и равномерного распределения кислорода во всем объеме очищаемой воды.

Между эксплуатационной и наливными скважинами, размещают контрольные скважины с установкой в них, датчиков показателей качества воды. Все сигналы от датчиков и другого оборудования выводятся на пульт дежурного оператора, получаемая информация дает возможность управления технологическим процессом.

Химический контроль качества воды на установке обезжелезивания воды в водоносном пласте производится по тем же показателям и с той же периодичностью, что и рассмотренных выше станций обезжелезивания.

Эксплуатация наливных скважин связана с опасностью кольматажа фильтров и прифильтровой зоны. Рост гидравлических сопротивлений приводит к напорному режиму закачки, при котором часть закачиваемого расхода разгружается в расположенных выше неиспользуемых горизонтах и на земную поверхность и кроме того, возможен размыг устья скважины.

ППР должен предусматривать реагентную декольматацию фильтров и прифильтровой зоны [19].

7.4. Обработка промывных вод и осадков станций обезжелезивания воды

Расход воды на промывку фильтров обезжелезивания воды составляет до 10 % от полезной производительности. Промывные воды содержат взвешенные формы железа в концентрациях от 50 до 250 мг/л.

ПДК железа в воде водоемов рыбохозяйственного значения составляет 0,1 мг/л по признаку токсичности. К таким водоемам относятся практически все реки Дальнего Востока. Поэтому сброс промывных вод в водоемы без

очистки не допустим. Сброс промывных вод в городскую канализацию не всегда целесообразен, так как это приводит к гидравлической перегрузке сетей и сооружений.

Нормами [5] предусмотрена утилизация промывных вод путем отстаивания с равномерным возвратом осветленной воды в трубопровод перед фильтрами. Отстаивание предусматривается в резервуарах-отстойниках периодического действия (рис. 7.9)

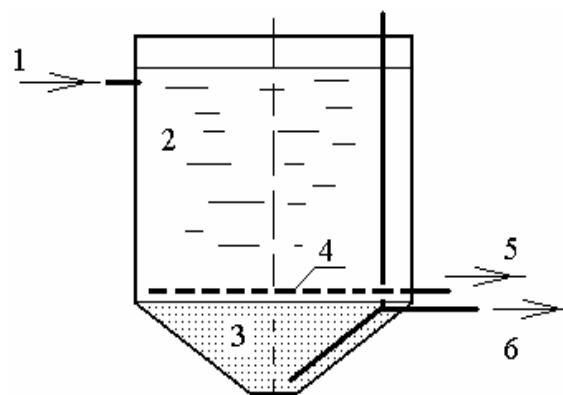


Рис. 7.9. Резервуар-отстойник промывных вод фильтров обезжелезивания: 1 – вход промывных вод; 2 – зона отстаивания; 3 – зона накопления и уплотнения осадка; 4 – перфорированный трубопровод отвода осветленной воды; 5 – откачка осветленной воды; 6 – откачка осадка

При безреагентном обезжелезивании воды, данная технология обработки промывных вод является малоэффективной и не обеспечивает необходимой степени осветления. Взвесь железа, возвращающаяся на фильтры, в них плохо задерживается и загрязняет очищенную воду. Для улучшения очистки промывных вод иногда рекомендуют ввод перед резервуарами-отстойниками коагу-

лянта или применение дополнительной ступени сооружений для осветления [29, 50]

Реагентная обработка промывной воды позволяет достичнуть высокой степени осветления в отстойнике (мутность осветленной воды составит не более 2–3 мг/л), что обеспечивает возможность ее повторного использования для промывки фильтров или для возврата в голову станции.

Резервуары-отстойники располагаются обычно вне помещений станции, обваливаются грунтом и блокируются с насосной станцией перекачки осветленной воды и осадка.

При обработке промывных вод, в зависимости от их состава и количества, должны быть опытным путем определены продолжительность отстаивания воды, продолжительность уплотнения осадка и оптимальные дозы реагентов.

Промывку фильтров следует увязывать с режимом работы отстойников. Фильтры промываются поочередно через равные промежутки времени, что обеспечивает наиболее продолжительное отстаивание.

Период отстаивания заканчивается при достижении удовлетворительного осветления воды или по графику, составленному технологом. Объем осадочной части отстойника должен быть достаточен для накопления и уплотнения осадка в течение нескольких суток. При эксплуатации не следует допускать повышение верхнего уровня осадка до входа в трубопровод для откачки осветленной воды. Во избежание затрудняющего откачуку чрезмерного уплотнения осадка, его пребывание в отстойниках обычно не превышает 10 суток.

Необходимо обеспечить равномерное перекачивание воды из резервуаров-отстойников.

Не реже раза в год отстойники опорожняют для плановой чистки.

Отбор воды для контроля ее качества, после отстаивания, производится пробоотборниками, устанавливаемыми на трубопроводе осветленной воды. Пробы осадка отбираются батометрами через специальные трубы, проходящие через перекрытия отстойников.

Осадок подается на обезвоживание с промежуточной обработкой в сгустителях, на площадки обезвоживания. Зачастую сгустители осадка не предусматриваются.

Современный метод обезвоживания осадков станций обезжелезивания – применение фильтр-прессов. Эффективное обезвоживание на них происходит без применения реагентов. Камерный фильтр-пресс для обезвоживания осадка в г. Комсомольске-на-Амуре снижает влажность до 60 %, фильтрат имеет концентрацию железа менее 0,3 мг/л и направляется в резервуар чистой воды. Эксплуатация фильтр-пресса сводится к периоди-

ческому удалению осадка и замене, раз в несколько месяцев, фильтровальной ткани.

Необходимость этих операций определяется по росту перепада давления на фильтр-прессе, измеряемого манометром на входном трубопроводе.

На водопроводах малых железнодорожных станций Дальневосточного региона для обезвоживания и складирования осадка применяют накопители, в качестве которых часто используются овраги, отработавшие карьеры и т. п.

Накопители и площадки замораживания, применяемые для обезвоживания осадков, должны быть защищены от размыва дождевыми и талыми водами.

8. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ

8.1. Общие положения

Очистные сооружения канализации (ГОСК), эксплуатация которых рассматривается в настоящей работе, предназначены для очистки городских сточных вод, в основном состоящих из хозяйствственно-бытовых стоков. Производственные сточные воды, поступающие в городскую канализационную сеть, не должны содержать промышленные загрязнения в концентрациях, превышающих нормируемые значения, рассчитываемые согласно [4]. Кроме того, концентрации отдельных видов загрязнений ограничены предельно-допустимыми концентрациями (ПДК) по условиям нормальной работы очистных сооружений (табл. 8.1).

Таблица 8.1
ПДК некоторых видов загрязнений по условиям работы городских очистных сооружений (по данным НИИ КВОВ, 1996 г.)

| Загрязнения | ПДК, мг/л | Загрязнения | ПДК, мг/л |
|---------------------|-----------|--------------------------|-----------|
| Жиры | 50 | Кадмий | 0,1 |
| Взвешенные вещества | 400 | Кобальт | 1,0 |
| БПК ₅ | 500 | Фосфор (соединения по Р) | 8,0 |
| БПК _{полн} | 900 | Никель | 0,5 |
| Сухой остаток | 1000 | Свинец | 0,1 |
| Азот аммонийный | 45 | Алюминий | 5,0 |
| Нефтепродукты | 15 | Марганец | 30,0 |
| Кальций | 150 | Медь | 0,5 |

Окончание табл. 8.1

| Загрязнения | ПДК, мг/л | Загрязнения | ПДК, мг/л |
|---------------------|--------------|---------------------------|--------------|
| Магний | 90 | Ртуть | 0,005 |
| Сульфиды | 1,0 | Мышьяк | 0,1 |
| Железо общее | 5,0 | Фенолы | 15 |
| Цинк | 1,0 | Формальдегид | 80 |
| Фториды | 1,5 | Титан | 0,1 |
| СПАВ анионоактивный | 20,0 | Гидрохинон | 15 |
| Хром трехвалентный | 2,5 | Четыреххлористый углерод | 4,0 |
| Хром шестивалентный | 0,1 | ХПК / БПК _{полн} | Менее 2,5 |

Температура сточных вод ограничивается 40 °С, pH = 6,5 – 9,0, кратность разбавления, при котором исчезает окраска в столбике 10 см – не более 1 : 11.

Технологические схемы городских очистных сооружений рассчитаны на очистку стока, содержащего взвешенные вещества, растворенную органику, присутствие которой оценивается показателем БПК, микроорганизмы и простейших.

Сооружения станции очистки расположены в технологической последовательности и результаты работы каждой из ступеней сказываются на работе последующих. Поэтому режимы работы всех сооружений должны быть взаимно увязаны и отрегулированы.

Вероятный эффект очистки от производственных загрязнений представлен в табл. 8.2 [24].

Таблица 8.2
**Вероятный эффект очистки
от производственных загрязнений на городских
очистных сооружениях**

| Вещество | Лимитирующий признак вредности | Эффект очистки, % |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------|
| Азот аммонийный | Санитарно-токсикологический | 30 |
| Нефтепродукты растворы и эмульсии | Органолептический, Рыбохозяйственный | 70 |
| Железо общее | Органолептический | 60 |
| Цинк | Общесанитарный, Токсикологический | 60 |
| Хром трехвалентный | Органолептический | 65 |
| Кадмий | Санитарно-токсикологический, Токсикологический | 50 |

Окончание табл. 8.2

| Вещество | Лимитирующий признак вредности | Эффект очистки, % |
|--------------------------|------------------------------------------------|-------------------|
| Кобальт | Санитарно-токсикологический, Токсикологический | 40 |
| Никель | Санитарно-токсикологический, Токсикологический | 40 |
| Свинец | Санитарно-токсикологический, Токсикологический | 40 |
| Медь | Органолептический, Токсикологический | 65 |
| Титан | Общесанитарный | 65 |
| Хлориды | Органолептический | 0 |
| Сульфаты | Органолептический | 0 |
| Формальдегид | Токсикологический | 65 |
| СПАВ | Органолептический | 65 |
| Фториды | Санитарно-токсикологический, Токсикологический | 15 |
| Мышьяк | Санитарно-токсикологический, Токсикологический | 40 |
| Фенолы | Органолептический, Рыбохозяйственный | 80 |
| Гидрохинон | Органолептический | 30 |
| Четыреххлористый углерод | Санитарно-токсикологический | 0 |
| Фосфор | Органолептический | 0 |
| Ртуть | Санитарно-токсикологический | 50 |

При полной биологической очистке содержание взвешенных веществ и БПК_{полн} снижается в среднем до 15 мг/л и производится обеззараживание воды. При доочистке содержание БПК и взвесей может быть уменьшено до 3 мг/л. Кроме того, в отдельных случаях предусматривается очистка стока от биогенных веществ (азота и фосфора).

С промышленными сточными водами в сток поступают производственные примеси, находящиеся в грубодисперсном, коллоидном состоянии и в виде истинных растворов. На ГОСК часть этих загрязнений задерживается, но степень очистки не гарантируется. Вероятный эффект очистки производственных загрязнений приведен в табл. 8.2.

Режим поступления сточных вод на ГОСК крайне неравномерен и во многом обусловлен графиком работы Главной канализационной насосной станции. На рис. 8.1 приведены графики притока сточных вод на Курьяновскую станцию аэрации г. Москвы. Производительность станции превышает 3 млн. м³ сточных вод в сутки. Кривые 1, 2 и 3 относятся к графикам

среднечасового притока в сутки максимального, осредненного за период наблюдений, и в сутки минимального водоотведения, цифрами 4, 5, 6 обозначены расчетные значения максимального, среднесуточного и минимального среднечасовых расходов.

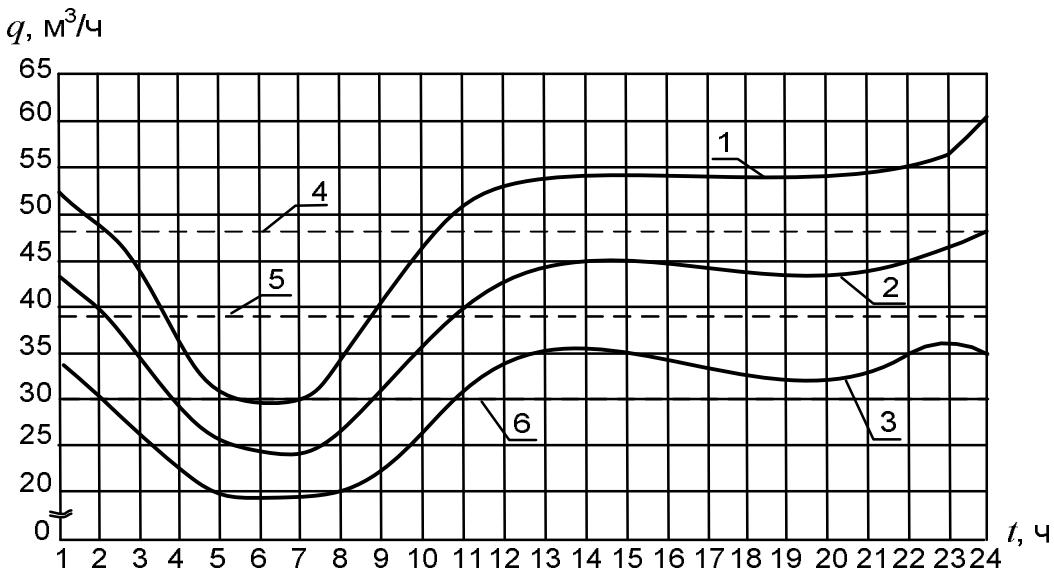


Рис. 8.1. Режим притока (поступления) сточных вод на Курьяновскую станцию аэрации

Из рис. 8.1 следует, что расчетные значения коэффициентов часовой неравномерности водоотведения составляет как максимум 1,23, как минимум – 0,77, но фактические предельные значения этих коэффициентов достигали значений 1,6 и 0,5 [54].

В течение суток существенно меняется и загрязненность сточных вод. Эти обстоятельства крайне отрицательно сказываются на условиях работы очистных сооружений, особенно те, которые расположены на первых ступенях очистки.

Важнейшей функцией ГОСК, как отмечается в [36], является доведение качества очищенных сточных вод до проектных значений, а осадков после их обработки, до готовности к последующему использованию или захоронению (рекреации).

Перед пуском новых ГОСК в постоянную работу проводится пробная и времененная эксплуатации.

При пробной эксплуатации (без сброса очищенной воды в водный объект) проверяется работоспособность всех элементов станции при проектной гидравлической нагрузке. Поскольку проверить работу сооружений для биологической очистки без предварительного накопления биологической массы нельзя, для ускорения используют биомассу аналогичных, действующих очистных сооружений. Пуск биофильтров и аэротенков производят

дится преимущественно в теплое время года и при температуре воды не ниже +10...+12 °С.

При временной эксплуатации очищенная сточная вода выпускается в водоток, отрабатывается нормальный и форсированный режимы очистки, уточняются условия контроля, составляются паспорта очистных сооружений и технологические карты.

В технологическом паспорте приводятся основные технические данные, на которые рассчитаны сооружения: расчетные часовые и суточные расходы воды, качество исходной воды, изменение качества по мере очистки, количество и качество образующихся при очистке осадков. При этом указывается на возможность повышения производительности отдельных сооружений при отключении части объектов в связи с профилактическим обслуживанием или ремонтом.

Проектные исходные данные, как правило, значительно отличаются от фактических.

В период пробной эксплуатации очистных сооружений уточняются расходы сточных вод и график их поступления на очистку, кинетика осаждения взвешенных веществ, режим поступления и количество мусора, задерживаемого решетками, гранулометрический состав песка и другие показатели, которые при проектировании принимаются условно, по рекомендациям СНиП. Проверочные расчеты с использованием фактических показателей позволяют более достоверно определить производительность и условия эксплуатации очистных сооружений.

Как отмечалось, фактические данные технологического контроля позволяют своевременно уточнить технические паспорта и оптимизировать режим эксплуатации.

Обеспечение своевременной корректировки паспортов, уточнение действительной производительности отдельных сооружений, обоснование условий эксплуатации при форсированных режимах входит в обязанность технолога.

8.2. Содержание производственного и технологического контроля

Производственный контроль направлен на достижение необходимой степени очистки сточных вод и обработки осадков, а технологический – на всестороннюю оценку эффективности очистных сооружений.

При производственном контроле анализируется изменение качества сточной воды и осадков на разных этапах обработки, измеряются их расходы и объемы, затрат энергетических ресурсов и реагентов.

Систематический анализ результатов производственного контроля позволяет оценить качество эксплуатации и своевременно выявить нарушения в технологии.

На рис. 8.2 обозначены основные точки отбора проб воды и осадков для производственного контроля. Анализ проб из точек 6, 15 и 16 должен подтвердить достижение нормируемого качества очистки воды. Концентрация примесей в пробе из точки 6 не должна превышать значений, ограниченных утвержденными ПДС (предельно-допустимыми сбросами) для данного створа водного объекта:

$$G_{ПДС} \leq C_{cm} \cdot q,$$

где $G_{ПДС}$ – ПДС для данного загрязнения, г/час; q – максимальный часовой расход воды, поступивший на очистные сооружения, м³/час; C_{cm} – концентрация примеси, г/м³.

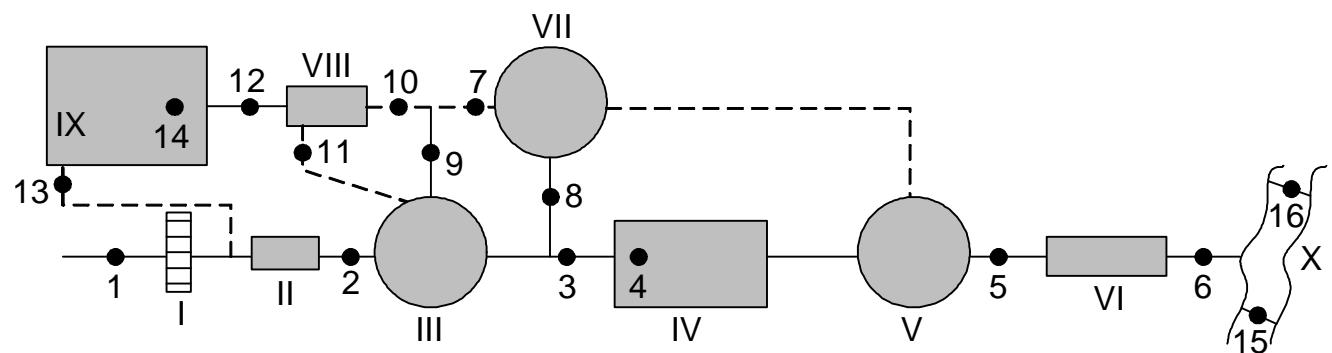


Рис. 8.2. Размещение основных точек отбора проб для анализа: I – решетки; II – песколовки; III – первичные отстойники; IV – аэротенки; V – вторичные отстойники; VI – контактные резервуары; VII – илоуплотнители; VIII – аэробные стабилизаторы; IX – иловые площадки; X – водный объект (приемник сточных вод)

Анализ проб, отобранных из двух расчетных створов одного объекта, указывает на последствия сброса сточных вод. Точка 15 расположена выше выпуска и при анализе этой пробы фиксируются фоновые загрязнения по тому или иному виду примесей. Контрольная точка 16 находится в створе расчетного смешения сточной воды с водой объекта. Концентрация соответствующей примеси в точке 16 не должна превышать его ПДК, а для примесей с одинаковым лимитирующим признаком опасности, принятой и обоснованной расчетом концентрации $C_{don} \leq C_{ПДК}$.

Анализ проб из точки 1 позволяет оценить нагрузку на очистные сооружения по загрязнениям, а фактические значения концентраций последних не должны превышать значений, приводимых в табл. 8.1.

Условия аналитического контроля в точках 1, 15 и 16 (места расположения точек, частота отбора проб, перечень контролируемых ингредиентов, методика проведения анализов) согласовываются с органами санитарного надзора и другими заинтересованными организациями.

Программа аналитического исследования осадка, отбираемого в точке 14 согласуется с организациями, принимающими осадок на утилизацию или на рекреацию.

Программа аналитических исследований проб из остальных точек, указанных на рис. 8.2 в специальных согласованиях не нуждается.

Результаты анализа в большей степени зависят от правильности отбора проб: от места отбора, периодичности, объема проб, состояния посуды для их хранения.

Пробы отбираются в местах хорошего перемешивания потока, обычно с глубины 0,3–0,5 м. В местах отбора устанавливаются автоматические или механические пробоотборники, к которым предусматриваются удобные подходы. На крупных станциях вода для анализа непрерывно подается к размещенным в лаборатории пробоотборникам специально устанавливаемыми малыми насосами.

Производить разовые отборы проб не рекомендуется: значения показателей качества могут оказаться случайными, а результаты анализа не характерными. Представительным считается серийный отбор проб (каждый час или чаще), из которых составляются среднесменные или среднесуточные пробы (с учетом меняющихся часовых расходов воды). Продолжительность усреднения назначают в зависимости от двух обстоятельств: изменения концентраций отдельных примесей при хранении пробы и резких колебаний качества воды по времени.

В точках 1 и 6 целесообразно установить программируемые пробоотборники, отбирающие в автоматическом режиме пробы сточной воды.

Необходимый объем проб зависит от количества определяемых ингредиентов и составляет от 100 мл до 5 л.

Анализ проб отобранных в точках 1 и 6 проводится для примесей, характерных для бытовых сточных вод, а так же основных техногенных загрязнений, присутствующих в данном городском стоке.

Содержание анализа проб воды из точки 15 определяется исходя из данных по фоновому загрязнению водного объекта, анализ проб из точки 16 проводится для тех же примесей, что и для точки 6 и дополнительно для тех загрязнений 1-го и 2-го классов опасности, которые присутствуют в воде объекта и должны рассматриваться совместно с примесями, поступающими с очищенными сточными водами.

О содержании анализов проб, взятых в других точках, будет сказано ниже.

Измерение расходов. Расходы сточных вод, поступающие на станцию, должны измеряться при помощи стандартных расходомеров, установленных на напорных линиях главной насосной станции (трубы или вставки Вентури, индукционные расходомеры и другие), либо измерительными лотками, чаще всего, лотками Паршала.

При очистке происходят неизбежные потери воды, связанные с ее испарением и удалением из системы вместе с осадками. Эти потери не превышают 2–5 % от расхода сточных вод, но в действительности могут значительно возрасти вследствие утечек или сброса части неочищенной воды по обводной линии и аварийному выпуску. Такие факты недопустимы, они являются причиной ухудшения санитарно-гигиенических и экологических условий и должны рассматриваться как отказы.

Поэтому желательно установить на линии очищенной воды второй водоизмерительный лоток.

Для измерения расходов воды, поступающих на отдельные сооружения, используются простейшие водоизмерительные устройства, чаще всего работающие по схемам истечения из под щита или через водослив.

Эти устройства позволяют оперативно установить перегрузку или недогрузку отдельных объектов, входящих в группу одноименных или параллельно работающих сооружений, и проводить соответствующее перераспределение расходов воды.

Для локального измерения расходов иногда используют и другие водоизмерительные водосливы: практического профиля, с тонкой стенкой, а для группы сооружений применим пропорциональный водослив [15].

Расходы ила, транспортируемые по напорным илопроводам, измеряются либо объемным способом, либо индукционными расходомерами. Потребление сжатого воздуха – диафрагмами, электроэнергии – стандартными счетчиками, хлора – ротаметрами и весовым способом, песка и сухого осадка – объемным способом по толщине слоя на площадках для складирования.

Технологический контроль проводится регулярно и его результаты передаются в центральный диспетчерский пункт. Содержание технологического контроля подробно изложены в ПТЭ [36]. Всесторонняя оценка режимов работы отдельных сооружений системы очистки дается на основе измерения основных показателей, характеризующих эффективность тех или других технологических операций (см. п.п. 3.3.34 и 3.3.35 ПТЭ).

Правила проведения измерений и анализов при технологическом контроле изложены в работе [24].

Результаты технологического контроля сопоставляются с паспортными и служат в одних случаях основанием для пересмотра последних, а в других – для проведения ремонтных работ, реконструкции или для внесения измерений в технологию.

Данные технологического контроля фиксируются в рабочих журналах и используются при составлении сводной ведомости (отчета) о работе очистных сооружений.

8.3. Эксплуатация блока сооружений механической очистки

В состав блока входят решетки, песколовки и первичные отстойники. Первые два сооружения предназначены для задержания наиболее крупных или имеющих большую гидравлическую крупность загрязнений, способных вызвать засорение труб и каналов.

На этапе механической очистки удаляется песок и до 40–60 % взвешенных веществ, т. е. тех примесей, которые оседают за два часа отстаивания в покое. Одновременно в результате коагуляции неустойчивых коллоидов и сорбции молекулярных веществ уменьшается БПК (на 5–15 %). В случае преаэрации БПК и содержания взвесей снижается дополнительно на 20–25 %.

Так, достижение максимально возможного эффекта на первом этапе очистки целесообразно, так как разгружается блок биологической очистки, эксплуатация которого значительно дороже, и существенно уменьшается объемы образующихся осадков, т. е. удешевляется иловое хозяйство. Вместе с тем биологическая очистка, особенно в аэротенках, при низких значениях БПК затруднена.

На работу сооружений механической очистки оказывается отрицательное влияние неравномерности притока сточных вод. Колебания расходов ухудшают эффект очистки, приводят к «залповому» выносу загрязнений. Это хорошо проявляется при работающей в прерывистом режиме автоматизированной насосной станции, когда подача насосов резко возрастает или падает до нуля. Размещение перед очистными сооружениями усреднителей улучшает условия механической очистки [54].

8.3.1. Эксплуатация решеток

Решетки предназначены для защиты очистных сооружений от грубых примесей, содержащихся в сточных водах.

Грубые примеси состоят из некоторых пищевых отходов (очистки овощей и др.), упаковочных материалов, текстиля, бытового мусора и т. д. Перемещаясь по канализационной сети они образуют грязевые комки, включающие осадки, жиры и значительное количество песка, в том числе и мелкого. Синтетические материалы, входящие в состав грубых примесей, не разрушаются при стабилизации осадков.

Сеть канализации не предназначена для отведения грубых примесей (для этого существует система мусороудаления) и поэтому их содержание в сточной воде не нормируется. Тем не менее, они присутствуют в городском стоке и их источниками являются как население, так и предприятия общественного питания, медицинские учреждения, промышленные объекты и другие.

Ориентировочно принимают, что в тысяче кубических метров сточной воды содержится до 50–85 кг грубых примесей, поступающих на очистные сооружения в непрогнозируемом режиме.

По результатам наблюдений на станциях аэрации г. Москвы установлено фактическое значение удельной массы крупноразмерных примесей – 20 г/сут на 1 человека.

На очистных сооружениях, построенных по проектам согласно СНиПам 1974 и 1985 г.г., а также более ранним нормативам, применены решетки с зазорами 16 мм по схеме на рис. 8.3. Решетки оборудованы механическими граблями. При засорении решетки включается грабельный механизм, осадок сбрасывается на транспортерную ленту и подается в дробилку. Измельченный осадок направляется в канал перед решетками.

Во избежание продавливания грубых примесей через решетку перепад уровней до и после нее ($\Delta Z = Z_1 - Z_2$ по рис. 8.3) ограничивается 10–15 см, а скорость подвода воды – 0,7–1,0 м/с. Для поддержания требуемого эффекта работы скорость подхода может снижаться.

Нельзя избежать осаждения песка перед решетками, если скорость в каналах оказывается ниже 0,3–0,4 м/с.

Структура потока сточных вод в каналах такова, что грубодисперсные примеси неравномерно распределены в пределах живого сечения. Это приводит к неравномерной нагрузке на параллельно расположенные решетки, одни из которых засоряются значительно быстрее, чем другие.

Для устранения указанного явления воду в канале иногда перемешивают, устанавливая для этого направляющие щиты или производя барботаж сжатым воздухом. Последняя мера желательна еще и потому, что происходит дегазация сточных вод, разрушение так называемого «связанного песка», слипшегося в комья, и частичная отмыка песка от органических загрязнений.

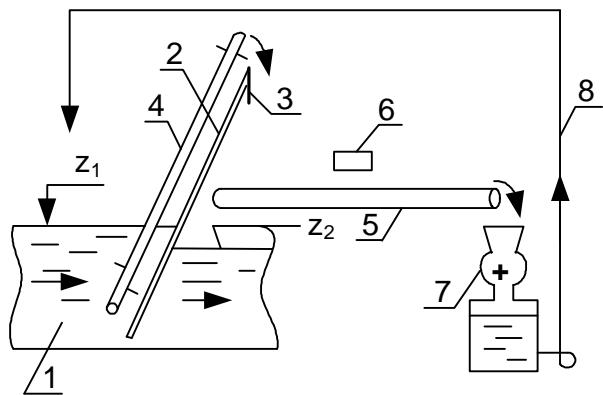


Рис. 8.3. Схема узла решеток: 1 – канал сточных вод; 2 – решетка; 3 – грабли; 4 – сбрасыватель; 5 – транспортер; 6 – сортировочный столик; 7 – дробилка; 8 – возврат примесей после дробления [1]

Порядок выполнения производственной операции по очистке решеток от задержанных ими загрязнений следующий:

- при достижении предельного значения перепада уровней автоматически (реже вручную) включается грабельный механизм, транспортер, подача в дробилку технической воды и двигатель дробилки;
- снятые граблями загрязнения направляются сбрасывателем на ленту транспортера;
- рабочий, находящийся у сортировочного столика, специальным крючком сбрасывает в бак твердые предметы, способные повредить дробилку (куски бетона, кирпичей, металла и др.);
- остальные загрязнения поступают в дробилку, измельчаются и направляются в каналы перед решетками;
- после завершения измельчения загрязнений отключают двигатель дробилки, а через несколько (5–6) минут прекращают подачу к ней воды.

Во избежание перегрузки транспортера слой осадков на ленте не должен превышать 10 см.

В работу операторов решеток входит:

- равномерная загрузка всех решеток, включение и выключение при помощи шиберов того или иного количества решеток с целью поддержания проектной скорости в зазорах между прутьями. Эта операция выполняется либо по графику, либо в зависимости от расхода сточных вод, измеряемого 3–4 раза за смену по показаниям расходомера (проторированного шибера) в канале на входе в здание решеток;
- наблюдение за работой решеток и грабельных механизмов. Грубодисперсные примеси способны налипать на стержни решетки, тампонировать зазоры между прутьями и ухудшить процесс очистки. Загрязнения из решетки удаляют вручную, граблями;
- контроль операций по дроблению загрязнений, сортировка загрязнений, включение и выключение транспортера и дробилки. При относительно равномерной загрузке решеток их очистка производится последовательно, как одна операция. На время очистки в работу включается резервная решетка.

Оперативный (производственный) контроль должен обеспечивать предусмотренные регламентом главные условия: ограничение подпора перед решетками, поддержание необходимых скоростей воды в зазорах решеток и в каналах, своевременную очистку решеток.

Персонал следит за соблюдением санитарно-гигиенических условий на рабочем месте, производит уборку помещения, обеспечивает устойчивую работу систем вентиляции и освещения. При очистке каналов от выпадающих песка и осадков струей воды из брандспойта, соответствующие участки отключаются шиберами и опорожняются через выпуски в техническую канализацию.

В профилактическое обслуживание оборудования входит смазка подшипников механизмов, замена масла в редукторах, очистка и проверка исправности дробилок, осмотр, мелкий ремонт и очистка шиберов.

Постоянный осмотр оборудования проводится несколько раз в течение смены дежурным персоналом. Особое внимание уделяется наименее надежному элементу объекта–механизму грабель: свободному ходу зубьев грабель в зазорах решеток, исправности сбрасывателей, которые не должны соприкасаться с плоскостью грабель и свободно возвращаться в исходное положение.

Если выявлены неполадки, такие как перекос грабель, заклинивание или поломка их зубьев, обрыв тяговых цепей грабельных механизмов, повреждение сбрасывателей, искривление прутьев решеток и другие, поток воды переключается на резервную решетку, выключается механизм неисправной решетки, закрывается шибер на подводе к ней воды, соответствующий участок канала опорожняется, после чего приступают к осмотру и ремонту.

ППО механических грабель, транспортеров и дробилок выполняется ежемесячно и предусматривает частичную разборку и осмотр.

Периодичность планового ремонта грабельных механизмов составляет не более 3 месяцев, а дробилок – 6 месяцев, но при необходимости ремонт проводится при выявлении неисправностей.

Капитальный ремонт с заменой износившихся частей для решеток с механическими граблями производится по мере необходимости, а дробилок – каждые 1,5 года.

По графику (в дни технического контроля) определяется объем задержанных решетками загрязнений. Смысл такого учета в том, что он позволяет определять фактическое содержание задерживаемых крупногабаритных загрязнений в стоке и косвенно оценивать эффективность работы решеток.

По литературным данным решетки задерживают не более 35–45 кг загрязнений на 1000 м³ сточной воды, т. е. эффект их работы – около 50 %, но если судить по графику на рис. 8.4 – значительно меньше. Ограниченный эффект объясняется несовершенством конструкции решеток, работающих как процеживатели, но без образования поверхностного слоя [4].

Наиболее объективным показателем качества работы решеток является частота отказов первичных отстойников и илопроводов по причине засорения выпусков осадка и труб, песколовок – в связи с уменьшением зольности выпавшего песка, центрифуг – из-за засорения и ускоренного износа роторов [51].

Выяснение состава задержанных решетками примесей и, в частности, содержания полимерных пленок, изделий из легких пластмасс и полиэти-

лена могут служить основанием к уточнению местных правил выпуска производственных сточных вод в городскую канализацию.

Существующая схема возврата отбросов после измельчения дробилками вновь в поток перед решетками представляется нецелесообразной, особенно, в связи со значительным содержанием неизмельчаемых синтетических материалов. Альтернативной может считаться сбор задержанных

примесей в герметизированные контейнеры с последующим обезвоживанием путем прессования и вывозом в места уничтожения или захоронения. Заметим, что вместе с примесями будет удаляться до 15–20 % содержащегося в сточных водах песка, в том числе его мелких фракций, не улавливаемых песколовками.

Современные типы ступенчатых механических решеток отечественного и зарубежного производства имеют ширину прозоров от 3 до 10 мм, работают с образованием поверхностного слоя по схеме процеживателя и степень задержания ими крупногабаритных загрязнений составляет 80 % и более (рис. 8.4).

Рис. 8.4. Зависимость массы задержанных отбросов от ширины прозоров решеток [53]

В результате происходит значительная разгрузка первичных отстойников и задерживается большая часть мелкого песка.

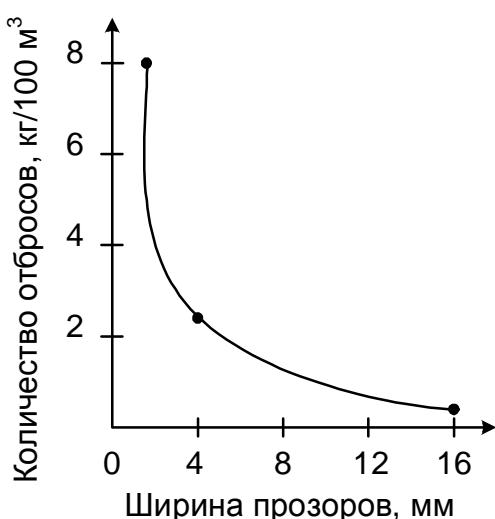
В [47] высказывается мнение о целесообразности защиты решеток и сит тонкой очистки от камней, крупного песка и других примесей, поступающих со сточными водами, путем предварительного пропуска стоков через грубые решетки и песколовки.

Большие массы грубодисперсных примесей, образующихся при тонкой очистке, отводятся гидравлическими пресс-транспортерами, где прессуются под давлением 80–100 ати. и вывозятся в места захоронения.

Таким образом, технологическая схема очистки меняется и решетки превращаются в весьма загруженные очистные сооружения.

8.3.2. Эксплуатация песколовок

Общие положения. Песок существенно осложняет работу очистных сооружений и илового хозяйства. Поэтому удаление даже части песка рассматривается как важное и обязательное условие подготовки сточных вод к очистке.



Эффективная работа песколовок должна удовлетворять двум взаимно противоречущим условиям: задержанию основной массы песка и его чистоте (не допускается загрязнение песка легко загнивающей органикой).

В разд. 5 отмечалось, что песок попадает в канализационную сеть разными случайными путями: с поверхностным стоком, в результате инфильтрации грунтовых вод, с промышленными сточными водами и лишь в небольшой части – с бытовыми стоками.

Поэтому режим поступления песка, его концентрация, гранулометрический состав заранее не могут прогнозироваться.

Соответствующая информация получается в процессе эксплуатации данной системы водоотведения при обработки материалов многолетних наблюдений.

В [43] принимается, что песок содержит фракции не крупнее 2 мм; около 50 % песка крупнее 0,25 мм, более 80 % – 0,15 мм. Нормы [43] предусматривают проектирование песколовок, предназначенных для задержания песка при диаметрах зерен от 0,15 до 0,25 мм и крупнее.

Наблюдения на московских станциях аэрации показали, что состав песка за последние десятилетия изменился, до 70 % фракций имеет размеры менее 0,25 мм и для удовлетворительной работы песколовок их следует рассчитывать на задержание песка фракциями 0,10–0,05 мм (гидравлическая крупность 2,0–5,0 мм/с). Причины изменения гранулометрического состава не ясны. Возможно, это результат возросшей инфильтрации грунтовых вод в связи с износом канализационных сетей города [53].

Часть песка, поступающего на песколовки, относится к «связанному»; причем отдельные комки, включающие легкие материалы и заполненные воздухом пустоты, не тонут или имеют низкую гидравлическую крупность. Хотя агрегаты связанного песка задерживаются решетками или разрушается перед ними, это не исключает попадания некоторых из них в песколовки.

Поступление песка в течение суток носит крайне неравномерный, залповый и непрогнозируемый характер.

Поскольку песколовки являются головными сооружениями станции очистки, гидравлическая нагрузка на них не осреднена и колеблется не только в течение суток, но и в течение часов. Как будет показано ниже, колебания расходов и особенно превышение расчетных расходов ухудшает эффект улавливания песка.

Применяемые в отечественной практике песколовки по технологическим схемам относятся к отстойникам (горизонтальные с прямолинейным или круговым движением воды) и к аппаратам с разделением в поле центробежных сил (тангенциальные и аэрируемые).

Аэрируемые песколовки рассчитаны на разрушение агрегатов «связанного» песка и его отмывку. Движение воды в них поступательное по спи-

рали, причем песок осаждается из струи в момент ее прохода с небольшой скоростью у днища сооружения.

Удаление выпадшего песка производится механическим или гидромеханическим способами. Предварительно песок собирается в приемках или сборниках и транспортируется на песковые площадки при помощи гидроэлеватора. Загрязненный песок отмывается в гидроциклоне.

Производственные работы и контроль. Операторы песколовок выполняют следующие работы:

- поддерживают нормальный производственный режим эксплуатации песколовок;
- своевременно удаляют песок на песковые площадки;
- обеспечивают на рабочих местах необходимые санитарно-гигиенические и требуемые по условиям безопасности обслуживания условия.

В соответствии с нормативами продолжительность пребывания сточной воды в песколовках и ее скорости принимаются: для горизонтальных песколовок – не менее 30 с и 0,15–0,3 м/с, для аэрированных – 2–3 мин и, как максимум, 0,08–0,12 м/с. Гидравлическая нагрузка на поверхность зеркала воды тангенциальных песколовок принимается от 90 до 110 м³/час на м².

Горизонтальные песколовки с прямолинейным движением воды оборудованы на выходе регулирующими водосливами с широким порогом, которые создают подпор, за счет которого изменяется глубина потока в лотке сооружения таким образом, что удается поддерживать постоянные скорости при некотором изменении расходов воды. Область расходов, в пределах которых обеспечивается постоянная скорость, указывается в паспортах сооружений. Другие типы песколовок таких регуляторов не имеют, а нормальные эксплуатационные условия поддерживают путем включения разного количества песколовок при колебаниях притока сточных вод.

Расходы сточных вод измеряются при помощи торированного шибера, установленного в канале перед блоком песколовок.

В течение часа операторы должны 3–4 раза проверять расход и в необходимых случаях производить дополнительное включение или, наоборот, отключение отдельных песколовок.

Включение выполняется путем открытия, а выключение – закрытия шибера перед соответствующим сооружением. Эти операции следует проводить так, чтобы избежать резкого изменения расходов на остающихся в работе песколовках.

В горизонтальных песколовках с круговым движением воды и тангенциальных песколовках песок оседает и накапливается в осадочной части сооружения, в горизонтальных с прямолинейным движением воды и в аэри-

рованных песколовках – выпадает в проточном лотке, откуда должен удаляться в песковой приемник (бункер).

Удаление песка в последнем случае производится двумя способами: механическим или гидравлическим.

Механический способ чаще всего применяется для горизонтальных песколовок с прямолинейным движением воды, которые для этого оборудуются скребковым механизмом.

Соскрабание песка, выпавшего в проточном лотке части сооружения, производится, когда его слой достигает 35–40 см. Продолжительность операции определяется по ее результатам и обычно не превышает 30–40 мин.

Гидравлическое удаление применяется в аэрируемых или в реконструированных горизонтальных песколовках с прямолинейным движением воды. В поперечном сечении днище сооружения выполняется с большим (не менее 0,2) уклоном в сторону пескового канала, куда песок сползает по мере выпадения. Канал имеет продольный уклон 0,02–0,03 в сторону пескосборного приемника, к которому присоединяется тангенциально. При заполнении канала песком на 40–60 % производится псевдосожжение песка в восходящем потоке промывной воды с расширением на 10–15 %. Песок стекает по лотку в приемник, работающий как безнапорный гидроциклон. Удаление песка сопровождается частичной отмыткой при псевдосожжении.

Операции по механическому или гидромеханическому удалению песка из лотков песколовок выполняются по указаниям технологических карт и должны тщательно контролироваться операторами. В частности, регулируется режим псевдосожжения, при котором не допускается вынос песка из канала и ухудшение качества очистки.

Песок из пескосборных емкостей откачивается на песковые площадки не реже одного раза в сутки.

Для откачки песка используют, как правило, гидроэлеваторы, подключенные к питательным насосам (рис. 8.5). Гидроэлеваторы обеспечивают образование песковой пульпы, содержащей 50–75 % (по объему) воды. Пульпа подается гидроэлеватором по отдельным пескопроводам с самоочищающей скоростью 2–3 м/с. Для того, что бы гидроэлеватор мог создать соответствующий напор на нагнетании, питательный насос, по-

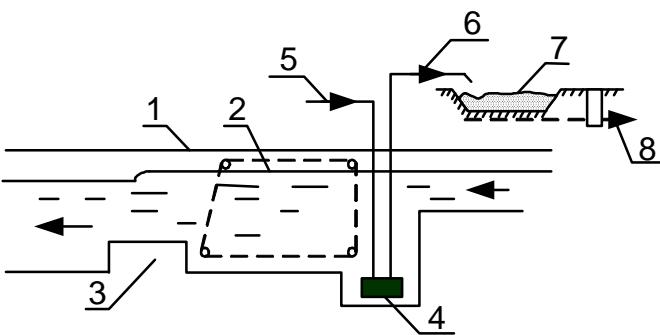


Рис. 8.5. Схема горизонтальной песколовки:
1 – песколовка; 2 – скребковый механизм;
3 – регулирующий водослив; 4 – гидроэлеватор;
5 – подача «рабочей» воды; 6 – отвод
песковой пульпы; 7 – песковые площадки;
8 – дренаж [1]

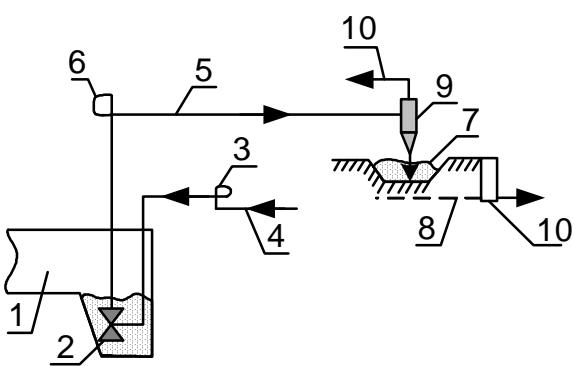


Рис. 8.6. Схема удаления и отмывки песка: 1 – песковая ванна; 2 – гидроэлеватор; 3 – насос; 4 – подача рабочий насос; 5 – подача пульпы; 6 – песковый насос; 7 – песковая площадка; 8 – дренаж; 9 – гидроциклон; 10 – отведение воды перед песковыми ваннами [1]

пока из пескопровода не начинает вытекать вода. Желательно производить откачку из всех работающих песковых ванн блока последовательно как единую операцию.

После завершения откачки пескопроводы промывают технической водой.

Пульпа, поступая на карты песковых площадок, легко обезвоживается, а вода собирается дренажем и отводится в голову сооружений. Дренажи регулярно промываются.

После заполнения карт площадок слоем 1,5–2,0 м песок вывозится.

Обслуживание пескового хозяйства входит в обязанности операторов песковых ванн.

В песковых ваннах (особенно горизонтальных) часто задерживается плохо отмытый песок, представляющий санитарную и экологическую опасность.

Для отмывки такого песка нормы проектирования рекомендуют применение напорных гидроциклонов (рис. 8.6). Напор перед гидроциклонами должен быть не менее 20–30 м.

Операторы должны содержать в порядке свое рабочее место и, в частности своевременно удалять наледи на переходах, лестницах и рабочих площадках.

По мере необходимости очищаются от отложений подводящие и отводящие каналы.

В производственный контроль входят:

- наблюдение за работой песковых ванн;
- наблюдение за процессом сбора и удаления песка.

В течение часа операторы 3–4 раза проверяют общий расход сточных вод, поступающих на блок песковых ванн и к отдельным песковым ваннам. Расход-

дающий к нему «рабочую» воду, должен создавать значительно больший напор (в 3,5–5 раз). В отдельных случаях целесообразно ограничивать напор гидроэлеватора (3–5 м) и устанавливать последовательно на его напорной линии песковой насос, создающий дополнительный напор, необходимый для транспортировки пульпы по пескопроводу на иловые площадки или в гидроциклон (рис. 8.6).

Иногда перед началом откачки песок разрыхляют путем подачи в течение 5–10 мин воды под напором к месту размещения гидроэлеватора.

Откачка продолжается до тех пор,

пока из пескопровода не начинает вытекать вода. Желательно производить откачку из всех работающих песковых ванн блока последовательно как единую операцию.

После завершения откачки пескопроводы промывают технической водой.

Пульпа, поступая на карты песковых площадок, легко обезвоживается, а вода собирается дренажем и отводится в голову сооружений. Дренажи регулярно промываются.

После заполнения карт площадок слоем 1,5–2,0 м песок вывозится.

Обслуживание пескового хозяйства входит в обязанности операторов песковых ванн.

В песковых ваннах (особенно горизонтальных) часто задерживается плохо отмытый песок, представляющий санитарную и экологическую опасность.

Для отмывки такого песка нормы проектирования рекомендуют применение напорных гидроциклонов (рис. 8.6). Напор перед гидроциклонами должен быть не менее 20–30 м.

Операторы должны содержать в порядке свое рабочее место и, в частности своевременно удалять наледи на переходах, лестницах и рабочих площадках.

По мере необходимости очищаются от отложений подводящие и отводящие каналы.

В производственный контроль входят:

- наблюдение за работой песковых ванн;
- наблюдение за процессом сбора и удаления песка.

В течение часа операторы 3–4 раза проверяют общий расход сточных вод, поступающих на блок песковых ванн и к отдельным песковым ваннам. Расход-

ды измеряются при помощи торированных шиберов. Эти данные необходимы для поддержания в песколовках требуемых условий работы. Проводится постоянное наблюдение за движением воды в песколовках особенно на входе и на выходе из сооружения.

Негоризонтальность кромок гребней водосливов (допустимое отклонение от горизонтали ± 2 мм), грязевые скопления на стержнях поворотных свободно опущенных решеток на входе в горизонтальные песколовки, большая толщина слоя выпавшего песка – причины, вызывающие дополнительные завихрения и приводящие к выносу песка.

У тангенциальных песколовок сбор очищенной воды вихревой воронкой должен происходить равномерно по всему периметру, для чего ее кромка должна быть строго горизонтальной.

При обслуживании горизонтальных песколовок с круговым движением воды следят за тем, чтобы не засорялись щели, через которые песок попадает в песковую камеру из отстойного лотка.

Аэрируемые песколовки нуждаются в контроле и по его результатам – в регулировании процесса аэрации. Ее интенсивность указывается в технологической карте, а соответствующие расходы воздуха проверяются один раз в час по показаниям расходомеров (диафрагм), установленных на воздуховодах. Кроме того, производится постоянное визуальное наблюдение за процессом аэрации.

Несколько раз в смену оператор щупом проверяет уровень песка в лотке песколовок горизонтального типа с прямолинейным движением воды и в песковых каналах аэрируемых песколовок. По результатам контроля песок удаляется в сборные приямки.

По графику регулярно проверяется уровень песка в приямках или в песковой части горизонтальных песколовок с круговым движением воды и в тангенциальных песколовках.

При механическом способе удаления песка ведется наблюдение на работе скребкового механизма, при гидравлическом – за расширением и стеканием песка в песковом лотке. Возможные нарушения обычно связаны с засорением отверстий в водораспределительной трубе или со снижением напора воды подаваемой для псевдосжижения песка.

При откачке песка на песковые площадки необходимо следить за параметрами питательного насоса гидроэлеватора. При засорении гидроэлеватора или пескопровода напор насоса повышается, а подача падает, что резко уменьшает подачу пульпы и вызывает быстрое засорение пескопровода.

В соответствии с [36] операторы измеряют фактическую нагрузку по воде каждой из песколовок, объемы песка, поступившего на песковые площадки, расходы сжатого воздуха и технической воды и делают соответствующие записи в журналах.

При установке гидроциклонов измеряются напоры перед ними, визуально оценивается качество отмытого песка.

Профилактические работы. Профилактическое обслуживание скребковых механизмов заключается в регулярной смазке подшипников, смене масла в картерах редукторов, регулировании натяжения цепей скребковых устройств, профилактическом испытании двигателей.

По графику осматриваются с частичной разборкой и прочищаются гидроэлеваторы, песковые насосы. При необходимости осматриваются и прочищаются отверстия в распределительных трубах воды и воздуха аэрируемых песколовок, проводится обычное обслуживание насосного оборудования, арматуры, щитовых затворов, промываются дренажи песковых площадок.

Диагностика и ремонтные работы. Диагностика технического состояния песколовок и их оборудования включает постоянный осмотр доступных для этого элементов дежурными операторами, детальные планово-профилактические осмотры – не реже двух раз в год и, в том числе, один раз в 1–1,5 года – с отключением и опорожнением песколовок и их очисткой от отложений.

ППО предусматривает испытание механизмов (насосные агрегаты, воздуходувное оборудование), осмотр и проверка состояния арматуры, КИП и элементов автоматики, разборка и проверка состояния гидроэлеваторов.

При опорожнении песколовок производится их очистка, промывка днища и стенок, проверка состояния штукатурки. Следует иметь в виду, что всякого рода неровности внутренних поверхностей песколовок ухудшают гидравлические условия и должны быть устранины.

В случаях засорения воздухораспределительных насадок и отверстий воздухораспределительных и водораспределительных труб, их следует прочистить или произвести замену. Угол наклона оси насадок к горизонту должен составлять 15–20 °С.

При разборке гидроэлеваторов проверяется соосность сопла диффузора, правильность соединения трубы и сопла, наличие зазора между ними, а также установка гидроэлеватора по вертикали.

Монтаж и центровку гидроэлеватора обычно проводят в мастерской, детали фиксируются временным креплением на сварке и в таком виде размещаются в песколовке для окончательного присоединения к песко-проводу и к линии подачи технической воды [21].

Скребковые механизмы горизонтальных песколовок подвергаются ежемесячному техническому осмотру и испытаниям, а с периодичностью в 6 месяцев текущему ремонту. Подъемные устройства шиберов ремонтируются через 2 года. Деревянные настилы заменяются каждые 5 лет, стены и днища песколовок капитально ремонтируются каждые 3–5 лет.

Анализ работы песколовок. Качество работы песколовок оценивается двумя показателями: полнотой задержания песка и степенью его отмычки.

Количество задерживаемого песка зависит от фракционного состава и при проектировании принимается ориентировочно по рекомендациям СНиП [43], а при эксплуатации должно основываться на результатах фактических наблюдений.

Определение концентраций и гранулометрического состава песка в городском стоке представляет сложную задачу, так как режим поступления песка мало предсказуем. Для представительного анализа необходим отбор больших по объему проб воды. Авторы работы [16] считают, что объем отбираемых проб перед песколовками должен составлять до 50 л, а после них до 100 л.

В [13] предложена методика определения эффекта улавливания песка

$$\vartheta = \frac{G_1}{G_2} 100 \%,$$

где G_1, G_2 – масса песка соответственно уловленного песколовкой и содержащегося в воде до песколовки.

Общий эффект улавливания песка ориентировочно имеет вид:

$$\vartheta = \frac{G_1}{G_1 + G_3} 100 \%, \quad (8.1)$$

где G_1, G_3 – масса песка, задерживаемого соответственно песколовками и отстойниками, за один и тот же период времени.

Зависимости основаны на предположении, что 100 % песка задерживаются в песколовках и первичных отстойниках, причем весь крупный песок (например, фракции более 0,25 мм) улавливается песколовками.

Эффект задержания только отчасти зависит от технического состояния и условий эксплуатации песколовок, так как во многом обусловливается меняющимся гранулометрическим составом песка. Этот показатель полезен для сравнительных оценок работы данных сооружений, в разные периоды года.

Контрольными являются такие показатели, как зольность осадка, выпавшего в песколовках, и процентное содержание песка в сыром иле первичных отстойников.

Зольность позволяет оценить загрязненность выпавшего песка и может составлять (как минимум) 55–60 % для горизонтальных, 70–75 % для тангенциальных и 90–95 % для аэрируемых песколовок.

Качество выполнения основной функции песколовок, т. е. задержание песка, оценивается его процентным содержанием по массе в сыром иле первичных отстойников. Приемлемым считается 5–6 %. Увеличение содержания свидетельствует об ухудшении работы песколовок. Количество песка в сыром иле определяется по зависимости

$$C_n = 1,2 S_1 - S_2, \quad (8.2)$$

где S_1, S_2 – зольность сырого ила и зольность органической части осадка по данным анализа. В расчетах принимается, что $S_2 = 20 \%$.

Пример 8.1

Определить эффект задержания песка песколовками, если за один промежуток времени объем выпавшего песка в песколовках $W_1 = 0,7 \text{ м}^3$ при объемной массе $\gamma_1 = 1,5 \text{ т}/\text{м}^3$, сырого ила в первичных отстойниках $W_2 = 10 \text{ м}^3$ при объемной массе $\gamma_2 = 1 \text{ т}/\text{м}^3$, зольность сырого ила по данным анализа $S_1 = 22 \%$.

Решение

Содержание песка в сыром иле по формуле (8.2)

$$C_n = 1,2 \cdot 22 - 20 = 6,4 \text{ \%}.$$

Масса песка в сыром иле

$$G_3 = W_2 \gamma_2 \frac{C_n}{100} = 10 \cdot 1,0 \frac{6,4}{100} = 0,64 \text{ т.}$$

Масса песка, задержанного песколовками,

$$G_1 = W_1 \gamma_1 = 0,7 \cdot 1,5 = 1,05 \text{ т.}$$

Эффект задержания песка песколовками по формуле (8.1)

$$\mathcal{E} = \frac{1,05}{1,05 + 0,64} 100 = 59 \text{ \%}.$$

Неудовлетворительные результаты работы песколовок, чаще всего, связаны с несоответствием фактического гранулометрического состава песка проектному. Из-за повышенного содержания мелких фракций (менее 0,15 мм), которые почти не задерживаются типовыми песколовками, наблюдается увеличение содержания песка в сыром иле.

В течение суток невозможно избежать колебаний скоростей воды в горизонтальных и тангенциальных песколовках. При возрастании скоростей задерживающая способность песколовок уменьшается, а при снижении – усиливается загрязненность задерживаемого песка. Как следует из графика (рис. 8.7) с увеличением содержания мелких фракций задерживаемого песка (менее 0,25 мм) его зольность уменьшается.

Снижение или значительное повышение гидравлической нагрузки на поверхность тангенциальных песколовок уменьшает коэффициент разделения и усиливает вынос песка.

Эффективность работы аэрируемых песколовок обусловлена режимом аэрации. При интенсивности аэрации, рекомендуемой СНиП [43], и в зависимости от глубины песколовки градиент скорости перемешивания составляет 150–200 1/с, а число Кэмпа 30–40 тысяч. Оптимизация этих параметров должна в каждом конкретном случае, производиться опытным путем как на стадии пусконаладочных работ, так (при необходимости) и в процессе эксплуатации.

В [16] приведены результаты обследования аэрируемых песколовок в Москве. Выяснилось, что градиент скорости перемешивания занижен и установлена недостаточная интенсивность аэрации, а достижение требуемого значения числа Кэмпа возможно при увеличении продолжительности пребывания воды в песколовке в три раза.

В [53] указывается, что неудачный опыт работы аэрируемых песколовок в значительной степени объясняется «неадекватностью режима работы конкретным условиям эксплуатации».

В случае механического удаления песка важную роль играет техническое состояние скребковых механизмов, своевременность их включения, скорость перемещения скребков.

Если производится гидравлическое удаление песка, то важное значение имеет расход промывной воды. Он должен быть достаточен как для псевдосожжения песка, так и для подсоса воды из песколовки в песковой лоток, исключающего вынос смыываемого осадка из лотка в песколовку.

Промывка загрязненного песка в гидроциклонах при всей сложности технологической схемы оказывается мало эффективной. Это объясняется дву-

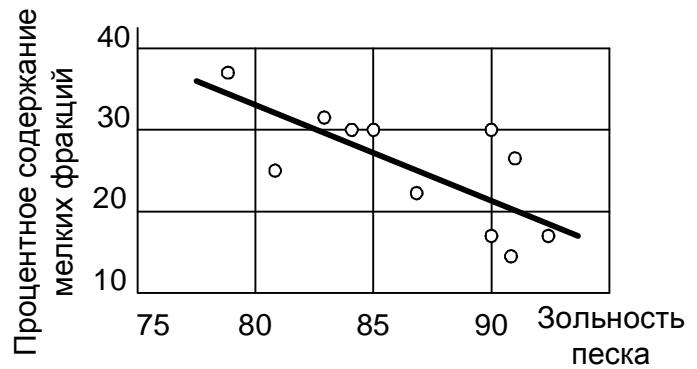


Рис. 8.7. Зольность в зависимости от гранулометрического состава песка задерживаемого песколовкой [13]

мя причинами: наблюдаемой недостаточностью напора пульпы перед гидроциклоном и принципиальной невозможностью отделить песок от грубодисперсных частиц органики с такой же гидравлической крупностью в поле массовых (гравитационных и центробежных) сил. В последнем случае [11] рекомендуется применять метод просеивания, так как соответствующие крупные органические частицы имеют большие размеры, чем частицы песка. Для отделения песка применяется установка, работающая по схеме грохота.

Интенсификация работы песковок. Интенсификация направлена на ослабление влияния отрицательных факторов на осаждение песка и на его отмывку.

В горизонтальных песковках осаждение песка тормозится неравномерным распределением скоростей в потоке из-за гидравлического несовершенства входной и выходной частей сооружения, вызывающих внезапное расширение и сужение потока. Для ослабления вихреобразования в этих случаях на входе в песковку иногда устанавливают щиты-отражатели, свободно опущенные стержни и другие стабилизирующие устройства.

Поскольку в горизонтальных песковках песок не отмывается, целесообразно проводить его отмывку в подводящих лотках путем барботажа воздухом. В аэрируемых песковках наблюдается продольное перемешивание воды, что является причиной ухудшения задерживающей способности сооружения. Это явление устраняется установкой полупогруженных поперечных перегородок, способствующих поддержанию режима вытеснения. Кроме того, на процесс выделения песка в аэрируемых песковках может положительно повлиять меняющаяся по длине сооружения интенсивность аэрации, отчего зависит скорость винтообразного движения воды [51].

8.3.3. Эксплуатация первичных отстойников

Общие положения. Первичные отстойники – основные сооружения блока механической очистки и условия их работы во многом зависят от предварительной обработки воды на решетках и в песковках.

Осаждение грубодисперсных примесей в горизонтальных отстойниках тормозится и ухудшается при нарушении пробкового режима движения воды и образования вихрей, устойчиво занимающих значительную часть полезного объема сооружений. В вертикальных и радиальных отстойниках наибольшие завихрения возникают в местах поступления сточной воды. Вихреобразование возникает вследствие гидравлического несовершенства отстойников и в принципе неизбежно. Гидравлическое несовершенство численно оценивается экспериментальным коэффициентом использования объема [4].

Одной из основных задач технической эксплуатации отстойников является поддержание значений коэффициентов использования объема на уровне, достигнутом при проведении пусконаладочных работ.

Как известно, расчетным параметром при проектировании отстойников служит значение гидравлической крупности частиц, при задержании которых обеспечивается требуемый эффект очистки.

Обычно на стадии проектирования пользуются нормативными данными [43]. Насколько это условно можно судить по графикам на рис. 8.8. Если, например, отстойник проектировался по нормам 1974 г. и был рассчитан на эффект очистки 50 %, то по нормам 1982 г. расчетный процент осветления составлял только около 30 %.

Материалы, необходимые для определения действительной кинетики осаждения, могут быть получены только экспериментально, что следует делать на стадии пуско-наладочных работ.

Качество сточных вод, определяющее кинетику осаждения грубодисперсных примесей, меняется в достаточно широких пределах и не только в течение ряда лет или года, но и за сутки. Естественно, эффект осветления при первичном отстаивании и, главное, содержание взвешенных частиц в очищенной воде будут меняться, что нельзя рассматривать как отказ за исключением тех случаев, когда в результате возникают нарушения работы блока биологической очистки.

Помимо степени очистки сточной воды вторым показателем, оценки работы первичных отстойников является влажность удаляемого сырого ила. Повышение влажности, связанное с ошибками в процессе выпуска осадка, приводит к увеличению его объема и к гидравлической перегрузке илового хозяйства.

Производственная работа и контроль. Производственная работа операторов заключается в распределении и в регулировке расходов, поступающих в отдельные отстойники, в сборе и удалении плавающих примесей, накапливающихся на поверхности, и сырого ила.

В [17] рекомендуется обязательно проверять расходы отдельных потоков, выходящих из распределительных чаш, в часы предшествующие максимальному притоку сточных вод. Это особенно важно делать в периоды профилактического отключения отдельных отстойников в связи с ППР.

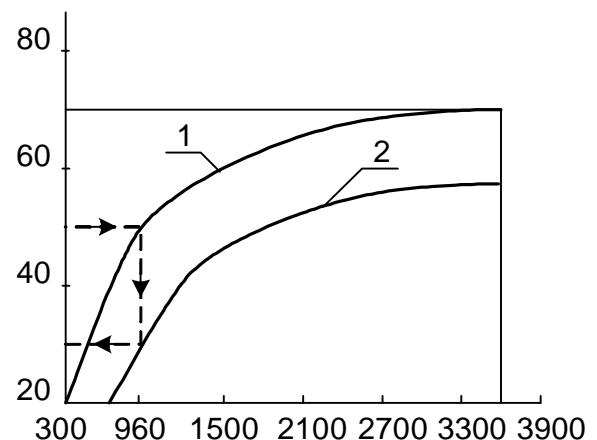


Рис. 8.8. Кинетика осаждения ГДП при $C_{en} = 200 \text{ мг/л}$: 1 – по СНиП 1974 г.; 2 – по СНиП 1982 г.

Равномерное распределение и сбор воды стablyно обеспечивается при помощи водосливов, гребни которых должны быть строго горизонтальны и находиться у разных отстойниках одного блока на одинаковых геодезических отметках.

Операторы в течение смены следят за горизонтальностью водосливов и очищают их от загрязнений.

Регулярно собираются и удаляются всплывающие на поверхность воды примеси: жиры, нефтепродукты, пена и т. д.

Для удаления плавающих веществ вертикальные и горизонтальные отстойники оборудуются лотками, стенки которых находятся несколько выше поверхности воды. При подтоплении этих лотков путем повышения уровня воды в отстойниках, примеси попадают в лотки и далее – в отводящую «жировую» трубу. На время удаления примесей производится прикрытие шиберов на линии осветленной воды.

При оборудовании горизонтальных отстойников полупогруженными щитами на движущихся тележках, плавающие загрязнения «сгоняются» в отводящие лотки. В радиальных отстойниках, оборудованных качающимися бункерами полупогруженные щиты крепятся к мостам илоскребов. При прохождении ферм мостов над бункерами последние подтапливаются и собирают плавающие примеси.

Удаление плавающих примесей из кольцевого зазора между центральной трубой и кожухом радиальных отстойников производится путем погружения на 10–15 см ниже уровня воды отражателя, или при помощи передвижного вакуум-насоса.

Частота удаления примесей определяется по опыту эксплуатации и должна исключить как их вынос из отстойников, так и загнивание. Излишне частое удаление приводит к разжижению примесей и к увеличению их объемов. От качества выполнения операций и совершенства устройств для удаления всплывающих веществ зависит нагрузка по БПК на сооружения биологической очистки. Опыт эксплуатации показывает, что такая нагрузка может возрасти на 15–20 %, если удаление плавающих примесей проводится неудовлетворительно.

Важнейшей технологической операцией является выпуск из отстойников сырого ила.

За его накоплением ведется постоянное наблюдение при помощи приборов. Он должен размещаться в пределах иловой части сооружения и не уменьшать толщины нейтрального слоя.

При длительном накоплении ил загнивает: выделяющиеся при этом газы флотируют осадок и выносят его на поверхность.

Согласно ПТЭ [36] из вертикальных отстойников осадок удаляется не реже двух раз в сутки, а из оборудованных скребковыми механизмами го-

ризонтальных и радиальных отстойников – не реже одного раза в смену. Выпуск ила производится без отключения отстойников.

Скребковые механизмы включаются за 1 час до начала выпуска и выключаются через 0,5 часов после закрытия иловых труб и прекращения выпуска осадка.

Сырой ил и плавающие примеси удаляются отдельно, так как при их смешении возрастает удельное сопротивление и ухудшаются условия обезвоживания сырого ила.

Выпуск сырого ила производится либо под гидростатическим напором, либо путем откачки плунжерными (реже – центробежными) насосами.

Во избежание увеличения влажности ил выпускается с такими расходами, которые достаточны для его сползания к отверстию иловой трубы, и уменьшают вероятность прорыва в илопровод воды.

При выпуске под гидростатическим напором (рис. 8.9) оператор полностью открывает задвижку на иловой трубе, что необходимо для удаления уплотненного осадка, лежащего на дне. В случае прорыва воды сразу же закрывают задвижку, после чего делают перерыв в выпуске на 30–40 мин. В этот период образовавшаяся в иле промоина полностью заполняется осадком.

Во время откачки контролируется консистенция осадка. Подача плунжерных насосов хорошо регулируется и если откачиваемый осадок визуально оценивается как излишне разжиженный, подача уменьшается. Обычно влажность удаляемого осадка составляет 92–94 %. При удалении осадка центробежными насосами или под гидростатическим напором условия регулировки менее благоприятны и влажность осадка достигает 94–96 %. Легко подсчитать, что это приводит к увеличению объема осадка на 30–50 % и более.

Большие трудности при выпуске осадка создают песчаные пробки, влажность которых около 60–70 %. Разрушение пробок сопровождается залповым поступлением в илопровод большого количества воды.

Оперативный контроль за работой отстойников включает визуальное наблюдение за движением воды и отсутствием местных завихрений, за процессом накопления и удаления осадков, а так же плавающих примесей.

Операторы (2–3 раза в месяц) проверяют специальным щупом отсутствие залежей ила и песка на дне отстойника и в иловом приемнике. Залежи

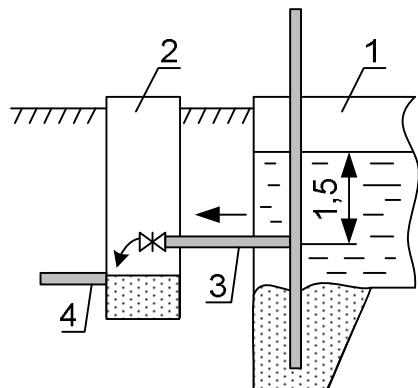


Рис. 8.9. Схема выпуска сырого ила: 1 – первичный отстойник; 2 – иловый колодец; 3 – выпуск; 4 – илопровод

могут появиться в местах неровностей днища или при неисправностях скребковых механизмов.

Профилактическое обслуживание блока первичных отстойников предусматривает регулярную (не реже одного раза в месяц) ревизию узлов скребковых механизмов, при необходимости – их дополнительную регулировку, смазку подшипников и зубчатых передач.

По специальному графику производится техническое обслуживание насосного оборудования.

По мере необходимости лотки, подающие воду на очистку, сборные лотки, лотки для удаления плавающих загрязнений очищаются от осадков.

Производится промывка труб для выпуска ила, осматривается и ремонтируется запорная арматура (задвижки, шиберы).

ППР отстойников. Не реже одного раза в три месяца необходим текущий ремонт скребковых механизмов и их регулировка.

При наличии рельсового пути для тележек производится (в случае необходимости) рихтовка, ограничивающая отклонения отметок головки рельса в пределах не более ± 10 мм, а также его надежное закрепление.

ППР предусматривает устранение повреждений лотков, выпусков ила, арматуры, а также элементов электрохозяйства.

Не реже одного раза в два года (при отсутствии скребковых механизмов три года) первичные отстойники проходят капитальный ремонт, при котором отключаются, опорожняются и очищаются. Устраняются повреждения конструкций, восстанавливается штукатурка, осматриваются и ремонтируются иловые трубы, подающие трубы и кожухи радиальных отстойников, скребки и фермы скребковых механизмов. Скребки подгоняются по профилю днища так, чтобы они отстояли от поверхности дна на 30–40 мм и не цеплялись за его поверхность.

Если опыт эксплуатации показал необходимость изменения скорости движения скребкового механизма, следует заменить зубчатые колеса в редукторе.

Проверяется горизонтальность гребней, водосливов, уточняется степень погружения полупогруженных досок, щитов и кожухов. Капитальный ремонт совмещается с проведением наладочных работ и уточнением технологических паспортов.

При ремонте вертикальных отстойников особое внимание обращается на состояние центральной трубы с растробом и отражателем.

Находятся коэффициенты использования объема, значение которых должно доводиться до возможного в данных условиях максимума. Для этого оптимизируется заглубление полупогруженных досок и кожухов, ширина щели между растробом и отражателем вертикальных отстойников.

Во время капитального ремонта вносятся необходимые усовершенствования в конструкции водосборных лотков и, в частности, замена водосливов с горизонтальной верхней кромкой зубчатыми водосливами. Такое решение целесообразно при повышенной гидравлической нагрузке на единицу длины гребня водослива или при ухудшении качества осветления в случаях образования на поверхностях больших отстойников волн ветрового происхождения.

Поскольку в период капитального ремонта одного из отстойников остальные отстойники будут работать с перегрузкой, сроки работ заранее согласовываются с технологом и принимаются меры по усилению процесса биологической очистки, что компенсирует возможное ухудшение механической.

Аналитический контроль и анализ его результатов. На эффективность первичного отстаивания влияет ряд условий, которые следует систематически контролировать. К ним относятся: продолжительность пребывания сточных вод в отстойниках, нагрузки на единицу длины водосборных лотков, высота стояния осадка в зоне водосборных лотков, частота выгрузки и зольность осадка. В [23] предлагается экспериментальная формула, учитывающая влияние этих и некоторых других факторов на эффект осветления.

Особенно существенно влияние продолжительности отстаивания. Так, по данным наблюдений 1997–1999 гг. за работой радиальных первичных отстойников на Центральной станции аэрации г. Санкт-Петербурга, эффект очистки при начальном содержании взвесей (в среднем) 160 мг/л составил 40 % при длительном отстаивании $t_0 = 4000$ с, 50 % – при $t_0 = 7000$ с., 55 % – при 9000 с.

В [17] приводится экспериментальный график, связывающий продолжительность отстаивания с эффектами осветления и снижения БПК₅ сточной воды. Как следует из графика при продолжительности отстаивания 1,5 часа эти два показателя качества составили 40 и 20 %, после 2 часов отстаивания – 48 и 25 %; 2,5 часов – 54 и 28 %; 3 часов – 55 и 30 %.

Заметим, что в нормах проектирования пятидесятых – шестидесятых годов прошлого столетия, продолжительность пребывания воды в канализационных отстойниках принималась не менее двух часов.

Перемешивание как фактор, влияющий на ортокинетическую коагуляцию и флокуляцию, интенсифицирует процесс осаждения взвесей. Установлено, что оптимальное значение градиента скорости перемешивания при отстаивании составляет 30 – 100 1/с.

Коэффициент использования объема отстойников в очень большой мере зависит от условий входа в отстойник и сбора осветленной воды. В частности, экспериментально установлено, что увеличение скорости входа

в отстойник с 20 до 60 мм/с уменьшил коэффициент использования объема и как результат эффект осветления от 60 до 40 %, повышение удельной нагрузки на водослив сборных лотков с 9 до 10 л/сек·м понизило эффект осветления на 10 %

Оператор, используя тарированные для определения расходов шиберы, ведет учет поступления на очистку сточных вод как для отдельных отстойников, так и всего блока. В рабочих журналах отмечается количество часов работы каждого из отстойников, количество работающих и находящихся в ремонте отстойников, насосов, скребковых механизмов и количество часов их работы, объемы выгружаемого осадка и плавающих загрязнений.

Сточную воду до и после отстаивания направляют на анализ один раз в декаду. В среднесуточной пробе определяют мутность, взвешенные вещества и потери при прокаливании, БПК и ХПК, а также температуру как один из главных факторов, влияющих на осаждение. Кроме того, для характеристики степени задержания взвесей определяют по результатам двухчасового отстаивания в лабораторном сосуде объем и массу осадка.

Это исследование позволяет оценить седиментационные свойства взвешенных веществ в сточной воде.

Как правило, влажность осадка, выпадающего при отстаивании неосветленной воды, оказывается меньше чем у осветленной, в которой содержатся частицы с большей дисперсностью. Если влажность осадка мало меняется, можно сделать вывод о том, что примеси плохо осаждаются, например, по причине гидрофобности.

Пример 8.2

После двухчасового отстаивания в покое двух проб воды объемами по 10 л, взятых до и после первичных отстойников, выпало 46 и 40 мл осадка, массы сухого вещества в которых составили 2,22 и 1,15 г соответственно. Оценить седиментационные свойства взвешенных веществ в сточной воде.

Решение

$$\text{Влажность осадка до отстойника } P_1 = \left(1 - \frac{2,22}{46}\right) 100 = 95,2\%.$$

$$\text{Влажность осадка после отстойника } P_2 = \left(1 - \frac{1,15}{40}\right) 100 = 97,1 > P_1$$

Результаты исследования указывают на нормальные условия седimentации. Окончательный вывод делается при сравнении результатов анализа с данными предыдущих аналогичных исследований.

Показательным является изменение мощности редокс-системы при отстаивании. В процессе осветления мощность rH_2 увеличивается, как это

следует из рис. 8.10. Для определения мощности в пробах воды до и после отстаивания РН-метром определяется водородный показатель и окислительно-восстановительный потенциал [5].

Повышение мощности может рассматриваться как косвенный показатель качества осветления. Недостаточное увеличение мощности (менее чем до 20–25) свидетельствует, в частности, о недостаточном удалении из отстойника ила, образования его залежей и о возникновении септических областей.

В осадке из отстойников определяют влажность, зольность, содержание песка, а при сокращенном анализе только влажность [24].

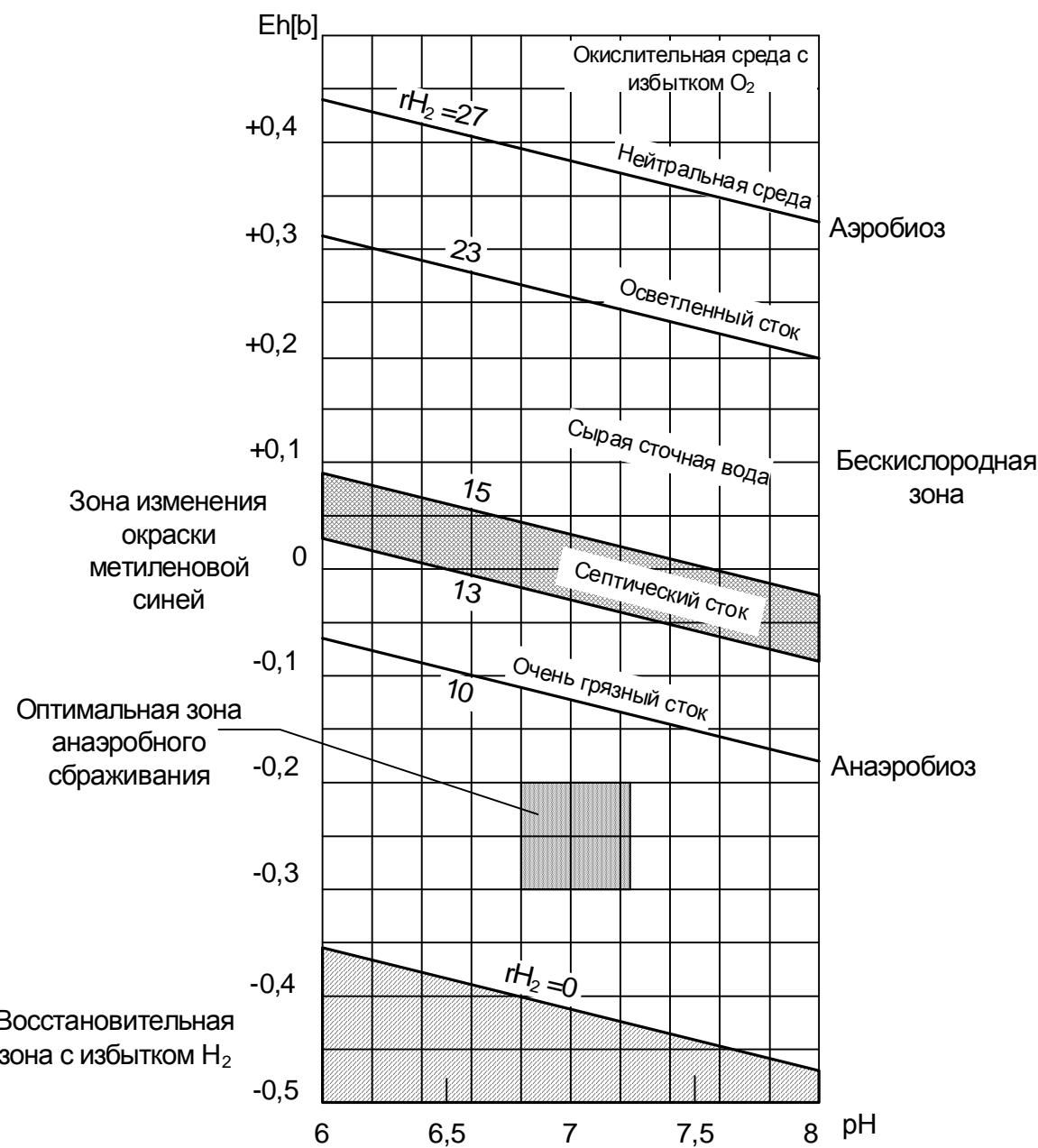


Рис. 8.10. Диаграмма «потенциал – рН» для загрязненной воды [9]

Определение значений БПК и ХПК как и изменение rH_2 служит для оценки попутных процессов очистки воды при отстаивании от растворенной органики.

Основные причины ухудшения работы отстойников связаны либо с нарушением проектных гидравлических условий, либо с недостатками в проведении операций по удалению плавающих примесей и сырого ила.

Гидравлические условия нарушаются из-за неравномерного распределении воды между отстойниками, при резких колебаниях притока сточных вод, а также вследствие снижения коэффициента использования объема. Как отмечалось, последнее обстоятельство зависит от технического состояния сооружений, от регулировки элементов, обеспечивающих распределение и сбор воды и от качества обслуживания этих элементов (лотки, водосливы, полупогруженные доски и др.).

По результатам работы отстойников в процессе эксплуатации, под руководством технолога планируются и проводятся гидравлические испытания отдельных отстойников, определяются методом трассирования значения коэффициентов использования объема, разрабатываются и планируются меры по повышению коэффициентов.

Наблюдения за полнотой удаления и за качеством сырого ила позволяют совершенствовать режим его удаления. Эта задача связана с проведением капитальных ремонтов сооружений и механизмов, регулировкой иловых насосов, разработкой мер по болееному улавливанию песка песколовками.

Применение аэрации и биокоагуляции перед отстаиванием. Первичные отстойники не поддаются регулировке и улучшение их работы достигается только за счет мер по увеличению коэффициента использования объема в тех пределах, которые обусловлены и конструкцией сооружений.

Если содержание взвесей после первичного отстаивания превышает предельные значения, рекомендуемые при проектировании аэротенков или биофильтров (обычно 100–150 мг/л) необходимы радикальные меры по усилению механической очистки. К таким мерам относится преаэрация в сочетании с биокоагуляцией или замена решеток с граблями на ступенчатые.

В [36] указывается, что «преаэраторы должны обеспечить снижение концентрации загрязнений сточных вод в процессе отстаивания, а также повысить эффект извлечения ионов тяжелых металлов и других загрязнений, присутствие которых затрудняет процесс биологической очистки сточных вод».

В преаэраторе сточная вода аэрируется и смешивается с избыточным активным илом из вторичных отстойников после аэротенков. При очистке

на биофильтрах активный ил готовится путем аэрации в течение суток биологической пленки из вторичных отстойников.

Нормы проектирования рекомендуют использовать для преаэрации от 50 до 100 % избыточного активного ила.

Интенсивность аэрации и ее продолжительность, согласно [43], составляют $5 \text{ м}^3/\text{м}^3$ и 20 мин. Этим значениям отвечает градиент скорости перемешивания в пределах 25–50 1/с и критерий Кэмпа $Gt = 30\text{--}60$ тысяч. Концентрация свободного кислорода в воде должна быть не менее 0,5–2,0 мг/л.

В каждом конкретном случае дозы ила и параметры перемешивания следует оптимизировать экспериментальным путем. В отдельные периоды поставка активного ила может оказаться излишней, а вода только аэрируется.

После преаэратора, в котором активный ил используется в качестве эффективного сорбента и флокулянта, вода освобождается от пузырьков воздуха и поступает в первичные отстойники, где происходит процесс совместного осаждения.

Особенность эксплуатации первичных отстойников в схеме с преаэрацией заключается в необходимости более частого удаления осадка и плавающихзвесей.

При больших дозах активного ила осадок удаляется непрерывно, а его влажность достигает 98–98,5 %.

В связи с улучшенными условиями агломерации после преаэрации кинетика осаждения мало зависит от глубины воды в отстойнике.

Эксплуатация преаэраторов включает:

- равномерное распределение сточной воды, активного ила и воздуха между преаэраторами;
- наблюдение за процессом смешения, который должен происходить во всем объеме сооружений;
- измерение расходов воды, активного ила и воздуха, а так же содержания растворенного кислорода в воде;
- контроль за процессом отделения воздуха перед поступлением воды в первичные отстойники;
- контроль за выпадением и накоплением в преэраторах песка, выносимого из песколовок;
- откачуку (по указанию мастера) песка из преэраторов с помощью съемного эжектора,
- проведение ППО и ППР.

При технологическом контроле один–два раза в декаду проводят анализы по определению дозы активного ила, взвешенных веществ и БПК.

Целесообразно регулярно определять мощность редокс-системы до и после преэраторов (rH_2 возрастает) (рис. 8.10).

8.4. Эксплуатация сооружений для биологической очистки сточных вод

8.4.1. Общие положения

Полная биологическая очистка городских сточных вод должна обеспечить снижение загрязненности по БПК_{полн} и по взвешенным веществам до 15 мг/л (в среднем) в течение суток.

Результаты анализов среднесменных и тем более разовых проб воды могут отклоняться от этого значения.

Первичные отстойники в определенной мере играют роль усреднителей расходов и качества. Тем не менее, на работе блока биологической очистки все же сказываются неравномерность притока воды и колебаний ее качества.

Поддержание стабильности очистки частично обеспечивается за счет регулирования ее процесса.

Как известно, биологическая очистка полностью зависит от состояния биоценоза: биологической пленки в биофильтрах или активного ила в аэротенках [5]. Создание и поддержание благоприятных условий для жизнедеятельности биоценоза является одной из важнейших задач эксплуатации.

Установки для биологической очистки включают две группы взаимосвязанных и синхронно работающих сооружений: реакторов (биофильтры, аэротенки) и вторичных отстойников, предназначенных для отделения от очищенной воды биологической массы. Эти сооружения требуют одновременной и совместной регулировки.

Биологическая очистка с использованием сооружений, запроектированных и построенных по нормативам [43], устойчива при БПК поступающей воды до 200–250 мг/л и при содержании в ней взвешенных веществ до 100–150 мг/л. Чем больше взвесей в воде, тем больше прирост избыточного активного ила в аэротенках и тем быстрее засорится загрузка биофильтров.

8.4.2. Эксплуатация высоконагруженых биофильтров. Технологический процесс

Высоконагруженые биофильтры – биореакторы, ценоз которых состоит из иммобилизованных аэробных и частично анаэробных микроорганизмов, грибов, инфузорий, червей, коловраток, клещей, личинок насекомых.

Хотя биологическая очистка обеспечивается главным образом в результате жизнедеятельности микроорганизмов, роль простейших остается чрезвычайно важной, так как они регулируют прирост микробиальной массы на

оптимальном уровне, поглощают значительную часть органических соединений и этим облегчают их дальнейшую деструкцию микроорганизмами. Черви разрыхляют биомассу и улучшают кислородоснабжение аэробов.

Биологическая масса (биопленка) формируется в верхнем слое загрузочного материала биофильтра и по мере отмирания перемещается в толщу загрузки, а затем из нее выносятся.

Процессы нарастания и отмирания биологической пленки происходит одновременно и сбалансировано.

Отмершая биопленка вымывается из биофильтра и поступает во вторичные отстойники, где и отделяется от очищенной воды.

Факторы, влияющие на процесс очистки, температура сточной воды и интенсивность аэрации загрузки биофильтров. Разумеется, что качество воды, поступающей на очистку должно отвечать требованиям табл. 8.1.

Биофильтры, проектировавшиеся по нормам [43], рассчитаны на работу при температурах воды от + 6 до + 30 °C, при гидравлических нагрузках на поверхность загрузки от 10 до 30 м³/сут. на м². Нижний предел назначен условно и должен исключить засорение загрузки, хотя при небольших гидравлических нагрузках незасоряемость наблюдается уже при $q_{ef} > 0,8 \text{ м}^3/\text{сут на м}^2$. Верхний предел ограничивается возможностью «проскока» плохо очищенной воды.

Поскольку основное потребление кислорода биомассой происходит на поверхности загрузки и на глубину несколько сантиметров, режим работы предусматривает периодический (примерно каждые 5 мин) контакт биологической пленки на поверхности с атмосферой. В зависимости от обстоятельств длительность контакта принимается 5–15 мин.

Биофильтры оборудуются системами вентиляции с естественным или принудительным (механическим) побуждением при помощи вентиляторов, что обеспечивает проветривание в пределах всей загрузки.

В дальнейшем будет рассматриваться эксплуатация биофильтров с принудительным побуждением (аэрофильтров).

Эффективность биофильтров оценивается значением кратности очистки воды по БПК, показателем $K_{af} = \frac{L_{en}}{L_{ex}}$, где L_{en}, L_{ex} – БПК сточной воды и после биофильтра.

По принятой в нормах [43] методике

$$K_{af} = 10^{\alpha F + \beta}.$$

где F – критериальный комплекс; α и β – коэффициенты, значения которых принимаются в зависимости от значения F .

$$\text{Для аэрофильтров } F = \frac{Hq_a^{0,6}}{q_{af}^{0,4}} K_m, \text{ где } H - \text{толщина слоя загрузки; } K_m -$$

зависящая от температуры воды константа потребления кислорода; q_a – удельный расход воздуха на аэрацию; q_{af} – гидравлическая нагрузка.

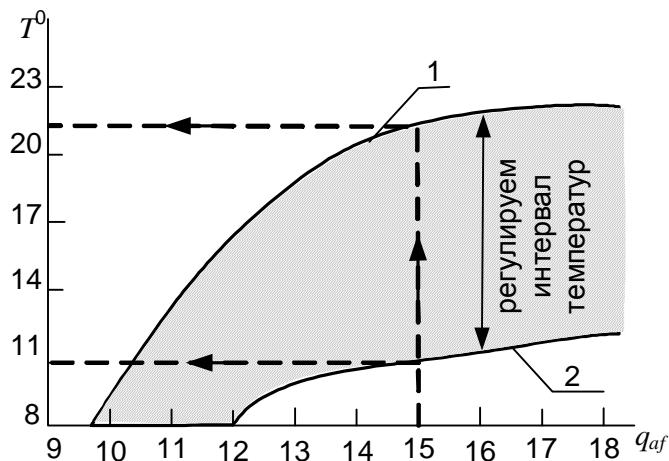


Рис. 8.11. Область регулирования работы биофильтра: 1 – для $q_{af} = 8 \text{ м}^3/\text{м}^3$; 2 – для $q_{af} = 12 \text{ м}^3/\text{м}^3$

$H = 4,0 \text{ м}$, $q_{af} = 10 \text{ куб. м/сут на кв.м}$. Например, при $K_{af} = 15$ регулировка возможна в интервале температур от 21 до 11 °C.

Аэрофильтры оборудуются системой рециркуляции воды по схеме на рис. 8.12.

Рециркуляция позволяет решать следующие задачи:

- избежать засорения загрузки в часы поступления минимальных расходов сточных вод;
- обеспечить более равномерное распределение биомассы в пределах загрузки биофильтров;

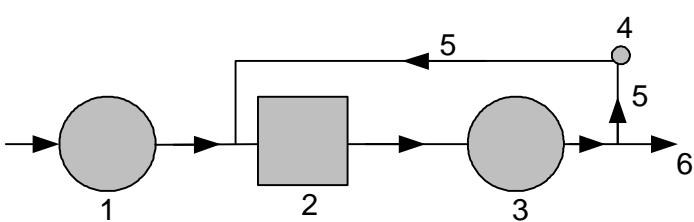


Рис. 8.12. Схема рециркуляции воды у биофильтра: 1 – первичный отстойник; 2 – биофильтр; 3 – вторичный отстойник; 4 – циркуляционный насос; 5 – рециркуляционная линия; 6 – вода после очистки

В случаях изменения температур воды или ее расходов поддержание постоянного значения K_{af} , а, следовательно, F производится путем регулирования удельного расхода воздуха, правда, только в ограниченных пределах от 8 до 12 куб.м/сут. На рис. 8.11 приведен график, указывающий на возможность поддержания постоянного значения K_{af} при разных температурах сточной воды за счет изменения удельного расхода воздуха. График составлен для условий:

– усреднить качество сточной воды за счет разбавления в часы поступления на очистку наиболее загрязненных вод;

– обогатить поступающий сток микробами, выносимыми из биофильтра.

Аэрофильтры позволяют достичь полной биологической очистки по БПК и взвешенными веществами. В очищенном стоке

обычно содержится 2–4 мг/л кислорода, а $rH_2 > 23–25$ (рис. 8.10).

В зависимости от климатических и других условий биофильтры размещаются открыто или в зданиях.

Биофильтры считаются экологически опасными объектами, так как при их работе возможно загрязнение воздушной среды и выплод мух и комаров.

Производственные работы и контроль. Операторами выполняются следующие работы:

- включение и выключение отдельных биофильтров при выполнении профилактических или ремонтных работ;
- распределение сточных вод между отдельными биофильтрами;
- наблюдение за условиями и поддержанием режима орошения загрузки;
- управление системой вентиляции биофильтров, переход от естественного к принудительному режиму вентиляции и, наоборот, от принудительного к естественному;
- управление (включение, выключение, регулирование расходов) системой рециркуляции;
- наблюдение за состоянием и промывка дна поддренной части биофильтров;
- содержание вторичных отстойников (распределение расходов, наблюдение за процессом отстаивания, выпуск ила и т. д.);
- поддержание санитарно-гигиенических условий на рабочем месте, наблюдение за исправной работой систем жизнеобеспечения (вентиляция, отопление, освещение, водоснабжение);
- проведение оперативного контроля и ведение рабочих журналов.

Остановимся подробнее на некоторых работах.

Для создания требуемого прерывистого режима орошения биофильтры оборудуются вращающимися и катучими оросителями разных конструкций, но чаще – спринклерными системами.

Необходимый для работы спринклеров напор создается дозирующим баком, оборудованным сифоном специальной конструкции (сифоном Мюллера).

Как видно из рис. 8.13, это устройство состоит из гидравлического затвора высотой h м, присоединенного к колпаку и имеющего перелив, высотное положение

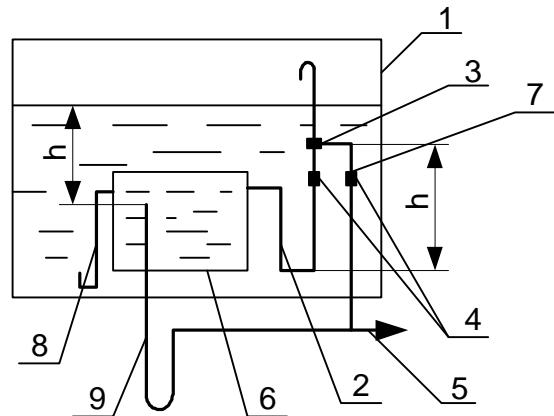


Рис. 8.13. Схема дозировочного бака: 1 – бак; 2 – гидравлический затвор; 3 – перелив; 4 – регулирующие муфты; 5 – подача воды в спринклерную систему; 6 – колпак; 7 – переливная труба; 8 – разъединительная муфта; 9 – отводная труба

которого при регулировке может быть изменено. В верхней части колпака 6 находится воздух, который сжимается при подъеме уровня воды в баке.

При максимальном уровне воды в дозировочном баке 1 уровень под колпаком 6 достигнет края отводной трубы 9, а в правом колене гидравлического затвора 2 поднимется на высоту h , соответствующую точке при соединения перелива 3. В следующий момент произойдет прорыв гидравлического затвора, давление воздуха под колпаком снизится до атмосферного, потом до вакуумметрического, вода из бака начнет поступать в колпак и далее в отводную трубу. Уровень в баке будет падать до уровня разъединительной трубы 8, что вызовет срыв вакуума и прекратит подсос воды под колпак. Когда под колпаком создается вакуум гидравлический, затвор подсасывает воду по 7 из 5 и заполняется водой.

При изменении с помощью муфт 4 высотного положения перелива 3 изменится h , т. е. положение максимального уровня, а следовательно – полезная вместимость бака.

Если промежуток времени между двумя орошениями будет слишком велик, ухудшатся условия питания биомассы и качество очистки снизится. Тогда полезную вместимость бака следует уменьшить. Если «срабатывание» бака будет слишком частым, ухудшится аэрация биомассы, что так же нежелательно. В этом случае полезная вместимость бака должна быть повышена.

Оператор следит за равномерным орошением всей поверхности биофильтров, за тем, что бы спринклерами создавались одинаковые по размеру и взаимно перекрывающиеся ореолы орошения. Если окажется, что некоторые спринклеры засорены и работают хуже остальных, следует их оперативно прочистить.

Регулирование полезной вместимости дозирующих баков производится по указаниям технолога в случаях значительных и обычно сезонных изменений расходов сточных вод.

Персонал должен постоянно следить за процессом зарядки гидравлического затвора бака. Дозирование нарушается при неплотном соединении колпака с трубами, что приводит к выходу воздуха при заполнении дозирующего бака. Нарушение возникает, если после срабатывания сифона воздух в нужном количестве не успевает поступить под колпак.

При слабом притоке воды в дозирующий бак сифон может не зарядиться и вода, из спринклеров, будет вытекать непрерывно. В перечисленных случаях дозирующий бак временно отключается, что позволяет заполнить колпак воздухом и залить гидравлический затвор из технического водопровода.

В рассматриваемой ситуации следует включить рециркуляцию или отключить часть секций биофильтров [17].

Оператор должен постоянно наблюдать за состоянием поверхности загрузки. Появление на ней после орошения луж свидетельствует о засорении.

На участках, которые плохо орошаются, появляются характерные биологические обрастания.

Система принудительной вентиляции аэрофильтров включается периодически, при расчетных или близкой к расчетным загрязненности и расходах воды. В остальное время достаточна естественная вентиляция, особенно при большой толщине слоя загрузки и низких температурах воздуха, т. е. при условиях, положительно влияющих на значения гравитационных напоров.

Для перехода на вентиляцию с естественным побуждением вентиляторы выключаются, а окна в стенах поддренной части биофильтров открываются (снимаются установленные в окнах щиты).

При включении принудительной вентиляции окна закрываются щитами, включаются вентиляторы, а необходимое распределение воздуха между биофильтрами достигается при помощи шиберов, установленных на воздуховодах.

Режим работы вентиляции (переход от принудительного побуждения к естественному и наоборот) устанавливается технологом и указывается в технологических картах.

Объективное уточнение режима может производиться по результатам контроля за содержанием растворенного кислорода в очищенном стоке, на выходе из от каждого биофильтра. Критерием для перехода от одного режима аэрации к другому служит назначенная технологом норма содержания кислорода в пробе, например, 4–6 мг/л. При падении содержания кислорода интенсивность аэрации следует увеличить.

Заметим, что из-за разного технического состояния отдельных биофильтров режим аэрации следует назначать индивидуально.

Режим рециркуляции назначается в зависимости от расходов воды и ее загрязненности. Рециркуляция проводится преимущественно в часы минимального расхода сточных вод или в периоды, когда в сооружения поступает наиболее загрязненный сток. График включения и выключения циркуляционных насосов устанавливается технологом и указывается в технологических картах.

Эксплуатация вторичных отстойников после биофильтров аналогична эксплуатации первичных отстойников. Выпуск ила проводится не реже одного раза в сутки.

Оперативный контроль включает измерение частоты срабатывания дозирующих баков, расходов сточных вод, поступающих на отдельные биофильтры и вторичные отстойники, параметров работы вентиляторов и циркуляционных насосов (подача, давление, напор) и соответствие этих

параметров значениям, указанным в технологических картах, а при контроле за содержанием кислорода в воде, измерение его концентрации на выходе из отдельных биофильтров.

Результаты измерений, выполняемых при производственном контроле, фиксируется в рабочих журналах.

Среди обязанностей операторов – поддержание в холодное время года температур воздуха в помещениях биофильтров не ниже тех, при которых происходит конденсация паров на внутренних поверхностях ограждений. Температуры должны быть выше температур очищаемой воды не менее, чем на 5 °C.

Если биофильтры размещены открыто, вне помещений, в холодное время года следует утеплить дозирующие баки и открытые трубопроводы, при временном отключении биофильтров опорожнять спринклерную систему, подогревать в калориферах воздух, подаваемый вентиляторами. Особое внимание нужно обращать на состояние спринклеров и не допускать их обмерзания.

Контроль технического состояния биофильтров. Главная причина ухудшения качества очистки в биофильтрах – заиливание нагрузки. Поэтому диагностика состояния биофильтров включает выявление на возможно ранних стадиях процесса заиливания. Как отмечалось, его первыми признаками считается образование заболоченных участков на поверхности загрузки после орошения. Первопричиной является неравномерность орошения, вызываемая засорением спринклерной сети.

Равномерность орошения оценивается как визуально, так и более объективно – установкой в наиболее характерных местах поверхности загрузки мерных сосудов (поддонов). Такие же поддоны размещаются на дне биофильтра в поддренной части и служат для оценки равномерности выхода из загрузки очищенной воды [51].

Основанием для промывки загрузки биофильтров (что связано с его длительным отключением в связи с необходимостью восстановления биоценоза) является недопустимое накопление биопленки. Для этого в сомнительных местах отрываются шурфы глубиной в несколько десятков сантиметров. Шурфы заполняются водой, и если она плохо фильтруется, то степень заиливания признается высокой.

ППО проводится каждые 2 месяца с целью проверки исправности систем орошения, оборудования (насосы, вентиляторы, калориферы), трубопроводов (воздуховоды, трубы, запорная арматура), систем отопления и освещения, общего состояния конструкций (отсутствие утечек, внешних признаков разрушения стен биофильтров, лотков, приямков).

Каждые 2 года испытывается насосное и вентиляционное оборудование.

По специальному графику отбираются пробы загрузочного материала, взятые на разной глубине, для определения остаточных загрязнений и обнаружения признаков разрушения.

Каждые 3–5 лет (а при необходимости – чаще) специально создаваемой комиссией обследуется техническое состояние конструкций зданий и самих биофильтров.

Технологический контроль. Как отмечалось ранее, измеряются расходы очищенных сточных вод, рециркулирующей воды и воздуха, подаваемого вентиляторами (отдельно для всех секций биофильтров) затраты электроэнергии, температуры воды и воздуха, объемы осадка, удаляемого из вторичных отстойников.

Для оценки качества очистки не реже двух раз в неделю определяется прозрачность очищенной воды после вторичных отстойников, содержание взвешенных веществ, содержание растворенного кислорода и не реже раза в неделю – БПК, ХПК и соединений азота в воде до и после биофильтров (до – азота-аммонийного NH_4^+ , после – нитритов NO_2^- и нитратов NO_3^-).

Кроме того, эпизодически и по указанию технолога, отбираются пробы воды после смешивания сточной и рециркуляционной воды, для определения в смеси содержания взвесей и БПК. Эти анализы проводятся для проверки правильности оценки назначения коэффициентов рециркуляции.

При лабораторном исследовании осадков из вторичных отстойников определяется влажность и зольность ила.

Значения БПК очищенной воды должны отвечать нормируемым. Процесс нитрификации считается удовлетворительным, если содержание нитратов достигает 3–5 мг/л.

Целесообразно определять мощность редокс-системы на выходе из биофильтра. Если условия эксплуатации нормальны и в толще загрузки не происходит загнивания биомассы, $rH_2 \geq 27$ (рис. 8.10).

Профилактические работы. Промывка труб спринклерной системы. В процессе эксплуатации происходит постепенное засорение труб спринклерных систем биологической массой, что уменьшает пропускную способность сети и нарушает равномерность распределения воды между спринклерами.

С учетом интенсивности засорения проводится регулярная промывка труб водой, содержащей 5–10 мг/л свободного хлора. Промывная вода сбрасывается через специальные выпуски в техническую канализацию, минуя загрузку биофильтра. График промывок составляется технологом.

Предупреждение и устранение заиления загрузки.

По мере обнаружения участков заиления загрузки проводится промывка технической водой из брандспойта. Загрузочный материал предварительно разрыхляется вручную граблями. Если заиливание распространилось на большой объем загрузки (на глубину до 30–40 см), биофильтр выключают, извлекают заиленный материал, промывают его вне биофильтра на специальной площадке и вновь загружают в биофильтр. Как отмечается в [17], недопустимо делать в загрузке шурфы для пропуска застойной воды, так как это приводит к засорению всего объема загрузки.

Профилактической мерой предупреждения заиления загрузки служит ее регулярная (один раз в квартал или чаще) промывка хлорной водой с начальным содержанием хлора до 100–150 мг/л. После завершения промывки производится наращивание новой биопленки взамен погибшей, после чего биофильтр включается в работу.

Периодическая промывка загрузки. В некоторых случаях, например, при большой неоднородности материала загрузки, в ее нижних слоях накапливается отмирающая биологическая пленка, и образуются малопроточные септические зоны. Загнивание органики приводит к выделению сероводорода, что нарушает санитарные и экологические условия.

Ликвидация этих зон и вымыв загнивающих отложений осуществляется за счет повышения гидравлических нагрузок путем рециркуляции. Режим профилактической промывки устанавливается технологом.

Меры предотвращения выплода мушек. В период выплода мушек писюха с интервалами в 10–15 суток проводятся следующие мероприятия:

- затопление биофильтра на 12–18 часов с поддержанием уровня воды на несколько см выше поверхности загрузки;
- хлорирование воды перед биофильтрами из расчета содержания остаточного хлора после биофильтров 3–5 мг/л;
- разбрзгивание по поверхности загрузки водного раствора креозота.

ППР и капитальный ремонт. ППР трубопроводов, оборудования, систем производственной вентиляции и других элементов проводится каждые 6 месяцев.

Промывка или замена верхнего слоя загрузки необходима каждые 1,5–2 года, а полная замена загрузки – каждые 6–8 лет.

Работы по замене загрузки или при ее обработке хлором следует выполнять преимущественно в теплое время года, что позволяет быстрее восстанавливать биоценоз.

Наиболее сложной работой, относящейся к капитальному ремонту, является замена загрузки.

Эта операция связана с весьма трудоемким извлечением из биофильтра старой загрузки.

При размещении биофильтров в здании может потребоваться демонтаж перекрытия в связи с использованием грейферного оборудования. При всех условиях значительный объем работ выполняется вручную.

При замене загрузки приходится демонтировать спринклерную распределительную сеть.

Замена загрузки ведется последовательно, с отключением отдельных секций. Заранее должен быть подготовлен запас зернистого материала нужных фракций. Качество материала (прочность, устойчивость по отношению к сточной воде) должно соответствовать требованиям норм [43]. Очень важна форма фракций (лещадность). Она должна максимально приближаться к шару (кулаку), иначе возможна более плотная упаковка и уменьшение ее пористости в насыпном виде.

Очень важно, чтобы размеры фракций плавно изменялись по глубине загрузки, так как в противном случае возрастает опасность засорения.

До начала загрузки промывается и дезинфицируется внутренняя поверхность биофильтра, проводится необходимый ремонт стенок, днища и колосников. После загрузки заново монтируется (обычно с заменой труб) спринклерная сеть.

Период наращивания биологической пленки может составить несколько недель и для его сокращения работу желательно выполнить в теплое время года.

Пленка наращивается при постепенном увеличении гидравлической нагрузки, начиная от 10–20 % и повышая ее до 30–40 % от нормальной.

В этот период цикл орошения должен составлять не менее 50 мин, а интервалы между орошениями – не более 1 часа [1].

В пусковой период необходим постоянный контроль за изменением форм соединений азота NH_4^+ – до биофильтра и NO_3^- после него. Когда содержание нитратов в очищенной воде начнет заметно возрастать и составляет 30–50 % от содержания азота в исходной воде, можно считать что биопленка восстановлена и биофильтр выведен в рабочий режим.

Анализ результатов технологического контроля и оценка качества работы биофильтра. Критериями оценки качества работы биофильтров являются:

– проектная степень очистки воды по БПК, взвесями; присутствие растворенного кислорода и нитратов;

– ограниченное выделение сероводорода в воздушную среду;

– влажность и зольность ила, выпадающего во вторичных отстойниках.

Показателем, характеризующим устойчивую и глубокую очистку в биофильтрах, как отмечалось, служит нитрафикация с окислением аммонийного азота до нитратов. Если биофильтры предназначены для неполной очистки, нитрификация практически не возникает.

Содержание взвесей в очищенной воде характеризуют качество работы вторичных отстойников.

При удовлетворительной работе блока очистки в воде после вторичных отстойников должно содержаться несколько мг/л растворенного кислорода и поддерживаться достаточно высокое значение мощности редокс-системы.

Причинами неудовлетворительной очистки в биофильтрах могут быть чрезмерная гидравлическая нагрузка, а также недопустимы высокие скорости фильтрации воды при частичном заиливании.

Последнее возникает либо из-за слишком высокого загрязнения исходной воды, либо в случае низких гидравлических нагрузок. Если гидравлическая нагрузка максимальна и нельзя увеличить рециркуляцию, необходимо повысить степень очистки в первичных отстойниках преаэрацией, или коагуляцией.

Накопление и загнивание ила в толще загрузки при правильном ведении производственного процесса и своевременной профилактике маловероятна и чаще всего возникает при неравномерном изменении размеров фракций загрузочного материала по глубине и других нарушений.

Снижение степени очистки иногда связано с ухудшением седиментационных свойств биопленки, выносимой из биофильтров во вторичные отстойники. Оно вызывается колебаниями гидравлической нагрузки в течение суток, хотя средние и максимальные расходы могут находиться в допустимых пределах. В отдельные моменты времени, когда гидравлическая нагрузка очень мала (менее $0,03 \text{ м}^2/\text{м}^2\cdot\text{ч}$), происходит неадекватное нарастание пленки и утолщение ее анаэробной части. Анаэробные процессы сопровождаются газовыделением, способствующим неравномерному отторжению пленки, содержащей еще неокисленную органику и плохо оседающей в отстойниках [17].

Для исключения указанного явления в часы минимального притока сточных вод либо применяют рециркуляцию, либо отключают часть секций или комбинируют оба способа.

Эффективность биологической очистки может понизиться при изменении качества сточных вод: резких колебаний (более чем на $10-20^\circ\text{C}$) температур, появлении в недопустимых концентрациях промышленных примесей, существенном и внезапном изменении РН. Биофильтры, расположенные открыто, особенно подвержены влиянию температур воздуха и

охлаждающему воздействию ветра. Процесс очистки замедляется при температуре воды менее 6–8 °С.

В нормальных условиях эксплуатации вторичные отстойники задерживают осадок с содержанием сухого вещества, равным 50–60 % от БПК сточных вод перед биофильтрами. Влажность осадка составляет 95–96 %.

При упомянутых выше нарушениях в работе биофильтров зольность осадка уменьшается.

8.4.3. Эксплуатация аэротенков и вторичных отстойников

Общие положения. Блок очистки состоит из двух элементов: аэротенка, являющегося биореактором, и вторичного отстойника, предназначенног для разделения иловой смеси на очищенную воду и активный ил, и для первичного уплотнения активного ила.

Процесс очистки нуждается в создании благоприятных условий для жизнедеятельности биомассы, на состояние которой влияют многие факторы как нерегулируемые, так и регулируемые.

К первым относятся качество сточной воды (БПК, содержание взвешенных веществ, других примесей, температура), а иногда продолжительность пребывания в аэротенке.

К регулируемым факторам следует отнести нагрузку на активный ил, создаваемый в аэротенке кислородный режим и возраст активного ила.

Одной из главных задач эксплуатации аэротенков является регулирование технологических параметров процесса в зависимости от фактического изменения нерегулируемых параметров.

Активный ил аэротенков подвержен сезонным температурным влияниям. Его адаптация к изменившимся температурам требует некоторого времени. Ил должен адаптироваться и к другим изменениям качества воды, например, к уменьшению или увеличению БПК. В период адаптации возможно «вспухание» ила в связи с появлением в его составе нитчатых микроорганизмов, что ухудшает работу вторичных отстойников.

Нагрузка на активный ил регулируется изменением его дозы, для чего увеличивается или уменьшается выведение из системы «аэротенк – вторичный отстойник» избыточного ила. Эта операция приводит к ряду последствий, которые нужно предвидеть, контролировать и ограничивать.

Повышение дозы связано с уменьшением илового индекса, а следовательно, с ухудшением процесса разделения иловой смеси во вторичных отстойниках.

Такие последствия особенно ощутимы при увеличении дозы более 3–3,5 г/л.

Рост дозы активного ила требует усиления кислородоснабжения иловой смеси.

Коэффициент рециркуляции активного ила, его доза и иловый индекс взаимосвязаны. Дозы ила зависят от качества сточной воды и не должны приниматься произвольно. Обычно они находятся в пределах 1,5–3 г/л; иловый индекс ограничивается, как максимум 130 см/г. Коэффициенты рециркуляции назначаются в зависимости от способа сбора осадка во вторичном отстойнике и, как минимум, равны 0,4 при оборудовании отстойника скребками, 0,3 – илососами и 0,6 – при стекании осадка по уклону дна отстойника.

Как следует из табл. 8.3, составленной по формуле [52] СниП [43], минимальные дозы активного ила в первом случае равны 2,20 г/л, во втором – 1,77 г/л, в третьем – 2,9 г/л.

Разумеется, упомянутая формула отражает лишь существующие тенденции и в условиях эксплуатации экспериментально уточняется.

В случаях, когда в аэротенке очищается мало загрязненная сточная вода, дозы ила применяются более низкими.

Для лучшего разделения иловой смеси предусматривается реконструкция вторичных отстойников, либо переход на обработку иловой смеси коагулянтами, т. е. на режим симультанного осаждения [18].

Таблица 8.3

**Минимальные дозы активного ила
в зависимости от коэффициента рециркуляции**

| R_i | a_i , г/л | | |
|-------|-------------|-------------|-------------|
| | $J_i = 70$ | $J_i = 100$ | $J_i = 130$ |
| 0,3 | 3,30 | 2,30 | 1,77 |
| 0,4 | 4,06 | 2,88 | 2,20 |
| 0,5 | 4,76 | 3,33 | 2,56 |
| 0,6 | 5,30 | 3,77 | 2,90 |

Когда из аэротенков во вторичный отстойник поступает активный ил, содержащий еще неразрушенные органические загрязнения, то необходима его регенерация, тогда загрязнения разрушаются в два приема – в аэротенке и в регенераторе.

В аэротенках с регенераторами осредненная доза ила повышается

$$a_{cp} = a_i(1 - \beta) + a_r\beta,$$

где β – соотношение вместимостей регенератора и всего сооружения; a_i, a_r – дозы активного ила в части сооружения, занятого иловой смесью, и в регенераторе.

Например, если регенератор занимает 25 % вместимости аэротенка, т. е. $\beta = 0,25$, $a_i = 2 \text{ г/л}$, $a_r = 7 \text{ г/л}$, $a_{cp} = 3,25 \text{ г/л}$. Концентрация ила в иловой смеси, поступающей во вторичный отстойник, остается равной $a_i = 2$.

Для иллюстрации эффективности применения регенераторов как способа увеличения окислительной мощности аэротенков, т. е. уменьшения БПК сточной воды за сутки в расчете на 1 м³ полезной вместимости сооружения приводим таблицу, заимствованную из [52].

Концентрация активного ила в иловой смеси равна 1,5 г/л, за единицу принята окислительная мощность аэротенка, работающего без регенератора.

Таблица 8.4
**Изменение относительной окислительной мощности
при регенерации активного ила**

| | | | | |
|-------------------------------------------------|-------------|-----|------|-----|
| Объем регенератора в процентах от общего объема | Отсутствует | 25 | 33,3 | 50 |
| Относительная мощность системы | 1,0 | 1,8 | 2,0 | 2,5 |

При пусконаладочных работах после наладки систем циркуляции ила и аэрации производится наращивание активного ила и образуется необходимый для очистки биоценоз. Обычно активный ил выращивается в аэротенке в теплый период года. В течение 2–3 суток через аэротенк пропускают воду после механической очистки, причем, расход составляет 20–50 % от расчетного. Выпадающий во вторичном отстойнике осадок полностью возвращают в аэротенк. Затем подача воды в аэротенк прекращается, но продолжается циркуляция воды в системе «аэротенк – вторичный отстойник». Как рекомендуется в [52], для питания микрофлоры по 2–3 часа ежесуточно в аэротенк из первичного отстойника добавляют осветленную сточную воду с таким расчетом, чтобы на 1 г беззольного вещества образовавшегося ила за сутки поступало 250–350 мг/л загрязнений по БПК₅.

Пример 8.3

Вместимость аэротенка $W_{at} = 1200 \text{ м}^3$, содержание активного ила (по беззольной части) $a'_i = 100 \text{ г/м}^3$, БПК₅ сточной воды после механической очистки $L_{en} = 150 \text{ г/м}^3$, продолжительность подачи осветленной воды в аэротенк для наращивания биомассы $t = 3$ часа в сутки, нагрузка на беззольную часть осадка $d = 0,3 \text{ г/м}^3$ по БПК₅.

Определить расходы сточной воды для наращивания биомассы.

Решение

1. Масса осадка в аэротенке

$$M = a_i' W_{at} = 100 \cdot 1200 = 120000 \text{ г.}$$

2. Количество добавляемой сточной воды

$$W_b = \frac{M_d}{L_{en}} = \frac{120000 \cdot 0,3}{150} = 240 \text{ м}^3.$$

3. Часовой расход добавляемой сточной воды

$$Q = \frac{240}{3} = 80 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

За наращиванием активного ила ведется контроль. Вывод аэротенка в нормальную эксплуатацию производится при постепенном увеличении расхода воды после того, как объем ила в пробе иловой смеси будет составлять 25–30 %, в воде появятся нитраты и растворимый кислород. Нарашивание активного ила продолжается не менее месяца, но проходит быстрее, если в аэротенк вводить активный ил из других, уже эксплуатируемых аэротенков.

Количество подаваемого в аэротенк воздуха зависит от загрязненности и температуры воды, концентрации активного ила и других факторов.

Схема с изменяемым местом ввода стоков по длине аэротенков (рис. 8.14), несколько сглаживает неравномерность в потреблении кислорода. Конструкция аэраторов влияет на использование воздуха. В частности, при увеличении соотношения площадей, занимаемых аэраторами и дном аэротенка (при прочих равных условиях), необходимый удельный расход воздуха

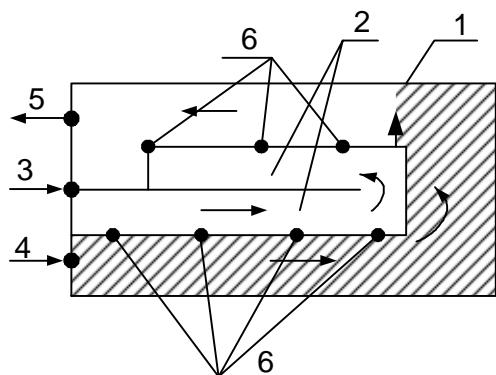


Рис. 8.14. Схема с изменяемым местом ввода стоков по длине аэротенков: 1 – аэротенк; 2 – лоток для сточной воды; 3 – подача сточной воды; 4 – подача активного ила; 5 – отведение иловой смеси во вторичный отстойник; 6 – шиберы для окон подачи сточной воды

уменьшается (рис. 8.15). Заметим, что применение современных трубдиспергаторов воздуха, например, марки «Экополимер» или «Полинор А», занимающих до 50 % и более площади дна аэротенка, обеспечивает предельно экономное расходование воздуха.

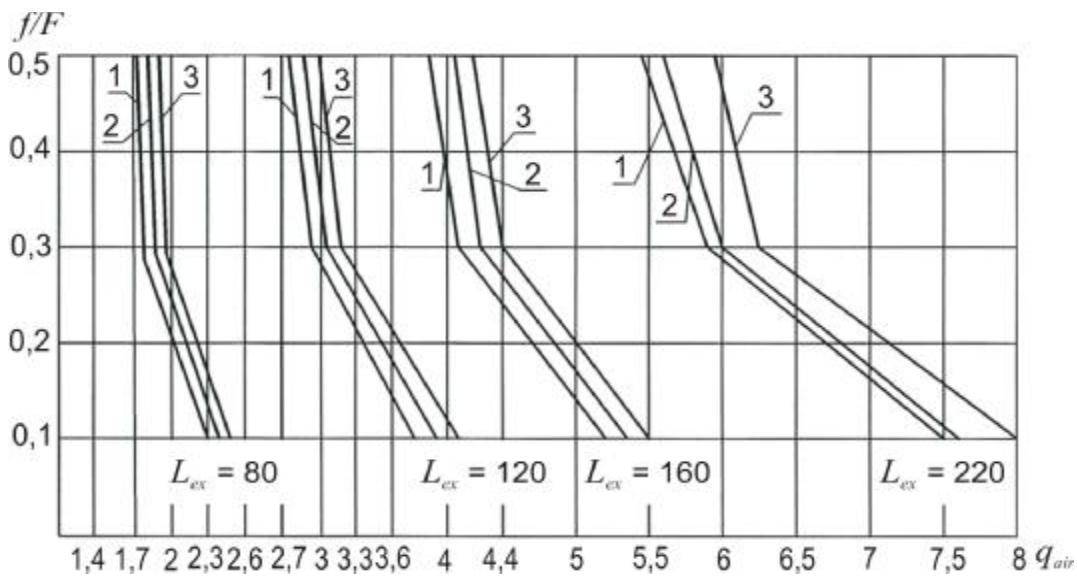


Рис. 8.15. Зависимость удельного расхода воздуха на аэрацию q_{air} от соотношения площадей f/F и температуры воды Т при разных значениях L_{en} мг/л: 1 – $t = 10^{\circ}\text{C}$; 2 – $t = 14^{\circ}\text{C}$; 3 – $t = 20^{\circ}\text{C}$ (F – площадь дна аэротенка, f – площадь дна, занимаемая аэраторами)

Размещение аэраторов у продольных стен коридоров создает наилучшие условия перемещения и контакта активного ила и водных примесей. Если принять за основу минимальные интенсивности аэрации по [43], то градиент скорости перемешивания должен составлять около 25–30 1/с.

В настоящей работе рассматривается эксплуатация и управление работой аэротенков – вытеснителей с регенераторами и пневматической тонкопузырчатой аэрацией.

Производственная работа и контроль. Операторы выполняют следующие производственные операции:

- регулируют распределение сточной воды и циркулирующего активного ила между аэротенками, и иловой смеси между вторичными отстойниками;
- изменяют расходы циркулирующего активного ила;
- удаляют избыточный активный ил;
- регулируют расходы воздуха, подаваемого для аэрации в коридоры аэротенков;
- изменяют места подачи сточной воды в коридоры аэротенка, меняя этим вместимости регенераторов;
- производят гашение пены в случаях ее образования;
- ликвидируют всухание активного ила;
- включают и выключают отдельные секции аэротенков;
- включают, выключают и регулируют работу оборудования на иловых насосных станциях;

– промывают при необходимости иловые каналы и трубопроводы, содержат в необходимом порядке рабочие места.

При производственном контроле измеряются расходы сточных вод, циркулирующего активного ила, сжатого воздуха, отбираются пробы иловой смеси для определений, необходимых при управлении процессом очистки (см. ниже), измеряются значения параметров рабочих насосов.

Операторы ведут наблюдение за процессом аэрации, обращая внимание на места интенсивного выделения воздуха, что свидетельствует о повреждениях в воздухораспределительной системе, или на места вялого выделения воздуха в местах засорения этой системы.

Особого внимания требует регулировка и распределение воздуха. Концентрация кислорода в иловой смеси не должна быть менее 1,5–2,0 мг/л, так как возможно снижение эффекта очистки; с другой стороны, чрезмерное насыщение кислородом бесполезно, приводит к ненужному перерасходу воздуха и удорожанию очистки. Современная аппаратура, позволяющая оперативно и на месте определять содержание кислорода в воде, создает условия для постоянного контроля за аэрацией иловой смеси.

Операторы при помощи щупов или приборов следят за поддержанием активного ила во взвешенном состоянии в пределах всего аэротенка. Образование отложений ила недопустимо и чаще всего связано с недостаточной интенсивностью аэрации. Иногда причина отложений объясняется чрезмерным утяжелением хлопьев активного ила тонкодисперсными минеральными примесями, содержащимися в сточной воде.

При уменьшении расходов воды на длительный период времени, по указанию диспетчера отключается часть секций аэротенков со спуском воды или с ее сохранением в сооружении.

При последующем включении таких секций в работу следует предварительно освободить фильтросные каналы или трубы от воды. С этой целью открываются вентили на водосбросных стояках, немного (на 2–3 оборота) – задвижку на воздушном стояке, и постепенно воздухом вытесняют воду из фильтросного канала или трубы. После завершения указанной операции водовыбросные стояки отключаются, а расход подаваемого воздуха в течение 4–6 часов постепенно увеличивается до расчетного. Такая операция должна выполняться очень аккуратно, так как систему диспергирования и распределения воздуха легко повредить.

В зависимости от изменений качества воды аэротенки часть года могут работать с регенераторами или без них, причем вместимость регенераторов меняется по указанию технолога.

В двухкоридорных аэротенках под регенератор может быть выделен первый коридор ($\beta = 0,5$), в трехкоридорных – первый и второй коридоры ($\beta = 0,33$ или $0,66$), в четырехкоридорных – первый, первые два или три

коридора ($\beta = 0,25; 0,50; 0,75$). На рис. 8.14 показана схема двухкоридорного аэротенка с подачей воды в одну из точек (2, 4, 5, 6, 7, 8), за счет чего объем регенераторов может изменяться в широких пределах. На рисунке заштрихована область регенерации в условиях подачи воды в точке 5. Открытие соответствующих шиберов на лотке подачи воды производится по указанию технолога.

Активный ил из вторичных отстойников удаляется либо непрерывно, либо достаточно часто.

Иногда из 1–2 отстойников, входящих в состав блока, ил отводится на обработку как избыточный, а из остальных подается в аэротенки как рециркуляционный.

В зависимости от принятых значений коэффициентов рециркуляции ил из радиальных вторичных отстойников собирается и удаляется при помощи скребковых механизмов или илососов.

Условия обслуживания вторичных отстойников связаны с необходимостью сохранения жизнеспособности биомассы. Не допускается перерывов в аэрации активного ила более чем на 4–6 часов, поэтому продолжительность его пребывания в зоне уплотнения строго контролируется. За уровнем осадка следят при помощи датчиков с фотоэлементами, либо путем регулярного отбора проб эрлифтами.

Крупные радиальные вторичные отстойники оборудуются илососами. Илососы представляют собой врачающиеся механизмы с электроприводом, илоотводящие системы которых включают сосуны на иловых трубах, присоединенных к илосборным камерам. Отсос ила происходит под напором, равным перепаду уровней в отстойнике и в этой камере.

В других случаях радиальные отстойники оборудуются скребковыми механизмами той же конструкции, что и применяющиеся для первичных отстойников. Различие заключается лишь в устройстве скребков, которые для вторичных отстойников устанавливаются вертикально.

Продолжительность пребывания активного ила в зоне уплотнения должна быть достаточной для снижения его влажности до 99,9–99,95 % и не превышать 40–45 мин по условиям сохранения аэробных условий.

Толщина слоя уплотняемой иловой смеси поддерживается в пределах 50–70 см. При меньшей глубине влажность удаляемой иловой смеси понижается и при работе илососов возникают завихрения, в результате чего к сосунам поступает мало уплотненный или неуплотненный ил.

Сосуны илососов размещаются на радиальных илоотводящих трубах так, чтобы илозаборная щель находилась на расстоянии около 20 см от дна отстойника.

В процессе эксплуатации илоотводящие трубы и илососы часто заметно приподымаются, что в [41] объясняется накоплением в трубах газов, про-

дуктов анаэробного сбраживания иловых отложений на внутренних стенках труб. Авторы упомянутой работы рекомендуют дооборудовать илосборные трубы илососов вертикальными газоотводящими стояками, выведенными выше уровня иловой смеси в отстойнике. Кроме того, в профилактических целях следует регулярно промывать илоотводящие трубы.

«Завалы» ила, образующиеся прежде всего за пределами области действия сосунов илососов или скребков скребковых механизмов, являются местами, где происходят анаэробные процессы сбраживания осадка и восстановление нитратов до газообразного азота. Флотирующий осадок выносится на поверхность отстойников и повышает содержание в очищенной воде БПК и взвешенных веществ. «Завалы», в частности, образуются по периметру отстойника, в местах сопряжения днища и стенки.

В процессе эксплуатации места завалов должны обнаруживаться и регулярно промываться.

При изменении условий, к которым адаптирована микробиальная масса, в аэротенке могут развиваться нитчатые микроорганизмы, вызывающие «вспухание» активного ила из-за чего разделение иловой смеси во вторичных отстойниках ухудшается. Для устранения сезонного вспухания, вызванного понижением температур наружного воздуха, усиливают аэрацию иловой смеси, а иногда производят добавку биогенных веществ (азота и фосфора в виде растворов суперфосфата и аммиачной селитры). Если процесс вспухания получил необратимое развитие, аэротенк и вторичный отстойник опорожняются, сооружения промываются и включаются в работу после наращивания необходимого количества новой биомассы. При этом используется активный ил из нормально работающих секций аэротенков. В случае отключения всего блока биологической очистки процесс наращивания активного ила оказывается достаточно длительным.

Затруднения в работе аэротенков иногда вызываются обильным пенобразованием, и объясняются повышением содержания в городском стоке поверхностно-активных веществ, сульфатов, белковых соединений и некоторых других примесей.

Для борьбы с пенобразованием аэротенки оборудуются техническим водопроводом и системой душевых насадок. При их включении пена гасится. В некоторых случаях для гашения пены применяют химические пеногасители, например, пропинол Б-400, доза которого составляет около 20 мг/л. Такая доза достаточна для разрушения пены и не действует угнетающе на клетки активного ила.

Дежурный персонал блока биологической очистки на аэротенках фиксирует в рабочих журналах:

– количество часов работы каждой секции аэротенков, вторичных отстойников, механизмов и насосов;

- количество поступившей на каждую секцию блока аэротенков сточной воды и в каждый вторичный отстойник – иловой смеси;
- количество выгруженного возвратного и избыточного активного ила с указанием куда был направлен последний;
- среднюю концентрацию возвратного активного ила после 30 мин отстоят, в процентном объеме;
- среднесуточную температуру очищаемой воды и наружного воздуха;
- температуру и давление сжатого воздуха в конце воздухопровода; подачу воздуха в каждую секцию аэротенков;
- результаты контроля уровней воды во вторичных отстойниках;
- регистрируемые параметры работы иловых насосов;
- замечания о неполадках в работе блока биологической очистки и их устранении.

Технологический контроль. Помимо измерений расходов воды, активного ила, иловой смеси, сжатого воздуха и электроэнергии, которые выполняются операторами блока биологической очистки и относятся к производственному контролю, оценивается состояние процесса очистки.

Согласно [24] технологический контроль процесса очистки сточных вод в аэротенках предусматривает проведение ряда контрольных анализов, перечень которых приводится в табл. 8.5.

Таблица 8.5

**Технологический контроль работы аэротенков
и вторичных отстойников**

| Анализы | Частота отбора, вид проб |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1. Содержание взвешенных веществ в очищенной воде | Непрерывный отбор, среднесменная проба |
| 2. Полный или сокращенный санитарный анализ воды до и после сооружений | Разовая проба, один раз в декаду |
| 3. Доза активного ила в аэротенке, регенераторе, канале | Разовые пробы, отбор – один раз в сутки |
| 4. Содержание растворенного кислорода в очищенной воде | 1–2 раза в сутки, разовые пробы |
| 5. Контроль качества активного ила (дозы в объемных и массовых долях, иловый индекс, оседаемость, микроскопирование) | Два раза в декаду, разовые пробы |
| 6. Тоже: гигроскопическая влажность, зольность, общий азот, фосфор/гельминтологический анализ | 1 раз в месяц |

Качество биологической очистки оперативно оценивается по содержанию взвешенных веществ, поскольку обнаружена близкая связь этого показателя и БПК очищенной воды.

Перечисленные виды технологического контроля не позволяют, однако, следить за ходом процесса на разных стадиях очистки, своевременно выявить ухудшение состояния ила, достаточность аэрации, полноту регенерации и обеспечить управление этим процессом.

Условия жизнедеятельности микробиальной массы в очень большой степени зависят от нагрузки по БПК на беззольное вещество активного ила. В расчетах ориентируются на среднесуточное значение этого показателя, но фактические нагрузки в разные периоды суток существенно отклоняются от средних значений. Активный ил не успевает адаптироваться к таким колебаниям, что отрицательно сказывается на результатах очистки (рис. 8.17).

Напомним, что перегрузка активного ила приводит к недостаточному выделению ферментов и к неполной очистке, а недогрузка – к самопроизвольному автолизу (самоокислению) ила и к ухудшению его седиментационных свойств [5].

Как отмечалось, содержание кислорода в иловой смеси поддерживается на уровне 2–4 мг/л, в регенераторах – несколько ниже (0,6 мг/л и более).

Ориентировочно считают, что на 1 кг снятой БПК расходуется 40–60 м³ воздуха, а в аэротенках, где происходит нитрификация – до 100–180 м³.

Косвенно на качество очистки в аэротенках указывает и значение мощности редокс-системы.

О состоянии биоценоза аэротенков можно судить по результатам микроскопирования, в ходе которого оценивается состояние индикаторных организмов. О хорошем состоянии ила свидетельствует разнообразие простейших, преобладание одного из видов. Всегда отмечается присутствие инфузорий *Aspilisca* и зооглей. Простейшие подвижны и находятся в оживленном состоянии. Хлопок ила плотный и компактный, быстро оседающий при отстаивании.

Ил из регенераторов имеет повышенное содержание прикрепленных инфузорий и зооглей. При чрезмерной регенерации и развитии процесса автолиза увеличивается содержание крупных, свободно плавающих инфузорий, происходит распад хлопка ила.

В голодающем иле размеры простейших уменьшаются, часть инфузорий превращается в цисты. Зооглеи и хлопки ила прозрачны, при оседании остается тонкая муть.

Перегруженному илу свойственно однообразие состава простейших при явном преобладании двух-трех видов и значительное количество мелких инфузорий. В хлопке ила присутствуют разнообразные непереработанные включения. Хлопок темного цвета, плотный, после оседания вода над илом с опалесценцией.

При недостатке кислорода многие простейшие неподвижны, инфузории *Vorticella* раздуваются и лопаются. Сохраняется лишь инфузория *Paramecium Candatum*, а так же разнообразные жгутиковые. Хлопки ила распадаются. Наиболее объективный анализ работы аэротенков может быть получен только при определении биохимических характеристик активного ила.

В работе [46] состояние активного ила при разных нагрузках предлагаются оценивать путем измерения окислительно-восстановительного потенциала смеси активного ила и очищенной сточной воды.

Как известно, окислительно-восстановительный потенциал характеризует аэробность среды. После длительного продувания через иловую смесь азота значение потенциала сравнительно с первоначальным уменьшится на величину ΔE пропорционально количеству окисленных в аэротенке загрязнений, выраженных в БПК. Такая связь существует только при обязательном условии, что ил находится в нормальном рабочем состоянии и не подвергается воздействию токсических веществ.

График на рис. 8.16 получен путем статистической обработки материалов измерений на очистных сооружениях г. Тушино и г. Красногорска Московской области.

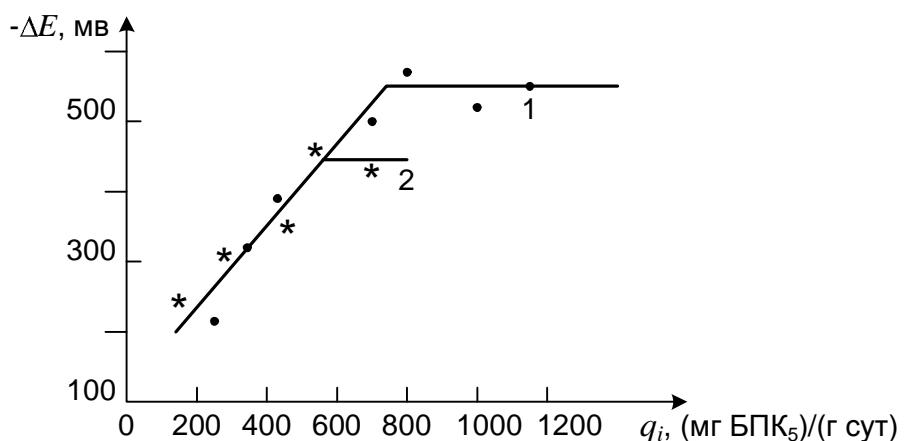


Рис. 8.16. $-\Delta E = f(q_i)$ по результатам обработки экспериментов [46]: 1 – г. Тушино (*); 2 – г. Красногорск (●)

Из графика следует, что с ростом нагрузки на активный ил повышается и количество окисленных загрязнений, но при достижении некоторой предельной нагрузки зависимость полностью нарушается (значение ΔE перестает изменяться).

Это объясняется тем, что активный ил нуждается в длительной адаптации к сложившимся условиям и не в состоянии окислить такое количество загрязнений [5].

В нормах проектирования максимальная нагрузка на активный ил рекомендуется 600 мг/г·сут. Для реальных условий предельная нагрузка может определяться экспериментально и корректироваться по показателю ΔE .

Процесс биохимической очистки в условиях изменяющихся нагрузок по органическим загрязнениям, расходов сточных вод, температур и др., объективно оценивается биохимическими характеристиками активного ила – дегидрогеназной активностью и скоростью потребления кислорода.

Дегидрогеназная активность, характеризующая скорость ферментивных реакций, зависит от загруженности активных центров молекул фермента дегидрогеназы. Если активные центры фермента насыщены, т. е. соединены с субстратом полностью, дополнительное введение субстрата перестает влиять на скорость реакции, но если они в процессе очистки освободились – скорость реакции при добавке субстрата возрастает.

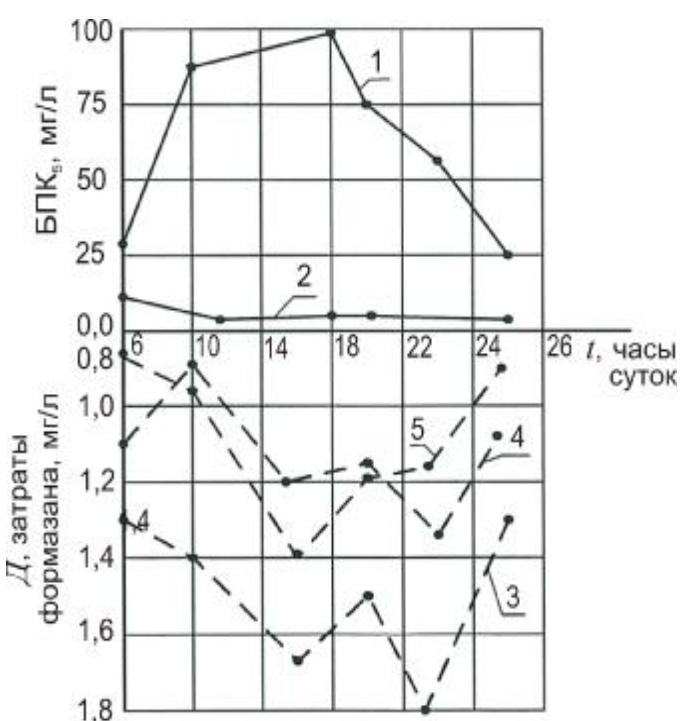


Рис. 8.17. Изменение БПК₅ и дегидрогеназной активности по [8]: 1 – БПК₅ = $f(t)$ исходная вода; 2 – БПК₅ = $f(t)$ очищенная вода; 3 – $D_2 = f(t)$; 4 – $D_1 = f(t)$; 5 – $D_3 = f(t)$;

а также изменения дегидрогеназной активности ила на выходе иловой смеси после аэротенков [8].

Аэротенки работали без регенерации ила, причем БПК сточной воды в течение суток изменялось от 100 до 25 мг/л; качество очищенной воды было стабильным и БПК₅ не превышала 10–12 мг/л. Дегидрогеназная активность ила также соответственно менялась в течение суток.

В дневные часы, когда нагрузка на ил возрастила, его дегидрогеназная активность, определенная для очищенной воды, оказывалась большей,

Дегидрогеназная активность оценивается по затрате химического реагента формазана D мг на 1 г активного ила.

При анализе сравниваются измеряемые значения D для трех условий: D_1 – для смеси активного ила со сточной водой на данный момент очистки; D_2 – то же с неочищенной сточной водой и D_3 – то же с дехлорированной водопроводной водой.

На любом промежуточном этапе очистки $D_1 < D_2$. Если ил содержит остаточные загрязнения $D_1 > D_3$, а если полностью регенерирован, то $D_1 < D_3$.

На рис. 8.17 приводятся почевые графики изменения БПК₅ исходной и очищенной воды на Тушинской станции аэрации г. Москвы (исследования 1967–1968 гг.),

чем для питьевой. Следовательно, активный ил на выходе из аэротенка не был полностью регенерирован и содержал неокисленные сорбированные примеси. Это особенно заметно в 16 и около 23 часов и совпадает с максимальной загрязненностью неочищенной воды. Вочные часы (при БПК менее 50 мг/л) положение менялось.

Результаты приведенных исследований свидетельствуют о значительных изменениях состояния активного ила в течение суток, что следует учитывать при эксплуатации.

Показателем состояния активного ила также может служить удельная скорость поглощения кислорода. Респиromетром измеряется часть общего потребления кислорода, затрачиваемая только на собственные энергетические нужды клеток, так называемая эндогенная респираторная активность. Между этим показателем и нагрузкой по БПК, отнесенными к единице массы беззольного вещества клеток, существует четкая связь (рис. 8.18). Из рисунка следует, что при нагрузке на ил по БПК более 300–500 мг на 1 г биомассы респираторная активность растет медленнее, чем нагрузка, состояние ила ухудшается. Если активный ила регенерирован, удельная респираторная активность снижается до 10 и менее $\text{мг}\cdot\text{O}_2/\text{г}\cdot\text{час}$, что отвечает фазе эндогенного дыхания.

Те или иные исследования качества активного ила проводятся для выяснения причин ухудшения работы аэротенков и необходимы при разработке мер по оптимизации условий биохимической очистки.

Управление процессом очистки в аэротенке. При эксплуатации аэротенков нагрузка на активный ил в течение суток может колебаться в значительных пределах, иногда изменяется в 5–10 раз [9]. Это связано как с изменениями БПК исходной воды, так и с ее расходами.

Длительная перегрузка ила приводит к увеличению илового индекса и в конечном счете к всуханию. В том и в другом случае нарушается и ухудшается работа вторичных отстойников. Достаточно длительная пониженная нагрузка переводит ил в состояние автолиза, вызывает появление плотных, но мелких хлопков, что также уменьшает иловый индекс (рис. 8.19).

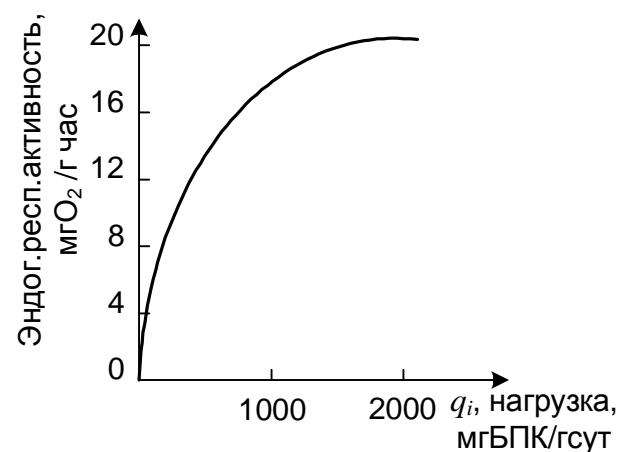


Рис. 8.18. Зависимость удельной эндогенной респираторной активности ила от удельной нагрузки на него [14]

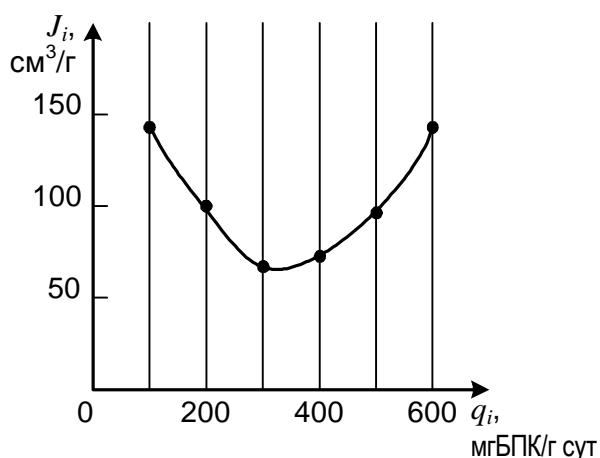


Рис. 8.19. Зависимость илового индекса от нагрузки на ил для городских сточных вод

Адаптация ила к нерасчетным и чрезмерным повышенным или пониженным нагрузкам происходит постепенно и занимает несколько недель.

Продолжительность наращивания дозы ила на Δa определяется по зависимости

$$t_{\text{наращ}} = \frac{\Delta a}{0,85 \Delta L},$$

где ΔL – расчетное снижение БПК сточной воды в аэротенке; $t_{\text{наращ}}$ – продолжительность процесса наращивания, ч.

Пример 8.4

Определить продолжительность процесса наращивания дозы активного ила на $\Delta a = 1,0$ г/л, если $\Delta L = 100$ мг/л или 0,1 г/л.

Решение

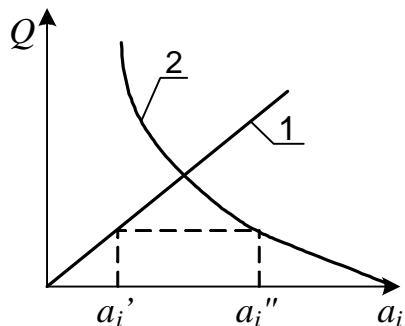


Рис. 8.20. График совместной работы аэротенка и вторичного отстойника

сточной воды от дозы активного ила для аэротенка и вторичного отстойника (рис. 8.20).

Прямая 1 построена для зависимости $Q_{at} = \frac{W_{at}}{t} = K_1 a_i$, где t – продолжительность аэрации с учетом формулы (48)–(51) и (54)–(59), а кривая 2 $Q_{ssa} = K_2 a_i^x$ – с использованием формулы (67) СниП [43].

Как следует из рис. 8.20, при расходе Q_p аэротенк и вторичный отстойник могут совместно работать при различных дозах активного ила – от a'_i до a''_i . Если доза окажется меньше a'_i , то аэротенк не обеспечит требуе-

$$t_{\text{наращ}} = \frac{1,0}{0,85 \cdot 0,1} = 12 \text{ ч.}$$

Возможность изменения доз активного ила ограничена двумя условиями: сохранением допустимых значений илового индекса и способностью вторичного отстойника обеспечить необходимую степень разделения иловой смеси.

В работе [20] последнее обстоятельство предлагается оценивать путем построения совмещенных графиков зависимости расхода

мой степени очистки воды, а если она превысит a''_i , то вторичный отстойник не сможет снизить концентрацию ила в отстоянной воде до нужного значения a_t .

Для изменения доз активного ила используются три способа: увеличивается или уменьшается сброс избыточного активного ила, активный ил накапливается в регенераторах и меняется их вместимость, изменяется коэффициент рециркуляции. Последний способ наиболее удобен, но ограничен пропускной способностью илопроводов и условиями эксплуатации вторичных отстойников (рис. 8.20).

В [17] приводится описание алгоритма управления блоком «аэротенк–вторичный отстойник», предложенного американскими специалистами.

В качестве независимых контролируемых параметров, изменение которых требует регулировки, принимаются: седиментационная характеристика активного ила, скорость потребления кислорода (или эндогенная активность ила), нагрузка на ил по БПК₅.

Седиментационная характеристика определяется по объему ила, осажденного при пятиминутном отстаивании одного литра иловой смеси, скорость потребления кислорода измеряется при помощи респирометра, нагрузка на ил рассчитывается по результатам анализов проб сточных вод взятых до и после биологической очистки.

Значения параметров могут оказаться пониженными, нормальными или высокими (табл. 8.6, П, Н, В).

Нормальными значениями считают: для седиментационной характеристики – 400–600 мл/л, для скорости поглощения кислорода – от 12 до 20 мг/г в час, для нагрузки на ил – 250–400 мг. БПК₅ на г беззольной части осадка в сутки. Поскольку каждый из трех параметров может находиться в трех диапазонах значений, всего существует $3^3 = 27$ вариантов ситуаций (табл. 8.6).

В таблице способы регулирования обозначены следующим образом: ВО – время пребывания активного ила в аэротенке при изменении вместимости регенераторов, Р – изменение коэффициента рециркуляции, ИИ – изменение количества избыточного активного ила. Стрелка, направленная вверх, означает увеличение или усиление соответствующей операции, а вниз – уменьшение.

Устойчивой считается позиция № 14, для которой все параметры находятся в области нормальных значений.

В позициях 2, 5, 8, 11, 17, 20, 23, 26 нагрузка на ил нормальна и корректируются только два остальных параметра.

В других случаях нагрузка на ил недопустимо высокая или низкая и это при отсутствии регулировке приводит к необратимому нарушению процес-

са очистки с произвольным переходом из одной ситуации в другую, менее благоприятную.

Таблица 8.6

**Алгоритм регулировки работы блока
«аэротенк – вторичный отстойник»**

| № поз. | Седимента- ционная ха- рактеристика | | | Эндогенная характе- ристика | | | Нагрузка на ил | | | Корректировка | | | Пере- ход в поз. № |
|-----------|-------------------------------------------|---|---|-----------------------------------|---|---|-------------------|---|---|---------------|-----|-----|--------------------------|
| | П | Н | В | П | Н | В | П | Н | В | | | | |
| 1 | • | | | • | | | • | | | BO↓ | P↑ | Ии↑ | |
| 2 | • | | | • | | | | • | | BO↓ | P↑ | Ии↑ | |
| 3 | • | | | • | | | | | • | BO↓ | P↑ | | |
| 4 | • | | | • | | | • | | | P↑ | | Ии↑ | 1 |
| 5 | • | | | • | | | • | | | | | P↑ | 14 |
| 6 | • | | | • | | | | • | | P↑ | | | 27 |
| 7 | • | | | | • | • | | | | BO↑ | P↑ | | – |
| 8 | • | | | | • | | • | | | BO↑ | P↑ | | 26 |
| 9 | • | | | | • | | | | • | BO↑ | P↑ | | 18 |
| 10 | | • | • | • | | | • | | | P↓ | BO↓ | | 1 |
| 11 | | • | • | | | | | • | | BO↓ | | | 2 |
| 12 | | • | • | | | | | | • | BO↓ | P↑ | | 3 |
| 13 | | • | | • | | | • | | | P↓ | | | 10 |
| 14 | | • | | • | | | • | | | | | | |
| 15 | | • | | • | | | | | • | P↑ | | | 18 |
| 16 | | • | | | • | • | | | | BO↑ | P↓ | | 25 |
| 17 | | • | | | • | | • | | | BO↑ | | | 25 |
| 18 | | • | | | • | | | | • | BO↑ | P↑ | | 27 |
| 19 | | | • | • | | | • | | | P↓ | BO↓ | | 1 |
| 20 | | | • | • | | | | • | | P↓ | BO↓ | | 2 |
| 21 | | | • | • | | | | | • | P↓ | BO↓ | | |
| 22 | | | • | | • | | • | | | P↓ | | | 1 |
| 23 | | | • | | • | | | • | | | | P↓ | 14 |
| 24 | | | • | | • | | | | • | P↓ | | | 27 |
| 25 | | | • | | | • | • | | | BO↑ | P↓ | | |
| 26 | | | • | | | • | | • | | BO↑ | P↓ | | |
| 27 | | | • | | | • | | | • | BO↑ | P↓ | | |

В графе «Корректировка» указаны варианты действий в порядке их значимости и влияния на регулируемые величины; если недостаточна первая коррекция, проводится вторая и т. д.

В последней графе указываются позиции, в которые самопроизвольно переходит система при отсутствии регулировки.

В качестве примера в [17] рассмотрены две ситуации: выход из позиции 14 при внезапном увеличении нагрузки на ил (повышение БПК исходной воды) и при внезапном понижении нагрузки.

В первом случае ситуация переходит на позицию № 15. Если не изменять массу ила путем увеличения вместимости регенератора, то произойдет рост скорости потребления кислорода, возникновение его дефицита (позиция № 18) и далее всухание ила, ухудшение условий седиментации, вынос ила из вторичного отстойника (позиция № 27).

Режим из позиции 13 самопроизвольно переходит в режим позиции 10, при котором начинается автолиз и вынос из вторичных отстойников ила с дальнейшим переходом в позицию № 1. Для возврата из позиции 13 в позицию 14 следует уменьшить коэффициент рециркуляции и этим повысить нагрузку на ил; для возврата из позиции № 10 может оказаться необходимым уменьшить коэффициент рециркуляции, а затем – вместимость регенераторов.

Как следует из табл. 8.6, регулирование работы блока, находящегося в состоянии позиции № 1, потребует трех корректировок.

Регулировка связана с некоторыми дополнительными последствиями. При ней повышение нагрузки на активный ил влечет рост эндогенной респирационной активности, а, следовательно, должно сопровождаться интенсификацией аэрации и, наоборот, ее ослаблением при снижении нагрузки (рис. 8.18).

Увеличение сброса избыточного активного ила сопровождается уменьшением его возраста, что по мере адаптации клеток влияет на седиментационную характеристику (рис. 8.21).

Изменение возраста активного ила ограничивает допустимую нагрузку на него. Аэротенки, проектировавшиеся по [43], рассчитаны на возраст активного ила от 3 до 7 суток.

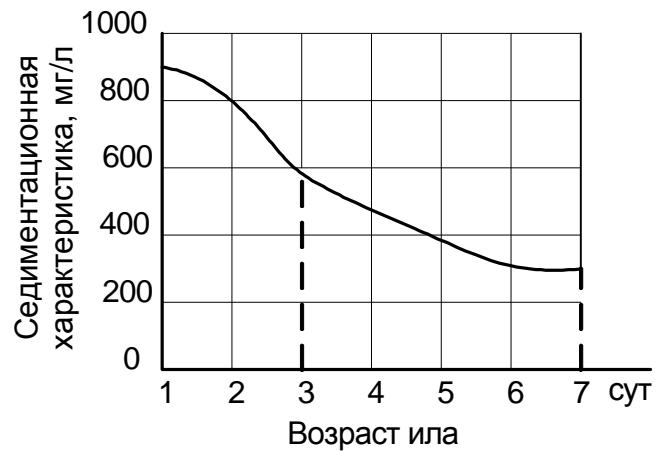


Рис. 8.21. Зависимость седиментационной характеристики от возраста активного ила

Планово-профилактический осмотр и планово-предупредительный ремонт. Осмотр аэротенков и отстойников с целью обнаружения явных неисправностей проводится операторами при приеме и в течение смены. Особое внимание, как отмечалось, обращается на работу системы пневматической аэрации, на равномерность и непрерывность подачи воздуха.

В ходе обслуживания отмечают различного рода неполадки в работе запорной арматуры (задвижки, вентили, шиберы), утечки воздуха через неплотности воздуховодов, а также возможные повреждения ограждений, переходов, лестниц, системы наружного электрического освещения блока сооружений. Внешний осмотр вторичных отстойников и оборудования насосных станций проводится так же, как и для первичных отстойников и других насосных станций.

ППО аэротенков требуется не реже двух раз в год. При осмотре желательно отключать отдельные аэротенки и частично опорожнять их с таким расчетом, чтобы воздушная распределительная сеть (фильтросные трубы или каналы) была бы заглублена на 15–20 сантиметров. При подаче в эту сеть воздуха легко определить места повреждений и его утечек, а также места засорения фильтров. После полного опорожнения коридора причины неполадок могут быть точно установлены.

Неизбежное засорение тонкопузырчатых аэраторов в первую очередь приводят к закупорке наиболее мелких пор и средний диаметр воздушных пузырьков увеличивается. Условия аэрации начинают приближаться к среднепузырчатой, имеющей меньшую окислительную способность. При ППО целесообразно проверять сомнительные участки аэраторов путем выемки последних и соответствующих испытания.

Равномерность выхода воздуха по длине коридора оценивается при помощи переносного колокола (перевернутого сосуда), снабженного воздухоизмерительным устройством [1]. Осматриваются внутренние поверхности коридоров, места накопления осевшего ила, производится очистка и промывка (профилактические работы).

Путем продувки отдельных участков воздуховода из него удаляется пыль и мелкая ржавчина, что указывает на неполадки в работе воздушных фильтров на воздуходувной станции и на коррозию стальных воздуховодов.

По необходимости, но не реже одного раза в год требуется текущий ремонт аэротенков. В частности, проверяются аэродинамические сопротивления фильтросных пластин и труб на тех участках, где предполагается их засорение. В процессе эксплуатации падение давления в фильтрах при расчетной пропускной способности по воздуху меняется в интервале от 200 до 700 мм. в. ст. Рост сопротивлений связан с засорением

фильтросов: снаружи солевыми отложениями, изнутри – пылью, содержащейся в подаваемом сжатом воздухе.

Засоренные снаружи фильтросные пластины чистят металлическими щетками под слоем воды толщиной 4–6 см и с одновременной продувкой воздухом. Имеется опыт промывки пластин 30 % раствором соляной кислоты, смесью хромовой и серной кислоты, едким натром. Выбор реагентов зависит от характера солевых отложений. Применяются и другие способы регенерации по рекомендациям заводов-изготовителей.

В [52] подчеркивается, что регенерация дает непродолжительный эффект и через 6–10 месяцев фильтры снова засоряются.

При замене фильтров подбираются пластины, имеющие одинаковую проницаемость. В противном случае невозможно обеспечить равномерное распределение воздуха. Для нормальных условий эксплуатации срок замены аэраторов составляет 4–7 лет [36].

Воздухораспределительные системы с фильтровами являются наиболее «слабым» элементом аэротенков. К основным недостаткам этих систем относят быстрый рост аэродинамических сопротивлений фильтровых пластин, что приводит к неравномерному распределению воздуха по длине каналов, к уменьшению расходов воздуха и к ухудшению качества очистки. Кроме того, фильтровые системы сложны в монтаже продолжительность которого нередко составляет несколько месяцев.

Поэтому при капитальном ремонте аэротенков целесообразно рассматривать возможность замены систем аэрации более современными.

Так, например, аэрационные системы «Экополимер» с пневматическими трубчатыми аэраторами лишены основных недостатков фильтровых систем, а падение давления при прохождении воздуха через стенку двухслойной трубы в несколько раз меньше, чем у фильтров.

В результате замены фильтровых систем системами «Экополимер» на 32 станциях аэрации Украины и России повышение эффекта очистки воды по БПК составило, в среднем, около 5 %, а затраты электрической энергии на аэрацию уменьшились [27].

Подача воздуха в заполненные водой фильтровые каналы и трубы (аэраторы) нередко приводит к гидравлическим ударам и повреждениям.

Часть повреждений возникают в местах присоединения к фильтровым каналам и трубам воздушных стояков и водовыходных труб.

При ППР ремонтируется запорная арматура, трубы, оборудование. Производится торировка водоизмерительных и воздухоизмерительных устройств, замена и поверка КИП.

Одной из особенно важных и внеочередных ремонтных работ является устранение повреждений воздухораспределительных систем.

Капитальный ремонт аэротенков проводится по необходимости, но не реже одного раза в 10 лет. При ремонте устраняются повреждения наружных стен и днища, частично заменяются трубопроводы, задвижки и распределительные устройства.

Анализ и оценка качества работы блока «аэротенки-вторичные отстойники». Безотказность функционирования блока биологической очистки с аэротенками оценивается по результатам контроля за качеством очищенной воды. Как отмечалось, контролируются такие параметры, как БПК, взвешенные вещества, нитраты, содержание растворенного кислорода.

По условиям работы илового хозяйства благоприятным обстоятельством считается минимальный прирост активного ила по объему и по массе.

Аэротенки с пневматической аэрацией отличаются большой энергоемкостью, а показатель экономичности особенно важен при оценке качества их эксплуатации.

Как и в других случаях, причина снижения качества эксплуатации заключается в ошибках при выборе режима и в выполнении производственного регламента, а также в неудовлетворительном техническом состоянии сооружений и оборудования.

Оптимизация режима работы блока биологической очистки путем оперативного регулирования требует большого объема контроля, что трудно осуществить на очистных сооружениях малой производительности.

Проведение периодического контроля позволяет технологу разработать технологические карты, отвечающие сложившимся условиям работы, и периодически их корректировать.

Для блока аэротенков большой и средней производительности целесообразно применять автоматизированное управление и контроль.

Если блок не регулируется и функционирует в одном постоянном режиме, неизбежны неэкономичность и случаи ухудшения качества очистки.

Решающую роль в работе аэротенков играет аэрация.

Удельный расход воздуха, затрачиваемый на аэрацию, зависит от БПК поступающей в аэротенк сточной воды (рис. 8.15). Например, при вполне возможном изменении в течение суток БПК стоков от 80 до 120 мг/л удельный расход воздуха должен повыситься более чем в 1,5 раза.

Особенно важно обеспечить кислородом следующие участки аэротенка: места поступления сточных вод, конечные участки, где проходит процесс нитрификации, начальные участки регенераторов. Если в этих местах не вести систематические наблюдения за содержанием кислорода в воде, т. е. опасность ухудшения результатов очистки. Средняя концентрация кислорода в воде (2 мг/л) должна рассматриваться как условная, необходимая для проведения расчетов на стадии проектирования. Желательно,

чтобы фактические концентрации в местах наиболее активного потребления кислорода были более высокими, а на выходе из аэротенка составляли бы 4 мг/л и более. Кроме того, как известно, интенсивность аэрации во всех случаях должна исключать разделение иловой смеси и осаждение ила в пределах коридоров аэротенков.

Нередко условия аэрации отличаются от оптимальных и наряду с участками, где создается избыточная аэрация, имеются и такие, где существует дефицит кислорода или происходит осаждение ила.

Главным образом, это вызывается разной степенью воздухопроницаемости фильтросов и фильтросных труб, а также неплотностями (трещины, изломы и др.), через которые интенсивно выходят пузыри сжатого воздуха. Такие дефекты, которые упоминались выше, должны оперативно выявляться и срочно устраняться. На неравномерный выход воздуха влияет и высотное положение фильтросов: они должны находиться на одних отметках, а фильтросные трубы прокладываться строго горизонтально.

В работе [26] высказывается мнение о том, что методика расчета системы аэрации аэротенков, принятая в Нормах [43] слишком схематична и не позволяет правильно учесть меняющуюся по длине аэротенка потребность ила в кислороде.

Для экономии воздуха в периоды, когда снижаются расходы сточной воды или ее загрязненность, а продолжительность аэрации может быть уменьшена, рекомендуется отключать часть секций аэротенков.

Ухудшение седиментационных свойств активного ила, что приводит к снижению эффекта очистки по взвешенным веществам и БПК, в одних случаях вызвано чрезмерным повышением его доз и возникновением во вторичных отстойниках условий стесненного осаждения, либо слишком низкой концентрацией иловой смеси (менее 1,0–1,5 мг/л), а в других – явлением «вспухания». В первом случае следует говорить о технологической ошибке, во втором – о нарушении требований к качеству исходной сточной воды (табл. 8.1).

Причины, по которым в сточную воду попали загрязнения, вызывающие вспухание, должны оперативно выявляться и приниматься организационные и технические меры, исключающие повторение таких ситуаций.

Как известно, прирост активного ила зависит от его возраста и определяется по зависимости

$$P_i = 0,8 C_{cdp} + K_g L_{en},$$

где для возраста 3–7 суток (проектные условия по СНиП) $K_g = 0,3$; C_{cdp} – содержание взвешенных веществ в воде перед аэротенками.

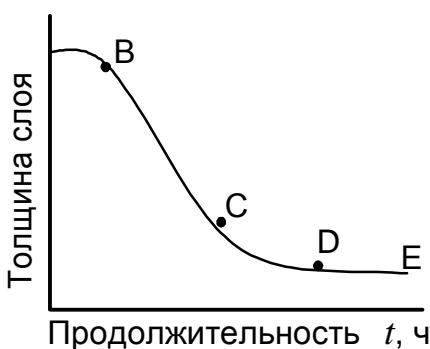


Рис. 8.22. График Кинша [9]

На участке АВ происходит быстрое осаждение ила. Участок ВС характеризуется постоянной скоростью осаждения. Участок СД отвечает условиям постепенного понижения. На участке DE происходит взаимный контакт частиц. Уплотнение активного ила во вторичных отстойниках должно соответствовать ситуации на участке ВС и зависит от свойств ила (присутствия в стоках производственных загрязнений, взвешенных веществ, от температуры и других факторов, влияющих на микробиальную массу). Скорость осаждения на этом участке составляет от 1,8 до 6,0 м/ч [9].

Ухудшение работы вторичных отстойников нередко вызывается поступлением вместе с иловой смесью продуктов, образующих на поверхности пену и пленки: СПАВ, жиров, нефтепродуктов. Сброс в аэротенки иловой воды из минерализаторов приводит к повышению содержания нитратов и нитритов. Восстановление азота до молекулярного в условиях, близких к анаэробным, ухудшает процесс разделения иловой смеси.

Наконец, ухудшение разделения может быть связано с высоким иловым индексом ила, и недостаточно эффективным режимом перемешивания иловой смеси в отстойниках.

Интенсификация работы блока «аэротенк-отстойник». Причина интенсификации – сохранение эффективности очистки при повышении загрязненности сточных вод или гидравлическая перегрузка сооружений.

Задача интенсификации нередко решается путем оптимизации совместной работы блоков механической и биологической очистки. В случае, если существующая схема очистки позволяет проводить преаэрацию и биокоагуляцию, удается разгрузить блок биологической очистки, сократив необходимую продолжительность аэрации иловой смеси, и этим повысить пропускную способность аэротенков.

Напомним, что нагрузка на активный ил должна поддерживаться на допустимом уровне, т. е. не ниже 100 мг/г сут.

Основной способ интенсификации – повышение дозы активного ила, поскольку при этом сокращается продолжительность аэрации иловой смеси. Ограничениями в повышении дозы являются минимальные нагрузки на активный ил, допустимые значения илового индекса (не более 130–150 см³/г),

В той части объема вторичных отстойников, которая выделена для уплотнения осадка, происходит его стесненное осаждение. На рис. 8.22 приведена графическая связь между толщиной слоя ила и продолжительностью уплотнения, так называемая кривая Кинша.

На участке ВС скорость осаждения является постоянной, а вогнутый участок СД отвечает условиям ее постепенного понижения.

На участке DE происходит взаимный контакт частиц.

Уплотнение активного ила во вторичных отстойниках должно соответствовать ситуации на участке ВС и зависит от свойств ила (присутствия в стоках производственных загрязнений, взвешенных веществ, от температуры и других факторов, влияющих на микробиальную массу). Скорость осаждения на этом участке составляет от 1,8 до 6,0 м/ч [9].

Ухудшение работы вторичных отстойников нередко вызывается поступлением вместе с иловой смесью продуктов, образующих на поверхности пену и пленки: СПАВ, жиров, нефтепродуктов. Сброс в аэротенки иловой воды из минерализаторов приводит к повышению содержания нитратов и нитритов. Восстановление азота до молекулярного в условиях, близких к анаэробным, ухудшает процесс разделения иловой смеси.

Наконец, ухудшение разделения может быть связано с высоким иловым индексом ила, и недостаточно эффективным режимом перемешивания иловой смеси в отстойниках.

Интенсификация работы блока «аэротенк-отстойник». Причина интенсификации – сохранение эффективности очистки при повышении загрязненности сточных вод или гидравлическая перегрузка сооружений.

Задача интенсификации нередко решается путем оптимизации совместной работы блоков механической и биологической очистки. В случае, если существующая схема очистки позволяет проводить преаэрацию и биокоагуляцию, удается разгрузить блок биологической очистки, сократив необходимую продолжительность аэрации иловой смеси, и этим повысить пропускную способность аэротенков.

Напомним, что нагрузка на активный ил должна поддерживаться на допустимом уровне, т. е. не ниже 100 мг/г сут.

Основной способ интенсификации – повышение дозы активного ила, поскольку при этом сокращается продолжительность аэрации иловой смеси. Ограничениями в повышении дозы являются минимальные нагрузки на активный ил, допустимые значения илового индекса (не более 130–150 см³/г),

технические возможности для повышения дозы (параметры иловых насосов, наличие регенераторов).

Для улучшения осаждаемости активного ила во вторичных отстойниках при значениях илового индекса близких к максимальным рекомендуется регулируемое перемешивание иловой смеси при помощи мешалок, стержней, закрепленных на фермах илососов на глубину зоны разделения ила [45]. Перемешивание способствует усреднению консистенции активного ила и устраняет локальные области, где возникает стесненное осаждение, создает благоприятные условия для коагуляции коллоидальных частиц.

Сидерментационные свойства активного ила улучшаются при симультанном (совместном) осаждении, для чего производится обработка сточной воды перед аэротенками различными коагулянтами дозами до 100 мг/л. Правда, в этом случае необходимо создание дорогостоящего реагентного хозяйства.

При обработке микробиальной массы некоторыми нитрозосоединениями происходит мутация клеток, что повышает их ферментивную активность и увеличивает жизнеспособность. Дополнительный эффект очистки достигает по БПК 10 % и более, по ХПК от 30 до 70 %, иловый индекс снижается на 20–25 % [44].

8.4.4. Эксплуатация установок для обеззараживания и выпуска сточных вод

После полной механической и биологической очистки в сточных водах содержится до нескольких тысяч и даже десятков тысяч единиц кишечных палочек на литр. Можно предполагать, что в стоке остается некоторое количество патогенных микроорганизмов и он представляет опасность в микробиологическом и паразитологическом отношении. Поэтому очищенный сток обеззараживается, чаще всего методами хлорирования.

Дозы активного хлора определяются экспериментально и обычно составляют около 3 мг/л. При таких дозах и продолжительности контакта не менее 30 мин содержание кишечных палочек уменьшается в несколько сотен тысяч раз, до 5–15 единиц на литр.

Хлорная вода смешивается с очищенным стоком при помощи смесителей любого типа и поступает в контактные резервуары, рассчитанные на получасовое или более длительное пребывание воды.

Хлорирование способствует выпадению в резервуар осадка (до 20–30 % от количества грубодисперсных примесей в очищенной воде). Согласно [43] влажность осадка 98 %, а его объем (в среднем) – 0,5 л на 1 м³ обрабатываемой воды.

Иногда в контактных резервуарах предусматривается воздушный барботаж с интенсивностью 0,5 м³ в час на 1 м² площади зеркала. Барботаж способствует насыщению воды кислородом и одновременно предотвра-

щает выпадение взвеси, чем сокращает количество чисток контактных резервуаров и упрощает их эксплуатацию.

Устройство и эксплуатация хлорного хозяйства городских очистных сооружений и водопроводных станций идентичны (см. разд. 6).

Операторы, обслуживающие контактные резервуары, следят за равномерностью распределения воды между секциями, которых должно быть не менее двух, за режимом барботажа, за накоплением в резервуарах слоя осадка.

Если резервуары не оборудованы барботажной системой, необходимо регулярное удаление осадка по перфорированным трубам или коробам без выключения сооружения, либо вручную с отключением и опорожнением емкости. При барботаже осадок удаляется эпизодически, 1–2 раза в год (по необходимости).

На выходе из контактных резервуаров контролируется содержание остаточного хлора (не менее 1,5 мг/л). Выпуск сточных вод в водный объект может быть береговым или русловым. В последнем случае возможны два варианта конструкций – сосредоточенный и рассеивающий. Русловые выпуски способствуют более быстрому смешению стоков с водой водотока, поскольку создаются условия для эффективного начального разбавления.

Начальное разбавление обусловлено скоростью истечения воды из насадки выпуска (не менее 2 м/с) и тем больше, чем меньше соотношение скоростей в водотоке и истечения.

Работа русловых выпусков зависит от природных факторов: уровней воды в водотоке, его эрозионной деятельности.

При повышении уровней в водотоке действующий напор, при котором сточная вода поступает к выпуску, уменьшается и снижается скорость истечения.

Перемещение донных наносов нередко вызывает засорение насадок русловых выпусков и уменьшает высоту порога (от дна до центра насадка), а размыв русла в месте прокладки труб к выпуску может явиться причиной деформации, или образования воздушных или грязевых пробок в трубах.

Опасность представляет коррозия труб и появление в их стенках каверн. Утечки на участке «контактный резервуар-выпуск» уменьшают расходы, поступающие к выпуску, и соответственно скорости истечения и ухудшают условия начального смешения.

ППО и ППР выпусков обеспечивает регулярную прочистку сопел выпусков, расчистки участка дна в при образовании донных отложений или его крепления в случае размыва. Работы выполняются по мере необходимости, а осмотр рекомендуется производить не реже одного раза в год.

Засорение труб может потребовать их промывку, а утечки – соответствующий капитальный ремонт.

Осмотры и ремонтные работы приурочивают к периоду, когда уровни в водотоке минимальны.

8.5. Иловое хозяйство очистных сооружений

8.5.1. Общие положения

На очистных сооружениях выделяются в виде удаляемых осадков:

- отбросы, задерживаемые решетками;
- песок, улавливаемый песколовками;
- жиры, масла, нефтепродукты, всплывающие на поверхности первичных отстойников сырой и избыточный активные ил, удаляемые из первичных и вторичных отстойников;
- осадки, оседающие в контактных резервуарах.

Снимаемые с решеток отбросы, не измельчаемые дробилками или удаляемые в контейнеры, подлежат обезвреживанию и вывозу в места захоронения. Во избежание быстрого загнивания эти отбросы обрабатываются хлорной известью.

Как отмечалось, песок из песколовок в случаях его загрязнения отмывается в гидроциклонах и вывозится в места его складирования. В теплое время года песок посыпается хлорной известью.

Жиры, масла, нефтепродукты, поверхностно-активные вещества, удаляемые с поверхности отстойников, собираются в сборники и регулярно вывозятся в места захоронения или ликвидации.

Сырой и избыточный активный ил обрабатываются таким образом, чтобы получить продукты, удобные для хранения и вывоза в места захоронения.

Обработка включает минерализацию (стабилизацию) с целью предупреждения загнивания и обезвоживание для уменьшения объемов осадков.

В настоящей работе будут рассмотрены вопросы эксплуатации аэробных минерализаторов, иловых площадок и илопроводов.

Как следует из изложенного, на очистных сооружениях производится только подготовка осадков для ликвидации, захоронения или утилизации, а окончательно их следует обрабатывать на специально оборудованных полигонах.

8.5.2. Эксплуатация аэробных минерализаторов (стабилизаторов)

В осадках сточных вод содержится 70–75 % органических примесей, в том числе до 30 % легко биоразлагаемых, а если за 100 % принять только общее содержание органики – то до 40 %.

Аэробная обработка производится для полной или частичной деструкции легко разлагаемой органики, в результате чего осадок может достаточно долго храниться без признаков разложения.

В [39] полная деструкция этой части органики называется стабилизацией, а частичная – минерализацией.

Удельная скорость окисления в мг О₂ на 1 г беззольного вещества осадка в час зависит от возраста минерализируемого сухого вещества, т. е. отношения его массы в минерализаторе к массе сухого вещества, удаляемой из минерализатора.

Возраст обусловлен температурой осадка и режимом перемешивания, требуемого для контакта клеток ила между собой и с кислородом на молекулярном уровне (условие «полного смешения»). Градиент перемешивания принимается равным 80–120 1/с.

При аэробной стабилизации или минерализации меняется структура осадков, уменьшается удельное сопротивление, что облегчает последующее обезвоживание, нитрифицируется аммонийный азот.

Процесс минерализации избыточного активного ила из вторичных отстойников начинается практически сразу же при его перемешивании и аэрации, так как ил уже находится в состоянии, близком к отмиранию (автолизу), в связи с недостатком питательных веществ (субстратов).

В случае минерализации смеси избыточного активного и сырого ила из первичных отстойников, она начинается только после того, как будут израсходованы питательные вещества, содержащиеся в сыром иле.

Минерализация завершает после уменьшения общей массы осадка на 10 %, а беззольной части – на 12–15 %. Одновременно повышается влажность осадка и образуется иловая вода.

При влажности активного ила 99,5–99,7 % он аэрируется сжатым воздухом с интенсивностью не менее 5–6 м³/час на м² поверхности и 1–2 м³/час на м³ вместимости минерализатора.

Иногда в минерализатор подается уплотненный активный ил после гравитационных уплотнителей. В этом случае минерализаторы оборудуются механической аэрацией, обеспечивающей достаточное кислородоснабжение клеток ила и хорошее перемешивание, но не приводящее к диспергированию, и ухудшению седиментационные свойства минерализованного осадка.

Процесс минерализации (стабилизации) зависит от температуры осадка и возможен в интервале от 8 до 35, но обычно осуществляется при 10–20 °С.

В американской практике степень распада беззольной (органической) части осадка рассматривается как функция произведения продолжительности аэраций в сутках и температуры осадка в градусах Цельсия (рис. 8.23).

Продолжительность аэрации зависит от нагрузки по беззольному веществу на единицу полезной вместимости сооружения за сутки. При мине-

рализации только избыточного активного ила нагрузка не должна превышать 2,0, а при смеси с сырым илом – 3–4 кг/м³ в сутки, [9].

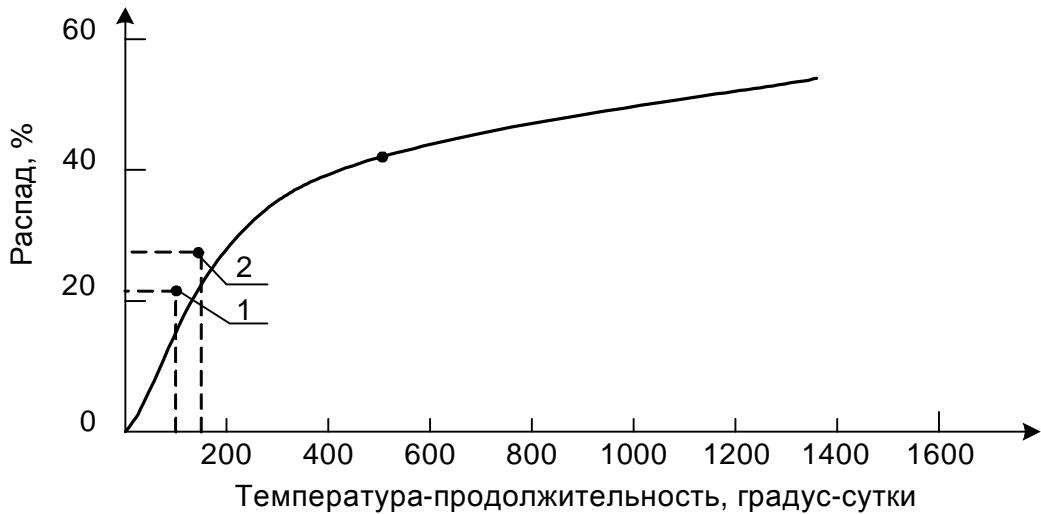


Рис. 8.23. Распад беззольного вещества [30]: участок 1–2 – рекомендуемая область работы минерализатора

Выгружаемый из минерализатора осадок после отстаивания обычно имеет влажность около 98 %, удельное сопротивление 100–200 10¹⁰ см/г, а дегидрогеназную активность по формазану – от 0,05 до 0,10 мг/г (в пересчете на сухую массу). В минерализованном осадке отмечается снижение на 30–60 % содержания бактерий – сапрофитов, вызывающих гниение.

На рис. 8.24 производится график, иллюстрирующий изменения качества осадка в процессе аэробной минерализации. На начальном участке кривой 1 содержание беззольной части осадка почти не меняется, так как происходит рост новой бактериальной массы, получающей субстрат, содержащийся в сыром иле.

В дальнейшем, содержание беззольной части осадка монотонно убывает и, одновременно, в иловую воду поступает аммонийный азот, повышение концентрации которого ограничивается переходом части азота в окисленное состояние (нитриты и нитраты) (см. кривые 4 и 5, рис. 8.24).

Дегидрогеназная активность биомассы, которая возрастает на этапе смешения активного и сырого илов, резко снижается еще до наступления полной стабилизации.

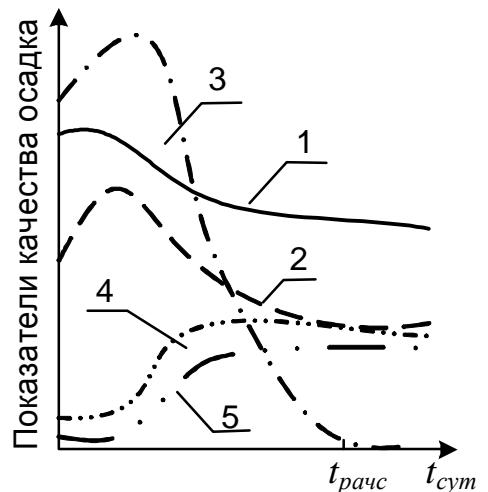


Рис. 8.24. Ход процесса аэробной минерализации [24]: 1 – беззольное вещество; 2 – количество живой (активной) биомассы; 3 – дегидрогеназная активность; 4 – аммонийный азот; 5 – нитриты и нитраты

Аэробные минерализаторы выполняются по схеме реакторов-вытеснителей.

При изменении качества осадка и, соответственно, необходимой продолжительности стабилизации проводится регулировка, направленная на сокращение затрат воздуха и заключающаяся в отключении части секций минерализатора.

После стабилизации иловая вода нередко направляется в аэротенки, причем вследствие высокого содержания соединений азота его общее содержание в потоке очищаемой воды возрастает на 15–20 %.

Производственная работа и контроль. Операторы блока аэробных минерализаторов производят загрузку осадков, равномерно распределяя их между сооружениями, выгрузку стабилизированного осадка, откачуку иловой воды.

Загрузка избыточным активным илом должна производиться либо непрерывно, либо регулярно несколько раз в сутки, в зависимости от режима работы блока «аэротенки-вторичные отстойники». Сырой ил поступает 2–3 раза, но не реже одного раза в сутки.

В процессе минерализации и уменьшения массы органического вещества осадка его влажность повышается. Поэтому в пределах сооружения выделяются неаэрируемые (успокоительные) зоны, в которых происходит разделение осадка и откуда по составленному технологом графику операторы отводят отделившуюся иловую воду. Основная зона разделения осадка находится в конце коридора минерализатора. В ней осадок отстаивается в течение 3–5 часов (по опыту эксплуатации). После отстаивания иловая вода откачивается в аэротенки, а осадок направляется на иловые площадки или на другие установки для обезвоживания. Осадок выгружается не реже 1–3 раза в сутки перед операцией по загрузке нестабилизированного ила.

Аэробная минерализация нуждается в устойчивой и эффективной аэрации, достаточной как для кислородоснабжения клеток микробиальной массы, так и для ее перемешивания. Интенсивность аэрации по длине минерализатора должна быть неравномерной и убывающей, но достаточной для предотвращения оседания осадка (не менее $5\text{--}6 \text{ м}^3/\text{ч}\cdot\text{м}$).

Режим аэрации отрабатывается при пусконаладочных работах и оптимизируется технологом в процессе эксплуатации.

Режим аэрации регулярно уточняется, так как зависит от фактической средней влажности ила в минерализаторе и от нагрузки по беззольному веществу, значения которых постоянно и непредсказуемо меняются.

Системы аэрации минерализаторов такие же, что и у аэротенков, а содержание производственных работ по управлению аэрацией аналогично.

Аэробная минерализация проходят достаточно устойчиво при небольших колебаниях температур осадка в диапазоне $\pm 1\text{--}3$ °C и при ограниченных изменениях РН. Температуры должны постоянно контролироваться в характерных точках сооружений и поддерживаться на нужном уровне путем регулировки системы подогрева. Качество минерализованного осадка может ориентировочно оцениваться по внешнему виду во время выпуска. Как отмечается в [9], осадок на выходе из минерализатора не имеет запаха, легко отдает воду, «... представляет собой коричневую жидкость однородной консистенции, в которой диспергированы крупные органические вещества». Концентрация растворенного кислорода в осадке должна составлять не менее 2 мг/л.

Лабораторный контроль работы аэробных минерализаторов предусматривает определенные скорости потребления кислорода, а так же удельного сопротивления осадка.

Измеряются показатели качества подаваемого и выгружаемого осадка: влажность, зольность, содержание в иловой воде растворенного кислорода, соединений азота и фосфора. Производственный контроль предусматривает учет количества подаваемого и выгружаемого осадков, учет расходов сжатого воздуха.

По графику, составляемому технологом, но не реже одного раза в месяц, батометром отбираются пробы осадка в разных точках минерализатора вблизи дна и в углах для проверки содержания кислорода. Если обнаружаются анаэробные области, их продувают переносными трубчатыми аэраторами, присоединяемыми к коллектору сжатого воздуха.

Профилактическое обслуживание, ППО, ППР. Содержание перечисленных работ совпадает с работами при эксплуатации аэротенков.

Регулярно по графику или по необходимости проверяется работа воздухораспределительных систем, не реже одного раза в год проводится осмотр и профилактический ремонт перфорированных или фильтросных труб, а также арматуры.

В минерализаторах, стабилизирующих смесь активного и сырого ила, на начальных участках коридоров часто выпадает песок, содержащийся в сыром осадке.

Режим удаления песка устанавливается технологом исходя из сложившихся условий эксплуатации.

После профилактического отключения и опорожнения секций минерализаторов необходимо заполнять их смесью активного ила и стабилизиро-

ванного осадка из работающих секций, а иногда осуществлять возврат и рециркуляцию иловой воды.

До восстановления нормального микробиального ценоза, в минерализаторах не достигается достаточная глубина распада белков и происходит образование обильной пены, слой которой на составляет 20–30 см.

Анализ работы аэробных минерализаторов. При анализе, помимо оценки затрат воздуха на аэрацию и выяснения причин отказов, связанных с различного рода повреждений оборудования и трубопроводов, а также нарушениями производственного регламента.

Ухудшение минерализации, чаще всего объясняется:

- увеличением расходов минерализуемого ила, что снижает продолжительность аэрации;
- ростом удельной нагрузки по беззольному веществу;
- понижением температуры осадка;
- недостаточным перемешиванием осадка, чем нарушаются кислородоснабжение микроорганизмов.

В первых случаях сокращение продолжительности аэрации следует компенсировать увеличением температуры осадка до +25....+35 °С. Если существующая система подогрева не может обеспечить указанное требование, то практикуется предварительный подогрев острым паром сырого ила до более высоких температур. Пар может вводится во всасывающую линию насоса, подающего осадок.

Некоторый эффект достигается при более частом отводе иловой воды из успокоительных зон, чем уменьшается объем осадка в сооружении.

Аналогично поступают при снижении температур осадка в холодное время года.

Минерализаторы, расположенные в районах с мягким климатом, могут не иметь систем подогрева осадка. В этих случаях через змеевики, находящиеся в минерализаторе, пропускается очищенная сточная вода после вторичных отстойников. Обычно ее температура не ниже +15..+12 °С, за счет чего температуру осадка удается поддерживать на уровне +8 °С и более.

Кислородоснабжение осадка при исправной и правильно эксплуатируемой системе перемешивание может быть улучшено путем рециркуляции части иловой воды через минерализатор, либо уменьшения отбора из успокоительных зон. В первом случае минерализаторы следует дополнительно оборудовать системой рециркуляции. Повышение расходов разбавленного осадка компенсируется подогревом до более высоких температур.

Часто причинами, отрицательно влияющими на результаты минерализации, оказываются нарушения режима или условий работы аэротенков, первичных и вторичных отстойников.

Гидравлическая перегрузка минерализаторов может вызываться недостаточным уплотнением активного ила во вторичных отстойниках, чрезмерным его приростом, что зависит как от качества сточной воды, так и от его возраста (прирост «молодого» ила больше), повышенной влажностью сырого ила. Перегрузка возникает и при возрастании удельной нагрузки по беззольному веществу на поверхность минерализатора.

Анализ условий работы минерализаторов позволяет эффективно скорректировать режимы и условия эксплуатации всей группы взаимосвязанных сооружений.

Особенности эксплуатации аэробных минерализаторов с механической аэрацией. Предварительное уплотнение активного ила перед минерализацией, с доведением влажности до 96,5–98,5, уменьшает его объем, сравнительно с неуплотненным, приблизительно в 5 раз. Правда, одновременно процесс минерализации замедляется в 1,5–2,0 раза. Таким образом, гидравлическая нагрузка при минерализации повышается в 2 и более раза при условии, что удельная нагрузка по беззольному веществу не превысит 4–6 кг/м³ в сутки. Потребность в воздухе составляет 6 м³ на 1 м³ осадка, т. е. больше, чем обеспечивается пневматической аэрацией. Поэтому минерализаторы оборудуются механическими аэраторами. Механические аэраторы размельчают хлопья осадка, создавая наиболее благоприятные условия массообмена.

В блок минерализаторов с механической аэрацией включают гравитационные илоуплотнители, чаще всего радиального типа, насосы для откачки иловой воды из уплотнителей в аэротенки, соответствующие коммуникации.

Эксплуатация минерализаторов с уплотненным илом отличается только необходимостью проведения работ по содержанию механических аэраторов: наблюдением за их техническим состоянием, учетом продолжительности включения, профилактическим обслуживанием и ремонтом.

Илоуплотнители гравитационного типа имеют конструкции вертикальных или радиальных отстойников, но оборудуются устройствами для постоянного перемешивания ила.

Основным показателем, определяющим условия эффективного уплотнения активного ила, является нагрузка по сухой массе осадков, которая не должна превышать 25–30 кг/сут на 1 м² поверхности.

Избыточный ил подается на уплотнители равномерно в течение суток. Концентрация ила при этом не должна превышать 20–30 г/л. Гидравлическая нагрузка на илоуплотнители вертикального типа ограничивается 1 м³/ч на м², а радиального – в два–три раза меньшей.

Как отмечается в [17], значения нагрузок контролируются в процессе эксплуатации и определяют соответствующий режим удаления избыточного активного ила.

Профилактическое обслуживание илоуплотнителей производится не реже, чем каждые три месяца, причем производится промывка илопроводов, арматуры, скребкового оборудования либо илососов, иловых насосов, очистка отстойной части от обрастаний и песка.

8.5.3. Эксплуатация иловых площадок

Иловые площадки предназначены для сушки осадков, влажность которых снижается до 70–80 %, а объем – в 6–10 раз. Обезвоженный осадок должен своевременно вывозиться в места депонирования или утилизации.

Вода, входящая в состав осадков, по условиям ее выделения относится к свободной и связанной. На иловых площадках главным образом удаляется свободная вода. Заметим, что уплотнение активного ила приводит к уменьшению содержания свободной и увеличению связанной воды [45].

Основным фактором, от которого зависит обезвоживание, является удельное сопротивление осадков. Как известно, удельное сопротивление тем больше, чем выше содержание в осадке коллоидальных и других тонкодисперсных примесей. Аэробная минерализация позволяет получать осадки с невысоким удельным сопротивлением, более низким, чем у избыточного активного ила.

При отстаивании слоя осадка на его поверхности выделяется свободная надиловая, а под слоем – подиловая вода.

Связанная вода удаляется испарением, которое зависит от природно-климатических и местных условий: температуры и влажности воздуха, продуваемости площадки. Продолжительность сушки ила за счет испарения обратно пропорциональна толщине его слоя во второй степени. Если основной путь обезвоживания ила – сушка, толщину слоя заливаемого на карту иловой площадки ила целесообразно принимать небольшой (до 10–15 см), повторяя эту операцию 2–3 раза в течение одного цикла.

Наоборот, при обезвоживании осадка преимущественно за счет удаления свободной воды, толщина слоя налива принимается большой – до 20–30 см, причем продолжительность процесса оказывается значительной – от одного до двух-трех месяцев. Последовательный налив нескольких

слоев осадка по мере их обезвоживания имеет тот недостаток, что расположенные ниже и уже обезвоженный слой маловодопроницаем.

Таким образом, оптимизация толщины слоя ила должна устанавливаться технологом исходя из конкретных местных условий и опыта эксплуатации. В холодное время года, продолжительность которого для большей части России превышает 100 суток в году, иловые площадки работают в режиме намораживания.

Помимо замораживания свободной части воды, происходит замерзание связанной воды (капиллярной), причем, чем тоньше капилляры, тем замерзание воды происходит при более низкой температуре. Физически связанная вода мигрирует из клеток в межклеточное пространство, где и замерзает, а повышение давления, возникающее при кристаллизации, способствует коагуляции коллоидной фазы ила.

После оттаивания полностью промороженного ила его удельное сопротивление первоначально уменьшается на 2–3 порядка. При оттаивании достигается хорошее обезвоживание, но талую воду необходимо своевременно отводить во избежание ее впитывания илом и перехода вновь в связанное состояние.

Иловые площадки имеют различные конструкции. Нами будет рассмотрена эксплуатация площадок с водонепроницаемым основанием и дренажом.

Сооружение включает: площадки, КНС, дренажную и распределительную системы, напорный илопровод от очистных сооружений до иловых площадок.

Оперативная работа и производственный контроль. Операторы проводят напуск ила и его удаление после обезвоживания на картах площадок, удаляют иловую воду, поддерживают конструкции площадок и коммуникаций в исправном состоянии, осуществляют технологический контроль.

Режим намораживания принимается при понижении среднесуточной температуры наружного воздуха до -10°C и ниже. В этом режиме используют не более 75–80 % всех карт. Остальные карты включаются в работу при наступлении теплого времени года до полного оттаивания других, работавших в режиме намораживания.

Осадок подается на иловые площадки по напорному илопроводу иловыми насосами и распределяется по картам системой самотечных лотков, оборудованных регулирующими шиберами.

В теплый период года осадок поступает на карту по одному или нескольким сливным лоткам, присоединенным к распределительному лотку

таким образом, чтобы обеспечить залив всей ее поверхности слоем одной толщины.

Как отмечалось, толщина слоя зависит от ряда факторов и назначается технологом.

Полный цикл использования карты предусматривает после ее разгрузки напуск осадка несколькими слоями. Очередной слой напускается после того, как произошло достаточное (по принятым условиям) обезвоживание предыдущего слоя.

Для этого в характерных (удаленных от дренажей) точках карты отбираются пробы осадка для получения анализом среднего значения влажности.

На поверхности осадка образуется корка, ухудшающая испарение. По указанию технолога корку периодически разрушают.

Высушенный осадок растрескивается и в нем образуются сквозные трещины шириной 2–3 см, что позволяет отводить часть свободных дождевых вод дренажом карт.

С той же целью обезвоженный слой при необходимости дополнительно рыхлится.

Надиловая, дождевая и талая воды отводятся по мере их образования.

Отведение поверхностного стока должно исключить размыв слоя осадка и вынос взвешенных веществ. В [52] рекомендуется размещать регулируемые водосливы на противоположных сторонах сборных карт в шахматном порядке (через 40–50 м). Вода поступает в отводные лотки и далее, в колодцы дренажа.

Подиловая вода по дренажу отводится в сборный резервуар КНС и откачивается в голову очистных сооружений.

Общая толщина слоев обезвоженного осадка к моменту его выгрузки может составлять до 40–50 см.

При работе в режиме намораживания карты последовательно одна за другой заполняют осадком, причем общая высота слоя намораживания принимается на 10 см, меньше глубины карты (от дна до верха ограждающего валика). Уровень осадка должен быть ниже дна разводящих лотков, так как они не должны подтапливаться.

При намораживании следят, что бы под замерзшим слоем у дна карты оставался незамерзший осадок толщиной около 10 см, что предохраняет дно от повреждений при уборке льда.

В тех случаях, когда намораживание проходит вяло, оно проводится послойно, т. е. до полного замерзания слоя в данной карте осадок поступает в другую карту.

Интенсивность замораживания влияет на количество воды, переходящей из связанного состояния в свободное. Повышение скорости уменьшает этот переход. Поэтому намораживание тонкими слоями не целесообразно, так как процесс будет проходить слишком быстро.

Разгрузка карты от обезвоженного осадка ведется на малых иловых площадках вручную (при толщине слоя 20–25 см) либо землеройными машинами. Чаще всего слой осадка толщиной до 50 см удаляется экскаватором с ковшом-драглайн и грузится на автотранспорт. Часть карты, находящаяся за пределами действия стрелы экскаватора, очищается бульдозерами на резиновом ходу, которые сгребают осадок к экскаватору.

Имеется опыт применения стационарных установок, оборудованных перемещающимися снарядами для сгребания и удаления обезвоженного ила.

В период намораживания осадок по графику вывозится на специально выделенные участки. Промороженный ил легко раскалывается на глыбы при помощи ковша экскаватора, клин-бабы или вручную – пешней, и грузится на автотранспорт.

По завершении цикла и удаления обезвоженного осадка восстанавливается поврежденное дно карты, промывается и частично заменяется песок в дренажных траншеях, устраняются повреждения ограждающих валиков.

Промывка загрузки в траншеях дренажа производится напуском на карту технической воды слоем до 30 см при отключенном дренаже. После открытия задвижки на выводной дренажной трубе вода устремляется в траншею и промывает загрузку.

Технологический контроль за работой иловых площадок предусматривает:

- определение влажности и измерение количества поступающих и удаляемых осадков;
- регистрацию продолжительности обезвоживания;
- определение количества и качества удаляемой иловой, талой и дождевой воды;
- записи продолжительности работы насосов для перекачки этой воды и осадков;
- измерение объемов замерзших осадков, вывезенных в период намораживания.

Если предполагается использование осадка, то проводится анализ на содержание жизнеспособных яиц гельминтов и патогенных микроорганизмов кишечной группы.

Профилактические работы, ППО и ППР. Работы включают регулярный (каждые 5 дней) осмотр и устранение повреждений ограждающих кар-

ты валиков, откосов, съездов на карты, осмотр и промывку лотков и труб илораспределительной системы, дренажей, диагностику состояния и текущий ремонт задвижек, шиберов, по необходимости рыхление корки на поверхности осадка, скашивание травы.

Напорный илопровод и линия возврата подиловой воды в голову сооружений регулярно (несколько раз в месяц) промывается.

Анализ качества эксплуатации и интенсификация работы иловых площадок. Эффективность иловых площадок оценивается по влажности обезвоженных осадков.

Характерной причиной отказов и недостаточного обезвоживания (помимо эксплуатационных ошибок) является кольматаж дренажных устройств, что нарушает отвод подиловой воды. Кольматаж усиливается с увеличением содержания в подиловой воде грубодисперсных и коллоидных примесей. В этой связи следует отметить положительные результаты обработки осадков перед их обезвоживанием катионными флокулянтами, что способствует коагуляции коллоидов, уменьшению удельного сопротивления и получению малозагрязненной иловой воды.

Интенсификация обезвоживания достигается правильным режимом заполнения карт осадком. Представляет интерес способ заполнения по опыту эксплуатации иловых площадок в г. Ташкенте [2].

Две карты поочередно (через сутки) постепенно заполняются аэробно стабилизированным илом влажностью около 98 % до максимального уровня, на 10–20 см ниже отметок ограждающих валиков. При этом дренаж карт отключается. Заполнение карт производилось с подачей ила под уровень.

В течение суток осадок успевает расслоиться и всплывает, а слой всплывшего осадка нарастает снизу.

Перед поступлением очередной порции осадка через дренаж выпускается соответствующее количество отстоянной подиловой воды.

Когда слой всплывшего осадка достигнет 80–90 % глубины карт, цикл завершается. Остаток иловой воды выпускается, а обезвоженный осадок удаляется. При подготовке карты к повторному использованию, днище и откосы очищаются.

В условиях Ташкента продолжительность цикла составляет 4–5 месяцев, влажность осадка не превышает 60–70 %. Треугольники в слое всплывшего осадка обеспечивают просачивание через него дождевых вод, которые отводятся вместе с подиловой водой.

Применяемый на станциях аэрации Харькова метод предварительного насыщения осадков воздухом под давлением усиливает всплытие ила и

позволяет получить хорошо осветленную подиловую воду за счет флотационного эффекта.

Как известно, реагентная обработка воды коагулянтами или катионовыми флокулянтами обеспечивает коагуляцию коллоидальной части осадка и получения мало загрязненной подиевой воды.

Уменьшить количества подиевой воды можно предварительным частичным обезвоживанием ила при помощи ленточных прессов.

Радикальное улучшение условий испарения и сушки достигается при переоборудовании иловых площадок в крытые.

Отказы иловых площадок как по условиям надежности, так и по установленным экологическим характеристикам, чаще всего возникают вследствие неудовлетворительной стабилизации или нарушения графика вывоза обезвоженного ила в места депонирования либо утилизации.

В первом случае осадки способны к загниванию, сохраняют высокие значения удельных сопротивлений и слабо отдают воду. Поскольку при этом объемы осадков недостаточно уменьшаются, а процесс обезвоживания удлиняется, иловые площадки оказываются перегруженными.

Отсутствие полигонов для переработки или депонирования осадков, которые своевременно не вывозятся и накапливаются на картах, делает невозможным нормальную эксплуатацию этих сооружений.

Как в том, так и в другом случае нарушаются экологические условия функционирования иловых площадок, интенсивно загрязняются воздух, грунты и подземные воды, происходит выплод мух и комаров, размеры санитарно-защитных зон очистных сооружений оказываются недостаточными.

8.6. Эксплуатация лотков и трубопроводов очистных сооружений

Вследствие колебаний расходов сточных вод и их качества в течение суток и неравномерного выпуска ила меняющегося качества, происходит заиливание самотечных лотков, напорных и безнапорных илопроводов. Заметим, что иногда длина напорных илопроводов достигает нескольких десятков километров.

Во избежание загнивания осадков лотки систематически очищаются от отложений и промываются технической водой, а задвижки, шиберы, регулирующие и измерительные водосливы осматриваются и поддерживаются в рабочем состоянии операторами соответствующих сооружений (отстойников, аэротенков и других).

Напорные илопроводы при проектировании разбиваются на ремонтные участки длиной не более 1–2 км с устройством выпусков. Для промывки применяется техническая вода.

Наиболее вероятно засорение илопроводов для транспортировки сырых, содержащих жиры и песок, осадков из первичных отстойников.

Промывка илопроводов ведется при скоростях воды не менее 1–1,5 м/с, причем объем промывной воды должен составлять, как минимум, 5–10 вместимостей илопровода. Например, на промывку 1 км трубопроводов диаметром 300 мм (площадь живого сечения 0,07 м) требуется 35–70 м³ воды.

Во избежание образования засоров, перерывы в подаче ила по напорным илопроводам, особенно большой протяженности, крайне нежелательны. Выходы из напорных илопроводов следует держать открытыми, направляя ил в одну из свободных карт иловых площадок.

В случае засорения напорного илопровода место засора определяется по показаниям манометров, устанавливаемых в контрольных колодцах. На участке, где возникло засорение, обнаруживается аномально большой перепад давлений. Ликвидация засора производится по обычной методике (см. разд. 4).

ППО и ППР илопроводов включают регулярный обход трасс, технический осмотр и ремонт арматуры в колодцах (задвижки на переключениях, вантузы, выпуски, патрубки для установки манометров).

При эксплуатации предусматривается замер давлений в контрольных точках илопроводов.

8.7. Эксплуатация воздуходувных станций

Воздуходувные станции предназначены для подачи воздуха в аэротенки, аэробные минерализаторы и в аэрируемые песколовки.

Чаще всего, в воздуходувных станциях установлены трубовоздуходувки (ТВ), создающие давления до 0,6–0,8 ати.

Воздуходувки соединяются параллельно. Безотказность установок обеспечивается созданием незагруженного резерва (1–2 резервных агрегатов).

Атмосферный воздух забирается на высоте не менее 4 м, от поверхности земли. Воздух проходит приемную пылеосадительную камеру, а в случаях, когда диспергирование воздуха в сооружениях (аэротенки и другие) производится при помощи фильтросных пластин или труб, он очищается воздушными фильтрами.

Трубовоздуходувки – центробежные нагнетатели и их работа характеризуется двумя основными параметрами: подачей м³/мин и создаваемым

давлением в ата. Параметры зависят от скорости вращения ротора, как и у центробежных насосов.

При сжатии воздуха его температура повышается на 5–15 градусов.

Кольцевые подшипники трубовоздуходувок имеют масляное охлаждение, система которого в свою очередь связана с водяным охлаждением (расход воды 2–5 м³/час). При большом количестве рабочих воздуходувок целесообразно обратное водоснабжение с охлаждением циркулирующей воды на градирне.

Как известно, условия работы основных потребителей сжатого воздуха аэротенков в течение года меняется и появляется возможность временного отключения отдельных секций и, соответственно, уменьшения возможной потребности в сжатом воздухе. В этом случае регулировка воздуходувок производится за счет изменения количества параллельно работающих агрегатов.

Характеристика «V-P» (подача-давление) трубовоздуходувок имеет западающий участок, зону неустойчивой работы (помпажа).

При помпаже, возникающем под влиянием многих случайных факторов, происходит внезапное изменение подачи и давления, что крайне опасно для диспергаторов воздуха в аэротенках и минерализаторах (рис. 8.25).

Поэтому воздуходувки должны эксплуатироваться только в области устойчивой работы, а колебания давлений и создаваемой подачи ограничиваются пределами $\pm 5\text{--}10\%$ от номиналов.

Производственная работа и контроль. Обслуживание воздуходувных станций сходно с работами по обслуживанию насосных станций.

Дежурные операторы включают и выключают воздуходувные агрегаты по указаниям диспетчера очистных сооружений или технического руководителя, следят за параметрами работы агрегатов (подача, давление), работой системы охлаждения подшипников, температурами подшипников и воздуха, во время смены проверяют состояние воздушных фильтров воздуховодов и арматуры, осматривают соединения и сальники арматуры, наблюдают за состоянием работающих агрегатов (за отсутствием вибрации, искрения двигателей, повышенного уровня шума и т. д.).

Показатели работы (подача по воздухомерам, установленным на воздуховодах в местах выхода из станции, создаваемое давление, показания

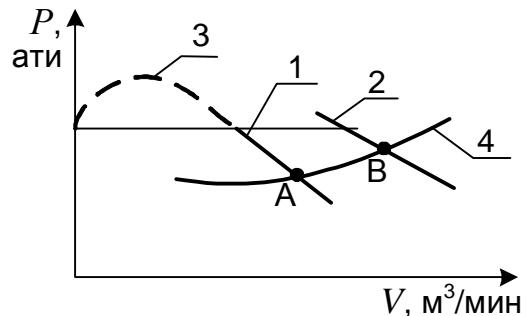


Рис. 8.25. График работы воздуходувок ТВ на воздуховод: 1 – характеристика одной ТВ; 2 – тоже двух, работающих параллельно; 3 – область неустойчивой работы; 4 – характеристика воздуховода; А, В – рабочие точки

электроизмерительных приборов, расходы охлаждающей воды и другие) фиксируются в журналах.

Выявляемые при эксплуатации неисправности устраняются машинистами в порядке текущего ремонта, либо фиксируется в журналах для последующего вызова бригад ремонтников.

По графику проводится профилактическое обслуживание оборудования и коммуникаций: замена масла в системах смазки, продувка систем оборотного водоснабжения для водяного охлаждения, регенерация воздушных фильтров и очистка камер для осаждения пыли, весной и поздней осенью, но при положительных температурах наружного воздуха, продуваются и промываются трубопроводы внутри станции.

Операторы поддерживают в порядке рабочие места и технику безопасности (освещение, вентиляцию, противопожарное водоснабжение и другие), обеспечивают условия безопасной жизнедеятельности и ремонтопригодности.

8.8. Анализ качества эксплуатации станций очистки городских сточных вод

Условием, обеспечивающим эффективную эксплуатацию городских очистных сооружений, является правильная организация управления и контроля работы.

На крупных и средних очистных сооружениях целесообразно диспетчерское управление с передачей на диспетчерский пункт результатов измерений, основных параметров и тревожных сигналов [43].

Контроль и управление отдельными технологическими процессами желательно автоматизировать. Последнее относится прежде всего к аэротенкам, биофильтрам, вторичным отстойникам, хлораторным, илоуплотнителям, аэробным минерализаторам, насосным станциям (иловым и для перекачки стоков).

Оценка качества эксплуатации в настоящей работе дается по критериям надежности, экологичности, экономичности и безопасности жизнедеятельности обслуживающего персонала.

8.8.1. Надежность эксплуатации

Безотказность. Основной функцией станции является обеспечение очистки стоков в соответствии с нормативными требованиями и при расчетной суточной производительности.

Согласно СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод» объектом контроля результатов очистки является водоток (водоем) в расчетном створе (точка 16, рис. 8.1). Помимо основных показателей качества, свойственных бытовым сточным водам (табл. 8.7), учитывается ряд приоритетных, т. е. подлежащих первоочередному контролю химических веществ, ПДК которых приводится в СанПиН. Эти вещества, главным образом техногенного происхождения, нормируются по величине расчетного предельно-допустимого сброса (ПДС).

Качество воды в расчетном створе зависит не только от достигаемой степени очистки. На качество влияет фоновое загрязнение источника, которое часто значительно отличается от проектного под влиянием как природных, так и антропогенных или техногенных факторов. Присутствие некоторых химических примесей (например, ионов тяжелых металлов) даже в более низких концентрациях, чем ПДК, тормозит внутриводные процессы самоочищения и провоцирует появление вторичных загрязнений. Неисключено повышение мутности речной воды, ее цветности, БПК, усиление привкусов, запаха, токсичности.

Таблица 8.7
Гигиенические требования к воде водоемов и водотоков

| Показатель | Водный объект (водоток, водоем) | Форма показателя | Концен-трация, мг/л |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------|
| Биологическая потребность в кислороде | Хозяйственно-питьевого назначения, а так же рыбохозяйственные водоемы (водотоки) Коммунально-бытового назначения | БПК ₂₀ | 2 4 |
| Химическое потребление кислорода | Хозяйственно-питьевого назначения Коммунально-бытового назначения | Бихроматное ХПК | 15 30 |
| Взвешенные вещества | Хозяйственно-питьевого назначения и рыбохозяйственные водоемы (водотоки) первой и высшей категорий Коммунально-бытового назначения и рыбохозяйственные водоемы второй категории | Увеличение содержания сухого вещества | 0,25 0,75 |
| Азот | Рыбохозяйственные | NH ₄ -N NH ₂ -N NH ₃ -N | 0,4 0,02 9,1 |
| Фосфор | Рыбохозяйственные | по PO ₄ | 2 |

Только совместное рассмотрение результатов анализов проб воды в точках 16, 15 и 6 (рис. 8.1) позволяет установить наличие или отсутствие отказа очистных сооружений.

Отказы в основном объясняются неправильным перераспределением грязевой нагрузки между первой и второй ступенями очистки, внутрисуточными колебаниями расходов и загрязненности сточных вод, нарушениями регламента эксплуатации, техническим состоянием установок и оборудования.

Нами отмечалось, что по технико-экономическим соображениям в общем случае целесообразно добиваться максимально возможного эффекта на стадии механической очистки стоков. Вместе с тем чрезмерная глубокая очистка, при которой БПК снижается до нескольких десятков мг/л, создает трудности в эксплуатации и делает неустойчивой работу вторичных отстойников после аэротенков.

Амплитуда колебаний расходов и загрязненности, поступающих на очистку сточных вод даже на крупных очистных сооружениях весьма значительна. Колебания расходов ухудшают работу песколовок и первичных отстойников, изменения нагрузок по загрязнениям отрицательно влияют на работу блока биологической очистки. Эти изменения требуют четкости в управлении аэротенками и вторичными отстойниками, что трудно осуществить без применения автоматизации.

Некоторые отказы связаны с неудачными проектными решениями. Например, при отведении фугата или иловой воды из аэробных стабилизаторов образуются стоки, содержащие в больших концентрациях соединения фосфора и азота (главным образом в форме нитритов и нитратов). При возврате этих стоков в технологическую линию очистки воды может возникнуть отказ вследствие повышенного содержания в очищенной воде биогенных веществ.

Несанкционированный сброс в сеть водоотведения промышленных загрязнений, мусора, горячей воды и конденсата, холодных вод из дренажей и инфильтрация грунтовых вод способны вызвать отказы. Разумеется, эти причины следует непременно устранять. Если имеет место постоянная гидравлическая перегрузка, либо качество сточных вод не соответствует проектным условиям и требует изменения технологии очистки, необходима реконструкция очистных сооружений [6].

Долговечность. Основные объекты городских очистных сооружений относятся ко второму классу ответственности, т. е. они рассчитаны на длительный (пятьдесят лет и более) период эксплуатации. Нормативный ресурс оборудования (решетки, скребковые механизмы, транспортеры, центрифуги, насосные и воздуходувные агрегаты и др.) составляет 10–20 лет

и ограничен моральным износом. Трубопроводы (включая и лопроводы) и иловые площадки относятся к третьему классу ответственности.

Фактические значения среднего ресурса объектов в большой степени зависят от качества эксплуатации и обусловлены уровнем технического обслуживания. Вместе с тем, следует учитывать и «стартовые» обстоятельства – качество строительно-монтажных работ и использованных строительных материалов и оборудования. В наименее благоприятных условиях находятся открытые сооружения: первичные отстойники, песколовки, аэротенки, аэробные стабилизаторы, лотки и трубы. Крайне неблагоприятный температурный и влажностный режим создается в зданиях решеток, биофильтров, в насосных станциях (особенно иловых). Эти объекты нуждаются в постоянном наблюдении и систематической диагностике технического состояния, а так же в регулярном проведении ремонтов.

Ремонтопригодность, предусматриваемая типовыми проектами, по которым построено большинство очистных сооружений России, позволяет отключить на время ремонта любое из сооружений или установок, направив воду или осадки по соответствующим обводным линиям. Эти линии и установленная на них арматура должны находиться в постоянном работоспособном состоянии и регулярно проверяться.

Если технология очистки предусматривает применение биофильтров нужно учитывать необходимость проведение периодической частичной или полной замены загрузки, в связи с чем требуются демонтаж перекрытия здания, наличие запаса загрузки нужного качества.

На время длительной по продолжительности замены воздухораспределительной системы аэротенков соответствующие секции отключаются и опорожняются. Применение пористых воздухораспределительных труб сокращает продолжительность такой операции.

Ремонтопригодность насосных и воздуходувных станций, зданий решеток, цехов механического обезвоживания осадков во многом зависит от работоспособности грузоподъемного оборудования, которое необходимо регулярно проверять и поддерживать в рабочем состоянии.

8.8.2. Экологичность эксплуатации

Городские очистные сооружения неизбежно загрязняют окружающую среду, и одной из главных причин эксплуатации следует считать минимизацию этого отрицательного влияния.

Загрязнения почвы и грунтовых вод вызываются утечками и разливами сточной воды. Уровень утечек должен быть всемерно уменьшен для чего контролируются расходы поступающей на очистку и очищенной воды,

объемы осадков. Если при составлении водного баланса очистных сооружений выясняется, что объем неучтенных расходов систематически возрастает, то это указывает на увеличение утечек и на необходимость их безотлагательного выявления и ликвидации. Источниками загрязнения воздушной среды водяным паром и газами являются все сооружения, особенно имеющие большие открытые поверхности (отстойники, аэротенки). Выделение газов, и в том числе сероводорода, происходит в перегнивательях, илоуплотнителях, иловых насосных станциях, на площадках складирования загрязнений, задержанных решетками, жиров и плавающей взвеси после механической очистки. Газовыделение сопровождает накопление и хранение нестабилизированных осадков.

Опасным в экологическом отношении считается хлорное хозяйство и, в первую очередь, склады жидкого хлора.

Самым неэкологичным элементом очистных сооружений следует считать иловые площадки. Как известно, они предназначены только для обезвоживания стабилизированных осадков и периодически должны освобождаться от обезвоженного ила, после чего повторно используются.

В очень многих случаях проблема удаления и дальнейшей переработки или ликвидации осадков не решена и иловые площадки превращаются в илонакопители. По мере накопления территории иловых площадок увеличиваются, захватывая смежные участки, чем наносится ущерб окружающей среде.

Иловые площадки не должны превращаться в источник загрязнения грунтов подиловой водой, а воздушной среды – газами, продуктами разложения органики.

На иловых площадках в теплое время года происходит выплод мух и других насекомых, а при обезвоживании нестабилизированных и не прошедших дегельментизацию осадков площадки представляют постоянную санитарную опасность. Нельзя исключить вымыв осадков дождовыми и талыми стоками.

8.8.3. Экономичность эксплуатации

Важнейшим фактором, влияющим на экономичность эксплуатации, являются затраты электроэнергии, главным образом потребляемой воздухоходувными и насосными станциями.

Путь экономии электроэнергии заключается в правильном подборе насосного и воздухоходувного оборудования и в регулировании его работы.

Воздухоходувные станции подают сжатый воздух в основном для аэрации в аэротенках и аэробных стабилизаторах. В течение года потребность в

воздухе меняется, что позволяет по мере возможности сокращать его подачу, отключая часть секций аэротенков. Специфика условий подачи воздуха состоит в том, что требуемое давление сжатого воздуха на 80–90 % зависит от глубины воды или осадка в сооружениях и мало меняется при изменении расходов. Поэтому регулирование воздушодувок за счет изменения числа оборотов, при котором меняется не только подача, но еще в большей степени давление, в данном случае мало эффективно.

Целесообразно осуществлять регулирование путем параллельного включения и разного количества воздушодувных агрегатов.

Расход сжатого воздуха может быть уменьшен за счет совершенствования систем аэрации, например, в случае замены фильтросов пористыми полимерными трубами.

Экономия электрической и тепловой энергии достигается автоматизацией систем вентиляции и освещения, мерами по снижению теплопотерь зданий, использованием экономичных светильников.

Продуманное управление аэротенков позволяет своевременно отключать часть секций в периоды сезонных сниженных гидравлических нагрузок.

Меняющиеся в течение года условия выпуска очищенных сточных вод в водный объект позволяет менять режим работы аэротенков, например, переходить от снижения БПК и нитрификации к снижению только БПК. При этом уменьшается продолжительность пребывания иловой смеси в аэротенке, появляется возможность отключения нескольких секций. Разумеется, подобное решение должно быть согласовано с контролирующими органами.

Сокращение эксплуатационных затрат иногда достигается усовершенствованием технологических схем. Так, на очистных сооружениях г. Новосибирска отказались от круглогодичного механического обезвоживания аэробного сброшенного осадка фильтрпрессами и в теплое время осуществляют этот процесс на существующих иловых площадках. Достигаемый экономический эффект связан с возможностью сокращения в 4–5 раз доз дорогостоящего флокулянта «Праестол-853». Кроме того, летний технологический перерыв в работе фильтрпрессов снижает их износ [34].

Значительную часть эксплуатационных затрат составляет плата за сброс сточных вод, выброс загрязняющих атмосферу газов и пыли и за размещение осадков.

Согласно закону РФ «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10 января 2002 года и соответствующих правительственный постановлений, в краях, областях и республиках Федерации с учетом местных условий устанавливаются и регулярно пересматриваются ставки платы за загрязнение окружающей среды.

Ставки носят дифференцированный характер в зависимости от видов загрязняющих веществ от того, находится ли количество сбросов (выбросов) в пределах допустимых нормативов, либо превышает их, оставаясь при этом в границах установленных лимитов.

Среди наиболее опасных загрязняющих веществ, для которых устанавливаются наибольшие ставки платы за сброс техногенные примеси (ионы тяжелых металлов, сульфиды, тетраэтилсвинец, фенол, красители, нефтепродукты), а также связанные с процессом очистки сточных вод нитриты и свободный хлор.

Количество загрязнений, поступающих при сбросах, определяется по результатам анализов в точке 6 (рис. 8.1).

Ставки на размещение отходов зависят от класса опасности последних для окружающей среды. Нестабилизированные и недегельментизированные осадки могут быть отнесены к умеренно опасным (3 класс), стабилизированные – к малоопасным (4 класс), а в виде компоста после аэробного компостирования – к практически неопасным (5 класс).

Если осадки находятся на территории очистных сооружений временно (до 1 года), располагаются на специально оборудованных полигонах и своевременно вывозятся для депонирования или утилизации, оплата за их размещение не проводится.

Если накопление и хранение осадков производится на территории очистных сооружений в условиях, исключающих расширение области их отрицательного воздействия на окружающую среду, к тарифам вводится понижающий коэффициент.

Пример 8.5

Определить плату за сброс загрязнений по БПК_{полн}, по содержанию взвесей, по содержанию железа и за размещение осадков 3 класса опасности с постоянным их накоплением на иловых площадках очистных сооружений при условиях: объем сточных вод $Q = 100 \text{ млн.м}^3$ в год; среднее значение БПК_{полн} после очистки $L = 25 \text{ мг/л}$; среднее значение взвешенных веществ $C = 20 \text{ мг/л}$; среднее значение железа общего $C_{\text{Fe}} = 0,4 \text{ мг/л}$.

В пределах установленных лимитов сброса БПК_{полн} – 30 мг/л, взвеси – 30 мг/л, масса осадка по сухому веществу $G_{\text{mud}} = 60 \text{ тыс.т/год}$.

Расчет выполнить по ставкам платы для Хабаровского края в 2003 г.

Решение

1. Плата за сброс БПК_{полн}

$$P_1 = QLT_1 = 100 \cdot 10^6 \cdot 15 \cdot 10^{-6} \cdot 116 = 16400 \text{ р.,}$$

где $T_1 = 116$ р/т – тариф за сброс в пределах лимита.

2. Плата за сброс взвешенных веществ

$$P_2 = QCT_2 = 100 \cdot 10^6 \cdot 20 \cdot 10^{-6} \cdot 465 = 930000 \text{ р.,}$$

где $T_2 = 465$ р/т – тариф за сброс в пределах лимита.

3. Плата за сброс железа общего:

$$P_3 = QC_{Fe}T_3 = 100 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot 10^{-6} \cdot 69972 = 2799080 \text{ р.,}$$

где $T_3 = 69972$ р/т – тариф за сброс в пределах лимита.

4. Плата за размещение осадков:

$$P_4 = GT_4K = 60000 \cdot 546,7 \cdot 0,3 = 9840600 \text{ р.,}$$

где $T_4 = 546,7$ р/т – тариф по размещению осадка 3 класса опасности; $K = 0,3$ – коэффициент, учитывающий размещение на оборудованном полигоне и на территории очистных сооружений.

Наиболее опасными газовыми выбросами, образующимися при очистке сточных вод является сероводород, выделяющийся в местах накопления или стабилизации осадков.

Можно констатировать, что в целях снижения платежей за загрязнение окружающей среды необходимо строгое нормирование и контроль качества производственных сточных вод, поступающих в систему городского водоотведения.

Заслуживают особого внимания условия сбора, накопления и обработки осадков. Если эта проблема не решается комплексно, совместно с ликвидацией городского мусора целесообразно создавать полигоны для компостирования или для депонирования осадков сточных вод, а иловые площадки использовать только по непосредственному назначению: обезвоживанию стабилизированного ила.

8.8.4. Безопасность жизнедеятельности персонала очистных сооружений

Условия работы на очистных сооружениях считаются весьма неблагоприятными и требуют особенно строгого и аккуратного соблюдения регламентируемых правил выполнения технологических операций и норм поведения обслуживающего персонала.

К наиболее опасным работам относятся:

– связанные с непосредственным воздействием на людей осадков и сточных вод (профилактическое обслуживание решеток, скребковых меха-

низмов, илососов; промывка лотков, илопроводов и пескопроводов; ремонт отстойников, аэротенков и других емкостных сооружений; обслуживание иловых площадок и другие);

– выполняемые на участках, где происходит или возможно интенсивное газовыделение (хлорное хозяйство, помещения решеток, иловых насосных станций, биофильтров, сооружений для стабилизации ила и т. п.);

– связанные с обслуживанием открытых сооружений (отстойники, песколовки, аэротенки, аэробные минерализаторы);

– связанные с эксплуатацией силового электрооборудования (насосные и воздуходувные станции).

Применение автоматизированного контроля, автоматизация отдельных производственных процессов, совершенствование производственных схем и техники безопасности, постоянное внимание технических руководителей к проблеме безопасной жизнедеятельности в некоторой мере позволяют улучшить условия работы персонала.

Тщательный контроль за уровнем профессиональных заболеваний и несчастных случаев на производстве, анализ сопутствующих фактических ситуаций позволяет установить их главные причины и целенаправленно осуществлять меры по улучшению создавшегося положения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технологии очистки воды на очистных сооружениях, эксплуатация которых рассмотрена в настоящей работе, отличаются простотой и надежностью. Эти технологии с успехом применяются в течение более ста лет как в России, так и в других странах. Случай их неэффективности почти всегда объясняются изменениями исходных условий работы, или вызваны плохой эксплуатацией, либо низким качеством строительно-монтажных работ, используемого оборудования и строительных материалов или реагентов.

Как отмечалось, техническая эксплуатация включает оперативную работу и техническое обслуживание.

Оперативные действия обслуживающего персонала необходимо выполнять тщательно и аккуратно, в соответствии с имеющимися инструкциями, при постоянном контроле за производственными процессами.

Многие производственные операции и виды контроля могут автоматизироваться, что, несомненно, улучшает качество их исполнения.

Техническое обслуживание, включающее профилактические работы и ремонт, решающим образом влияет на процесс эксплуатации. Оно должно четко планироваться и своевременно производиться. Мониторинг технического состояния объектов (постоянный осмотр и регулярная диагностика, анализ отказов и нарушений производственных процессов) позволяет принимать своевременные меры по предупреждению аварий.

Диспетчеризация управления очистными сооружениями оптимизирует режимы работы в условиях часто меняющихся исходных условий функционирования. При этом диспетчер должен ориентироваться на имеющийся опыт эксплуатации и хорошо знать фактические возможности всех объектов и технологических линий. Для этого необходимо накапливать, изучать и анализировать отчетную документацию (оперативные журналы, отчеты о результатах диагностики, проведении ремонтных работ и т. д.). Документацию, ее полноту, объективность и грамотность следует строго контролировать инженерно-техническому персоналу.

Повсеместное ухудшение экологической обстановки и, в частности, опасное загрязнение водных объектов – источников водоснабжения и приемников сточных вод, усложняет работу очистных сооружений водоснабжения и канализации. Технологи очистных сооружений должны хорошо знать производственные возможности своих объектов и оперативно использовать применяемые технологии при меняющихся исходных условиях работы, в том числе и при возникновении чрезвычайных ситуаций.

Безотказная работа очистных сооружений должна базироваться на достоверном и оперативном контроле за качеством очистки как на входе и выходе, так и на промежуточных этапах.

Большую помощь технологу может оказать использование информационно-моделирующих систем, способных решать многие задачи технологического характера по исходным данным контроля.

Возникающая во многих случаях необходимость в изменении применяемых технологий очистки и в повышении их барьерной роли, а также изменение требования к степени очистки воды требует постоянного совершенствования водопроводных станций и очистных сооружений канализации. Соответствующие меры (замена оборудования, средств автоматизации и контроля, реконструкция, ввод дополнительных производственных объектов) должны основываться на ясном знании существующего положения. С этой целью мы считаем целесообразным производить постоянную оценку качества эксплуатации по надежности, экологичности, экономичности и безопасности жизнедеятельности обслуживающего персонала на всех уровнях – от производственных участков до станции в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Эксплуатация систем водоснабжения и канализации / М.И. Алексеев [и др.]. – М. : Высш. шк., 1993. – 272 с.
2. Аэробный способ обработки осадков городских сточных вод / Л.Д. Франдetti [и др.] // Экспресс информация. – Ташкент : НИИ НТИ и ТЭИ УЗ ССР, 1980.
3. Блувштейн, М.М. Пуск и наладка очистных сооружений водопровода / М.М. Блувштейн, Е.Д. Бабенков. – М. : Стройиздат, 1964. – 138 с.
4. Воловник, Г.И. Теоретические основы очистки воды : монография. В 2 ч. Ч. 1 / Г.И. Воловник, Л.Д. Терехов. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2000 – 168 с.
5. Воловник Г.И. Теоретические основы очистки воды монография. В 2 ч. Ч. 2 / Г.И. Воловник, Л.Д. Терехов. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2002. – 121 с.
6. Воловник, Г.И. Реконструкция систем водоснабжения и водоотведения населенных мест / Г.И. Воловник, Л.Д. Терехов. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2001. – 117 с.
7. Герасимов, Г.Н. Процессы коагуляции-флокуляции при обработке поверхностных вод / Г.Н. Герасимов // Водоснабжение и сантехника. – № 3. – 2001. – С. 26–31.
8. Применение биохимических характеристик активного ила для контроля и анализа работы аэротенков / Л.И. Гюнтер [и др.] // Технология очистки сточных вод г. Москвы. – М. : Стройиздат, 1973. – С. 236–248.
9. «Дегремон». Технические записки по проблемам воды. В 2 т. Т. 1 : перевод с англ. / под ред. Т.А. Карюхиной, И.Н. Чурбановой. – М. : Стройиздат, 1983. – 607 с.
10. Информационно-моделирующая система AquaCAD – инструмент по управлению технологическими режимами на водопроводной станции / В.М. Долгоносов [и др.] // Водоснабжение и сантехника. – № 6. – 2003. – С. 26–31.
11. Кастальский, А.А. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения / А.А. Кастальский, Д.М. Минц. – М. : Высш. школа , 1962. – 556 с.
12. Каталог оборудования для обеззараживания питьевых и сточных вод. Вып. 1. Оборудование хлораторных. – М. : ОАО «ЦНИИЭП инженерного оборудования», 2000. – 75 с.

13. Калицун, В.И. Новые методы удаления и обработки осадка из песколовок / В.И. Калицун, В.Н. Николаев. – М. : Стройиздат, 1976. – 77 с.
14. Новая технологическая схема отделения песка из осадка песколовок / В.И. Калицун [и др.] // Водоснабжение и сантехника. – № 11. – 1994. – С. 11–13.
15. Курганов, А.М. Гидравлические расчеты систем водоснабжения и водоотведения : справочник / А.М. Курганов, Н.Ф. Федоров ; под ред. А.М. Курганова. – 3-е изд. – Л. : Стройиздат, ленинградское отделение, 1986. – 440 с.
16. Калицун, В.И. Эффективность работы аэрируемых песколовок / В.И. Калицун, Г.Н. Жмакова, О.Г. Еличева // Водоснабжение и сантехника. – № 4. – 1996. – С. 4–6.
17. Кигель, Е.М. Эксплуатация канализационных очистных сооружений / Е.М. Кигель. – Киев : Будівельник, 1978. – 143 с.
18. Кожевников А.Б. Основные аспекты развития хлораторов АХВ-1000 / А.Б. Кожевников, О.П. Петросян // Водоснабжение и сантехника. – № 8. – 2002. – С. 10–12.
19. Особенности эксплуатации установок внутрипластового обезжелезивания воды / С.И. Круглик [и др.] // Водоснабжение и сантехника. – № 7. – 2003. – С. 13–16.
20. Курнилович, О.Б. Управление системой «аэротенк-вторичный отстойник» / О.Б. Курнилович, О.А. Колесниченко // Водоснабжение и сантехника. – № 12. – 1995. – С. 28–29.
21. Лоренц, В.И. Эксплуатация промышленных очистных сооружений / В.И. Лоренц. – Киев : Техніка, 1977. – 181 с.
22. Любарский, В.М. Осадки природных вод и методы их обработки / В.М. Любарский. – М. : Стройиздат, 1980. – 128 с.
23. Медведев, Г.П. Экспериментальное исследование радиальных отстойников / Г.П. Медведев, Б.Г. Мишуков, Е.Г. Соловьева // Водоснабжение и сантехника. – 2001. – № 8. – С. 18–20.
24. Методические рекомендации по расчету количества и качества принимаемых сточных вод и загазняющих веществ в системы канализации населенных пунктов. МДК 3-01.2001 / Утверждены приказом Госстроя России от 06.04.2001. – № 75.
25. Митягин, В.Н. Наладка и эксплуатация очистных сооружений водопровода в Сибири / В.Н. Митягин. – М. : Изд-во ЦП НПО Коммунального хозяйства и бытового обслуживания, 1983. – 83 с.

26. Мешенгиссер, Ю.М. Методика расчета аэрационных систем / Ю.М. Мешенгиссер, А.И. Щетинин // Водоснабжение и сантехника. – 1998. – № 12. – С. 19–21.
27. Мешенгиссер, Ю.М. Влияние эффективных систем аэрации на качество очистки сточных вод / Ю.М. Мешенгиссер, А.И. Щетинин // Современные водные технологии : научно-практический сборник. – М., 2002. – С. 48–53.
28. Новиков, М.Г. Совершенствование работы фильтровальных сооружений / М.Г. Новиков, Е.А. Евельсон, Е.И. Нефедова // Водоснабжение и сантехника. – 2002. – № 9. – С. 17–19.
29. Новиков М.Г. Утилизация промывных вод фильтровальных сооружений на водоочистных станциях / М.Г. Новиков, Н.Г. Иванова, Л.П. Дмитриева // Вода и экология. – 2000. – № 1. – С. 10–11.
30. Обработка и удаление осадков сточных вод. В 2 т. Т. 1. Обработка осадков ; пер. с англ. Т.А. Карюхиной, И.Н. Чурбановой, И.Х. Заена. –М. : Стройиздат, 1985. – 237 с.
31. Орлов, В.О. Интенсификация работы водоочистных сооружений / В.О. Орлов, Б.И. Шевчук. – Киев : Будівельник, 1989. – 128 с.
32. Петросян, О.П. Конструктивные проблемы: хлораторы эжекционного типа / О.П. Петросян, А.Б. Кожевников // Жил. и коммун. хоз-во. – 2002. – № 6.
33. Положение о проведении планово-предупредительного ремонта на предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства. – М. : ЦБТИ, 1999. – 67 с.
34. Похил, Ю.Н. Обработка осадка на ОСК г. Новосибирска / Ю.Н. Похил, Ю.Г. Багаев // Водоснабжение и сантехника – № 12, часть 1. – 2002. – С. 21–22.
35. Правила безопасности при производстве, транспортировании и хранении хлора: ПБ 09-300-99. – М. : Гостехнадзор России, изд-во «Принтер», 2000. – 75 с.
36. Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации. – М. : Гос. комитет РФ по стр-ву и жилищно-коммунальному комплексу, 2000. – 120 с.
37. Правила приема производственных сточных вод в системы канализации населенных пунктов. – 5-е изд. – М. : Изд-во АКХ им. К.Д. Памфилова, 1989. – 103 с.

38. Проектирование сооружений для обезвоживания осадков станций очистки природных вод : справочное пособие к СНиП. – М. : Стройиздат, 1990. – 40 с.
39. Рубчак, И.Ю. Сооружения для обработки осадков городских сточных вод (проектирование, строительство и эксплуатация) / И.Ю. Рубчак, М.Н. Сирота. – М. : Стройиздат, 1978. – 116 с.
40. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. СанПин 2.1.4.559-96. Изд. официальное. – М. : Госкомэпиднадзор России, 1996. – 111 с.
41. Снижение выноса ила с илососами / Ю.М. Смирнов [и др.] // Водоснабжение и сантехника. – № 12. – 2001. – С. 17–20.
42. СНиП 2.04.02-84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М. : Госстрой России, 1997. – 128 с.
43. Строительные нормы и правила. СНиП 2-04-03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М. : ЦИПТ Госстроя СССР, 1986. – 72 с.
44. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды. В 2 ч. Ч. 2. / Л.А. Кульский [и др.]. – Киев : Наукова думка, 1980. – 446 с.
45. Туровский, И.С. Обработка осадков сточных вод / И.С. Туровский. – М. : Стройиздат, 1975. – 160 с.
46. Тугушева, Н.Ю. Оценка работы аэротенков тушинской станции аэрации с измерением окислительно-восстановительных потенциалов / Н.Ю. Тугушева, А.Л. Фролова // Технология очистки сточных вод г. Москва. – М. : Стройиздат, 1973. – С. 29-41.
47. Чайковский, Г.П. Применение местного материала для загрузки фильтров водопроводов / Г.П. Чайковский. А.Д. Лернер, И.Я. Сиренко // Жилишн. и коммун. хоз-во. – 1984. – № 5.
49. Чайковский, Г.П. Обезжелезивание и деманганация подземных вод : учеб. пособие / Г.П. Чайковский, В.В. Кулаков, Е.В. Сошников. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 1998. – 100 с.
50. Чайковский, Г.П. Повторное использование промывных вод фильтров станций обезжелезивания воды при высоких концентрациях железа в источнике / Г.П. Чайковский, Е.В. Сошников, С.Г. Кофтелеева // Совершенствование систем железнодорожного водоснабжения и водоотведения в районах Дальнего Востока, в зоне БАМ и Забайкалья : межвуз. сб. науч. тр. – Хабаровск : ХабИИЖТ, 1986. – С. 40–45.

51. Эксплуатация систем водоснабжения, канализации и газоснабжения : справочник / под ред. В.Д. Дмитриева, Б.Г. Мишукова. – 3-е изд. – Л. : Стройиздат, ленинградское отделение, 1988. – 388 с.
52. Эль, М.А. Наладка и эксплуатация очистных сооружений городской канализации / М.А. Эль, Ю.Ф. Эль, И.Ф. Вебер. – М. : Стройиздат, 1977. – 230 с.
53. Яковлев, С.В. Водоотведение и очистка сточных вод / С.В. Яковлев, Ю.В. Воронов. – 2-е изд. – М. : АСВ, 2002. – 704 с.
54. Регулируемые канализационные системы / С.В. Яковлев [и др.] // Водоснабжение и сантехника. – 1998. – № 9. – С. 13–15.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| ВВЕДЕНИЕ | 3 |
| 6. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОПРОВОДНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ (ВОДОПРОВОДНЫХ СТАНЦИЙ) | 4 |
| 6.1. Общие сведения..... | 4 |
| 6.1.1. Пуск водопроводной станции в эксплуатацию | 4 |
| 6.1.2. Производственный и технологический контроль работы водопроводной станции | 5 |
| 6.1.3. Штаты водопроводной станции | 6 |
| 6.1.4. Краткие сведения о реагентной обработке воды..... | 6 |
| 6.2. Реагентное хозяйство | 8 |
| 6.2.1. Назначение реагентного хозяйства..... | 8 |
| 6.2.2. Хранение реагентов и их подготовка к использованию | 11 |
| 6.2.3. Эксплуатационные работы и техническое обслуживание | 15 |
| 6.2.4. Оценка эффективности работы реагентного цеха | 17 |
| 6.3. Хлорное хозяйство | 18 |
| 6.3.1 Общие положения | 18 |
| 6.3.2. Эксплуатация складов хлора | 22 |
| 6.3.3. Приготовление хлорной воды..... | 31 |
| 6.3.4. Эксплуатация системы приготовления хлорной воды | 36 |
| 6.3.5. Техническое обслуживание и ППР хлорного хозяйства..... | 39 |
| 6.3.6. Меры безопасности при эксплуатации хлорного хозяйства | 40 |
| 6.3.7. Постхлорирование | 41 |
| 6.4. Эксплуатация смесителей воды с реагентами..... | 42 |
| 6.4.1. Режим смешения реагентов с водой..... | 42 |
| 6.4.2. Контроль за режимом смешения | 45 |
| 6.4.3. Эксплуатация и профилактическое обслуживание смесителей. ППО и ППР | 45 |
| 6.5. Техническая эксплуатация камер хлопьеобразования и отстойников | 46 |
| 6.5.1. Эксплуатация камер хлопьеобразования | 47 |
| 6.5.2. Эксплуатация горизонтальных отстойников..... | 49 |
| 6.6. Эксплуатация осветлителей со взвешенным осадком | 57 |
| 6.6.1. Общие положения | 57 |
| 6.6.2. Оперативная работа и контроль | 58 |
| 6.6.3. Сезонная регулировка осветлителей..... | 61 |
| 6.6.4. Профилактическое обслуживание, ППО, ППР и капитальный ремонт осветлителей | 62 |
| 6.6.5. Отказы. Причины и предупреждение | 64 |
| 6.6.6. Интенсификация работы осветлителей..... | 65 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.6.7. Требования к качеству строительства и пусконаладочные работы..... | 66 |
| 6.7. Эксплуатация фильтровальных сооружений | 67 |
| 6.7.1. Общие сведения..... | 67 |
| 6.7.2. Производственные работы. Оперативный и технический контроль..... | 69 |
| 6.7.3. Планово-профилактический осмотр и Планово-предупредительный ремонт фильтров..... | 77 |
| 6.7.4. Основные причины отказов и меры по их предупреждению | 79 |
| 6.7.5. Интенсификация работы фильтров и совершенствование их конструкций | 83 |
| 6.7.6. Требования к качеству строительства и пусконаладочные работы..... | 86 |
| 6.8. Песковое хозяйство..... | 90 |
| 6.9. Обработка производственных сточных вод и осадков водопроводной станции..... | 94 |
| 6.9.1. Общие сведения..... | 94 |
| 6.9.2. Обезвоживание осадков | 96 |
| 6.9.3. Сгустители | 96 |
| 6.9.4. Накопители | 98 |
| 6.9.5. Площадки замораживания | 99 |
| 6.9.6. Площадки подсушивания | 101 |
| 6.9.7. Эксплуатация сооружений по обработке промывных вод фильтров | 101 |
| 6.10. Анализ работы и качество эксплуатации водопроводных станций | 103 |
| 6.10.1. Надёжность | 103 |
| 6.10.2. Экологичность | 106 |
| 6.10.3. Экономичность | 106 |
| 6.10.4. Безопасность жизнедеятельности персонала станции..... | 107 |
| 7. ЭКСПЛУАТАЦИЯ СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД | 107 |
| 7.1. Особенности технологии очистки подземных вод от железа | 107 |
| 7.2. Особенности эксплуатации сооружений | 112 |
| 7.2.1. Аэрационные устройства..... | 112 |
| 7.2.2. Фильтры | 114 |
| 7.3. Эксплуатация установок обезжелезивания воды в водоносном пласте..... | 118 |
| 7.4. Обработка промывных вод и осадков станций обезжелезивания воды..... | 119 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ | 121 |
| 8.1. Общие положения | 121 |
| 8.2. Содержание производственного и технологического контроля | 125 |
| 8.3. Эксплуатация блока сооружений механической очистки..... | 129 |
| 8.3.1. Эксплуатация решеток | 129 |
| 8.3.2. Эксплуатация песколовок..... | 133 |
| 8.3.3. Эксплуатация первичных отстойников..... | 143 |
| 8.4. Эксплуатация сооружений для биологической очистки сточных вод | 153 |
| 8.4.1. Общие положения | 153 |
| 8.4.2. Эксплуатация высоконагруженых биофильтров. Технологический процесс | 153 |
| 8.4.3. Эксплуатация аэротенков и вторичных отстойников..... | 164 |
| 8.4.4. Эксплуатация установок для обеззараживания и выпуска сточных вод | 186 |
| 8.5. Иловое хозяйство очистных сооружений..... | 188 |
| 8.5.1. Общие положения | 188 |
| 8.5.2. Эксплуатация аэробных минерализаторов (стабилизаторов) | 188 |
| 8.5.3. Эксплуатация иловых площадок | 195 |
| 8.6. Эксплуатация лотков и трубопроводов очистных сооружений..... | 200 |
| 8.7. Эксплуатация воздуходувных станций | 201 |
| 8.8. Анализ качества эксплуатации станций очистки городских сточных вод | 203 |
| 8.8.1. Надежность эксплуатации..... | 203 |
| 8.8.2. Экологичность эксплуатации | 206 |
| 8.8.3. Экономичность эксплуатации | 207 |
| 8.8.4. Безопасность жизнедеятельности персонала очистных сооружений | 210 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 212 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 214 |

Учебное издание

**Воловник Георгий Исаевич
Терехов Лев Дмитриевич
Чайковский Гарольд Петрович
Сошников Евгений Валентинович**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ
КОММУНАЛЬНЫХ СИСТЕМ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

Учебное пособие

В двух частях

Часть 2

Редактор А.А. *Иванова*
Технический редактор И.А. *Нильмаер*

Сдано в набор 14.12.2007 г. Подписано в печать 11.12.2008.
Формат 60x84¹/₁₆. Гарнитура Arial. Усл. печ. л. 12,9.
Зак. 338. Тираж 100 экз. Цена 376 р.

Издательство ДВГУПС
680021, г. Хабаровск, ул. Серышева, 47.

