

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

М.А. Сафронов

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ И СООРУЖЕНИЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Курс лекций

Рекомендовано Редсоветом университета
в качестве учебного пособия для студентов,
обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство»

Пенза 2015

УДК 628.1/2-049.7(075.8)
ББК 38.761я73
С21

Рецензенты: кандидат технических наук, доцент
С.А. Кочергин (ПГУАС);
заместитель технического директора
по новой технике и инвестициям
ООО «Горводоканал» г.Пензы
П.В. Пивоваров

Сафронов М.А.

С21 Эксплуатация систем и сооружений водоснабжения и водоотведения: курс лекций / М.А. Сафронов – Пенза: ПГУАС, 2015. – 128 с.

Изложены основные вопросы эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения. Рассмотрены вопросы организации служб эксплуатации, а также способы производства работ при эксплуатации водозаборных сооружений, водопроводных и канализационных сетей, насосных станций, сооружений по очистке воды для питьевых целей и очистки сточных вод. Освещаются правила приема систем водоснабжения и водоотведения в эксплуатацию. Уделено внимание надежности, долговечности и экономичности работы систем.

Учебное пособие подготовлено на кафедре «Водоснабжение, водоотведение и гидротехника» и предназначено для использования студентами дневной и заочной форм обучения направления 08.03.01 «Строительство» (профиль «Водоснабжение и водоотведение») при изучении дисциплины «Эксплуатация систем и сооружений водоснабжения и водоотведения», а также для студентов, обучающихся в магистратуре кафедры.

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2015
© Сафронов М.А., 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Целью изучения дисциплины «Эксплуатация систем и сооружений водоснабжения и водоотведения» является формирование знаний правил и навыков контроля, пуска, наладки и эксплуатации элементов систем водоснабжения и водоотведения для обеспечения бесперебойной, надежной и экономичной работы сетей и сооружений.

Данное учебное пособие предназначено для использования студентами дневной и заочной форм обучения направления 08.03.01 «Строительство» профиль «Водоснабжение и водоотведение» при изучении курса «Эксплуатация систем и сооружений водоснабжения и водоотведения», а также для студентов, обучающихся в магистратуре по направлению 08.04.01 «Строительство».

Учебное пособие состоит из девяти лекций.

В первой лекции рассматривается организация и задачи службы эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения.

Вторая лекция посвящена эксплуатации водозаборных сооружений из подземных и поверхностных источников.

В третьей лекции изложены основные вопросы эксплуатации сетей и насосных станций водопровода и канализации.

Четвёртая лекция посвящена наладке и приему в эксплуатацию водопроводных очистных сооружений. Рассматриваются также вопросы эксплуатации отстойников и осветлителей со взвешенным осадком, скорых и медленных фильтров, сооружений по обезжелезиванию, деманганации и обескремниванию воды.

В пятой лекции приводится информация по эксплуатации сооружений и аппаратов для коагулирования питьевой воды.

Основные принципы эксплуатации сооружений и аппаратов для обеззараживания питьевой воды представлены в шестой лекции.

В седьмой лекции рассмотрены вопросы эксплуатации сооружений и аппаратов для механической очистки сточных вод.

Восьмая лекция посвящена эксплуатации сооружений и аппаратов для биологической очистки сточных вод.

В девятой лекции изложены вопросы эксплуатации сооружений и аппаратов для обработки осадков сточных вод.

ВВЕДЕНИЕ

Системы водоснабжения и канализации населенных мест предназначены для обеспечения населения питьевой водой, а также для водоотведения сточных вод и последующей их очистки.

Обеспечение населения и промышленности водой в сочетании с отведением, очисткой сточных вод, обработкой и ликвидацией осадков составляет необходимые обязательные условия экологической безопасности.

Новые экономические отношения, принятие Гражданского и Водного кодексов Российской Федерации, новое законодательство в области охраны окружающей среды и природопользования создали благоприятные условия для обеспечения потребителей качественной питьевой водой как одного из факторов санитарно-эпидемиологического благополучия населения; охраны окружающей среды от загрязнения недостаточно очищенными сточными водами; повышения эффективности, надежности работы систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации; улучшения организации управления и эксплуатации этих систем.

В настоящее время сформированы задачи служб эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения, заключающиеся в бесперебойном снабжении населения, промышленности и сельского хозяйства водой, экономии водных ресурсов, отведении и очистке сточных вод, предотвращении загрязнения водных источников и почвы стоками и твердыми отходами.

Рост числа систем водоснабжения и водоотведения, их постоянное усложнение ставят новые задачи перед службой эксплуатации, связанные с автоматизацией систем управления водохозяйственными объектами, внедрением новых перспективных технологий, созданием крупных и групповых систем водопользования, охватывающих целые регионы страны.

Появилось много новых технологий водоподготовки и очистки сточных вод, позволяющих получать очищенную воду более интенсивными методами, чем раньше. Одновременно повысились требования к надежности сооружений и трубопроводов. Несовершенство проектирования и технологии строительства очистных сооружений и сетей водоснабжения и водоотведения, низкое качество используемых строительных материалов, строительство без учета влияния реального состава вод приводят к преждевременному разрушению инженерных конструкций и ухудшению их эксплуатационных характеристик.

Для сохранения работоспособности инженерных систем при нормативном сроке службы трубопроводов водоснабжения и водоотведения 25–30 лет требуется высокая степень технической подготовленности персонала при эксплуатации, реконструкции трубопроводов и интенсификации работы очистных сооружений.

В настоящем пособии основное внимание уделено системам и сооружениям, наиболее широко распространенным в коммунальном водоснабжении и водоотведении.

Лекция №1

ОРГАНИЗАЦИЯ И ЗАДАЧИ СЛУЖБЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

1. Цель и задачи службы эксплуатации водопроводно-канализационных сооружений.
2. Организация эксплуатации водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ).
3. Организация диспетчерской службы.
4. Надежность систем водоснабжения и водоотведения.

1. Цель и задачи службы эксплуатации водопроводно-канализационных сооружений

Целью технической эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения является обеспечение бесперебойной и надежной работы всех сетей и сооружений при высоких технико-экономических и качественных показателях с учетом требований к сточным водам и рационального использования водных ресурсов.

Основные задачи эксплуатации водопроводно-канализационного хозяйства:

- обеспечение бесперебойной работы сетей и сооружений с заданными технологическими режимами и качеством воды в соответствии с требованиями [5] или техническими условиями (ТУ) для очистки городских сточных вод;
- устранение в кратчайшие сроки аварий и повреждений с изучением причины их появления с целью предупреждения в будущем;
- своевременное и качественное проведение текущего и капитального ремонтов;
- борьба с утечками, потерями, нерациональным использованием воды, поступлением грунтовых вод в канализационные сети;
- повышение производительности труда и рентабельности работы за счет совершенствования организации, механизации и автоматизации производственных процессов, экономии материальных и энергетических ресурсов;
- надзор за строительством, своевременный ввод в эксплуатацию новых и реконструированных сетей и сооружений.

Выполнение задач по эксплуатации водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ) возлагается на специализированные предприятия, организации и их подразделения.

Контроль за техническим состоянием основных зданий и сооружений водопроводно-канализационного хозяйства (насосных станций, очистных сооружений, подземных резервуаров, шахт, водонапорных башен и др.)

производится по утвержденным планам, в сроки, устанавливаемые в зависимости от местных условий и состояния объектов.

2. Организация эксплуатации водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ)

Создание эффективно действующей системы управления является фактором интенсификации работы водопроводно-канализационного хозяйства.

Организационная и производственная структура водопроводно-канализационного хозяйства зависит от масштаба его деятельности, производственной мощности, местных и других факторов.

Для больших городов основной организационной формой являются производственные управления (объединения) водопроводно-канализационного хозяйства (ПУВКХ) или (ПОВКХ).

Особенность ПУВКХ и объединений как организационных форм заключается в том, что для всех предприятий водопроводно-канализационного хозяйства, находящихся на территории данного города, они являются органами управления, а отдельные предприятия (подразделения) осуществляют свою деятельность на правах предприятий с внутренним хозяйством и имеют свой аппарат управления. В то же время ПУВКХ и объединения несут ответственность за результаты деятельности каждого из них.

Из-за различий в размерах и конфигурации территорий, численности населения, исторически сложившейся планировки городов и других факторов структуры ПУВКХ (ПОВКХ) весьма разнообразны. Наиболее характерная структура ПОВКХ приведена на рис. 1. Здесь можно выделить две группы основных подразделений с одинаковыми (или близким) составом служб по водоснабжению и водоотведению, что объясняется сходством основных технологических процессов и проведением эксплуатационных работ. К основным подразделениям относятся службы насосных станций, водопроводной и водоотводящей сетей, очистных сооружений. Деятельность обслуживающих подразделений (центральной лаборатории, ремонтно-строительного управления, электроцеха, механических мастерских и др.) связана с обеспечением бесперебойной работы основных служб.

В составе как основных, так и обслуживающих подразделений могут быть образованы специализированные звенья, бригады, участки и др. Это, как правило, позволяет повысить производительность труда, сократить время проведения аварийных, ремонтно-восстановительных и других работ. При создании организационной структуры ПУВКХ (ПОВКХ) должна учитываться численность сотрудников, техническая оснащенность служб, взаимосвязь технологических и обслуживающих подразделений с соблюдением пропорциональности и соответствия размеров, масштабов деятельности каждого производственного звена.

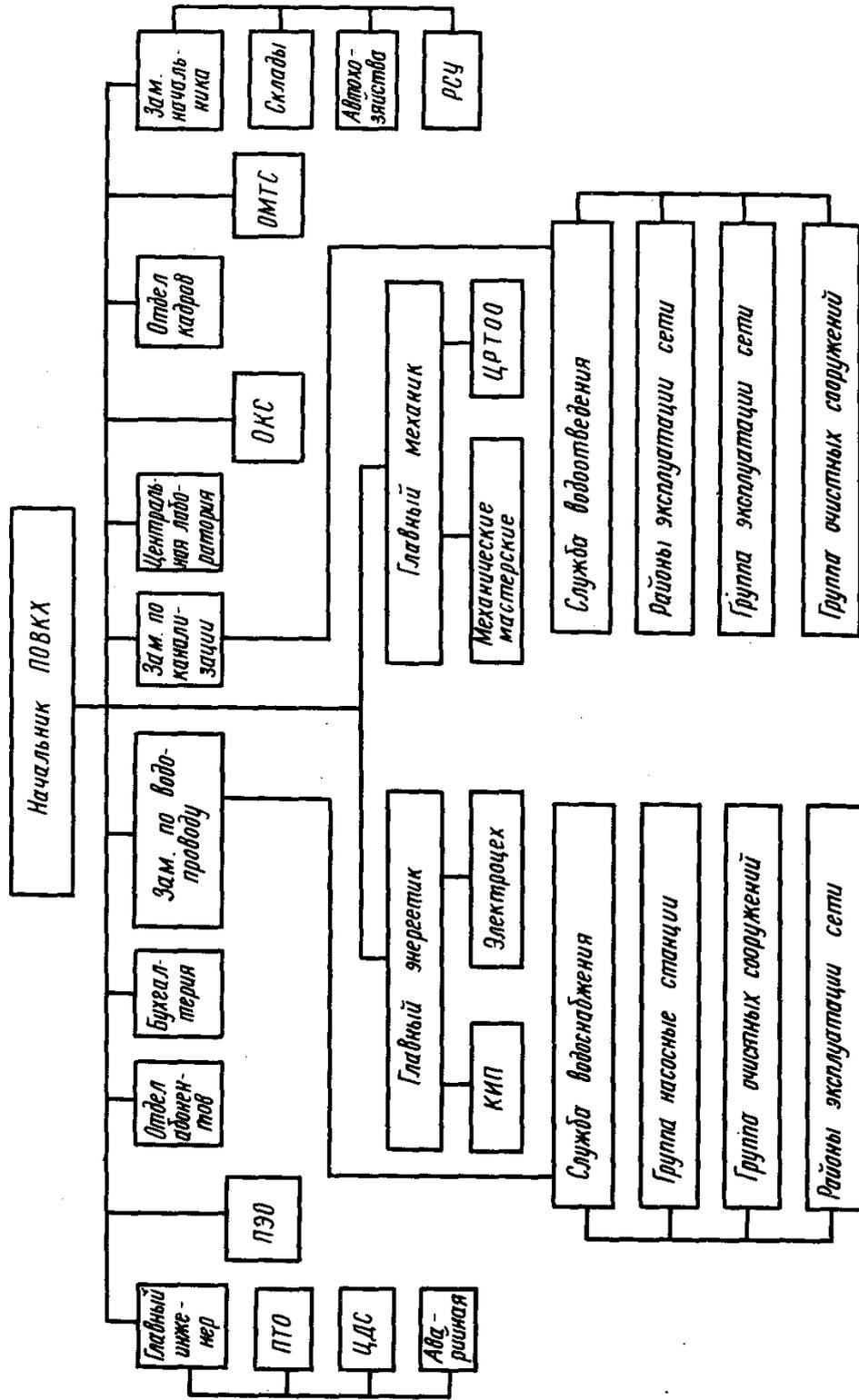


Рис. 1. Примерная организационная структура производственного объединения водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ) [19]:

ПТО – производственно-технический отдел; ЦДС – центральная диспетчерская служба; ПЭО – планово-экономический отдел; КИП – контрольно-измерительные приборы; ОКС – отдел капитального строительства; ОМТС – отдел материально-технического снабжения; РСУ – ремонтно-строительное управление; ЦРТОО – цех по ремонту и техническому обслуживанию оборудования

Организационная структура управления водопроводно-канализационного хозяйства должна быть достаточно гибкой (динамичной) системой, позволяющей учитывать постоянно меняющиеся объемы и основные фонды ВКХ, условия проведения ремонтно-эксплуатационных работ. Численность сотрудников подразделений, оснащенных техникой, должна обеспечивать выполнение основных задач по эксплуатации ВКХ с наибольшей производительностью труда.

При переходе на экономичные методы управления (хозрасчет, самофинансирование) с целью сокращения управленческого аппарата могут создаваться многоотраслевые территориальные комплексы – производственные объединения жилищно-коммунального хозяйства (ПОЖСКХ), в состав которых входят специализированные предприятия водопроводно-канализационного хозяйства и других отраслей.

В малых городах и рабочих поселках с небольшой численностью населения создаются единые организации управления жилищно-коммунальным хозяйством, включая подразделения водопроводно-канализационного хозяйства.

Права и обязанности организаций, занимающихся эксплуатацией ВКХ, регламентируются действующим законодательством в области коммунального хозяйства.

Организация ВКХ может прекратить или ограничить отпуск питьевой воды и (или) прием сточных вод без предварительного уведомления абонентов в следующих случаях:

- прекращение энергоснабжения объектов организации ВКХ;
- возникновение аварии в результате стихийных бедствий и чрезвычайных ситуаций;
- необходимость увеличения подачи питьевой воды к местам возникновения пожаров.

Организация ВКХ может прекратить или ограничить отпуск питьевой воды и (или) прием сточных вод, предварительно уведомив абонента, органы местного самоуправления, местные службы Госсанэпиднадзора, а также территориальное подразделение Государственной противопожарной службы МЧС РФ, в следующих случаях:

- резкое ухудшение качества воды в источнике питьевого водоснабжения;
- попадание не разрешенных к сбросу сточных вод и загрязняющих веществ в систему коммунальной канализации, причинивших ущерб этой системе или приведших к аварии;
- устранение последствий аварии;
- аварийное или неудовлетворительное состояние водопроводных и (или) канализационных сетей;
- проведение работ по присоединению новых абонентов;
- проведение планово-предупредительного ремонта;

- неуплата абсентом поданной ему питьевой воды и (или) принятых сточных вод за два расчетных периода, установленных договором.

При полном прекращении подачи питьевой воды в населенный пункт или отдельные его районы независимо от причин, вызвавших его, организация ВКХ принимает меры по обеспечению временного водоснабжения населения и территориальных подразделений Государственной противопожарной службы МЧС РФ.

Организации ВКХ имеет право:

- осуществлять контроль правильности учета объемов водопотребления и водоотведения абонентами и субабонентами;
- осуществлять лабораторный контроль состава сточных вод абонентов;
- применять меры экономического воздействия за несоблюдение требований [7] в порядке, предусмотренном законодательством РФ или договором.

3. Организация диспетчерской службы

Диспетчерская служба ВКХ – важный оперативный, круглосуточно действующий орган управления всей системой подачи, распределения и отведения воды в населенном пункте, от правильного действия которого зависит бесперебойность водоснабжения и водоотведения абонентов.

К компетенции диспетчерской службы относится решение оперативных вопросов для обеспечения надежности, бесперебойности и экономичности работы отдельных сооружений и всей системы в целом.

Задачи диспетчерской службы:

- руководство эксплуатацией систем водоснабжения и канализации в целом и отдельных цехов, сооружений и коммуникаций;
- обеспечение заданных режимов работы систем водоснабжения и канализации, их корректировка и разработка новых эксплуатационных режимов;
- контроль исправного функционирования средств диспетчерского управления объектами ВКХ;
- поддержание оперативной связи с подразделениями Государственной противопожарной службы, городскими службами МЧС, газоспасательными службами и органами местного самоуправления;
- прием заявок на устранение повреждений и аварий;
- контроль ведения аварийных работ на сетях и сооружениях, распределение аварийных бригад, автотранспорта и материалов, механизмов и оборудования;
- осуществление мероприятий по обеспечению необходимой водоподачи системой водоснабжения в районе возникшего пожара.

В состав диспетчерских служб по каждой системе водоснабжения и водоотведения могут входить центральные диспетчерские пункты (ЦДП) и местные диспетчерские пункты (МДП) районов (участков) сети и отдель-

ных технологических узлов. В городах, где диспетчерская служба состоит из одного диспетчерского пункта, объединенного для водопровода и канализации, либо отдельных по каждому из них, ЦДП подчиняются в оперативном отношении ответственные дежурные и телефонисты всех действующих технологических узлов: насосных и очистных станций, резервуаров, узлов артезианских скважин, ремонтных баз и сетевых участков.

Диспетчер имеет право оперативно изменять график работы оборудования и сооружений при изменении условий работы системы или отдельных объектов в пределах своей оперативной ответственности.

Ни один элемент оборудования и сооружений не может быть выведен из работы или резерва без разрешения диспетчера соответствующего уровня, кроме случаев, явно угрожающих безопасности людей и сохранности оборудования.

Вывод оборудования из рабочего состояния и резерва независимо от наличия утвержденного плана оформляется заявкой, подаваемой диспетчеру заблаговременно, до начала производства работ. В заявке на вывод оборудования из работы или резерва должны быть указаны: вид оборудования, цель его выведения из рабочего состояния или резерва и срок (дата и часы начала и окончания работ), график работ, наименование переключаемых и отключаемых участков, меры безопасности при проведении работ.

В исключительных случаях дежурный диспетчер имеет право разрешить внеплановый ремонт единолично на срок в пределах своего дежурства с последующим уведомлением главного инженера предприятия.

Локализация и устранение аварий на сооружениях, коммуникациях и оборудовании, находящихся в оперативном подчинении дежурного диспетчера, осуществляются под его руководством. Локализация и устранение крупных аварий осуществляются под руководством главного инженера предприятия ВКХ или уполномоченного им на то лица, о чем должна быть сделана запись в оперативном журнале диспетчерского пункта.

Выключение сетей и изменение режимов работы насосных станций, резервуаров и сетей, находящихся в ведении МДП, должны согласовываться с ЦДП.

Эффективная работа диспетчерских пунктов возможна только при условиях:

- обеспечения постоянной информацией диспетчера обо всех выполняемых работах, связанных с выключением участков сетей (смена задвижек, гидрантов, врезка новых линий и установка дополнительной арматуры, изменение границ зон питания и режима работы магистралей и т.п.);

- постоянного пополнения диспетчерского пункта исполнительной документацией вводимых в эксплуатацию новых сетей и сооружений с внесением необходимых коррективов в существующую документацию;

- постоянного повышения квалификации диспетчеров и посещения ими строящихся и эксплуатируемых сетей и сооружений.

Диспетчерские пункты должны быть оснащены современными средствами оперативного и диспетчерского управления и связи, а также по возможности компьютерной техникой, связанной с терминалами и программируемыми контроллерами на основных сооружениях сети.

На диспетчерском пункте необходимо иметь оперативные материалы в объеме, соответствующем границам ответственности конкретного диспетчерского пункта (ЦДП, МДП и т.п.).

Оперативные схемы сетей систем водоснабжения и канализации должны быть нанесены на план города с указанием наименований улиц, проездов, площадей и нумерацией строений.

4. Надежность систем водоснабжения и водоотведения

Надежность является одним из важнейших свойств, которым должны обладать системы водоснабжения и водоотведения (ВиВ).

Надежность систем ВиВ города – комплексная характеристика, функционально определяющая работоспособность всех конструктивных звеньев, входящих в его состав: трубопроводов, оборудования трубопроводов (запорная, предохранительная арматура и пр.), сооружений на сети. Системы ВиВ должны быть запроектированы и устроены так, чтобы они удовлетворяли при нормальной работе (будучи полностью исправными) требованиям потребителей воды и чтобы уровень обеспечения потребителей не падал ниже установленного допустимого предела при возникновении в них любых возможных неисправностей. Указанное снижение уровня обеспечения абонентов может быть выражено в снижении количества подаваемой воды, снижении давления в критических точках водопроводной сети, ухудшении качества подаваемой или отводимой воды, изливов сточных вод на поверхность земли и т.д.

Начальным этапом работ по повышению надежности систем ВиВ является сбор первичной информации о них. К этой информации предъявляются следующие требования [10]:

- полнота – наличие всех сведений, необходимых для оценки и анализа надежности как системы в целом, так и отдельных ее элементов;
- достоверность – понятие, отражающее правильность сведений;
- однородность – свойство информации, обеспечивающееся, если собираемые сведения отражают режим работы системы, условия эксплуатации, данные о ремонте, квалификации обслуживающего персонала и т.д. Она предполагает разделение признаков (событий), при которых происходят неисправности, на группы, обладающие одним и тем же свойством;
- дискретность – требование, необходимое в связи с тем, что надежность системы характеризуется набором показателей и для их расчета приходится иногда использовать одно и то же сообщение, но связанное с

разными признаками, при которых возникает неисправность. Так, показатели надежности элементов, составляющих системы, и система в целом могут быть оценены по информации о надежности элементов. При несоблюдении требований дискретности информация может быть использована только однократно, а для определения других показателей должна собираться заново;

- своевременность — основа для принятия корректирующих решений относительно процесса изготовления оборудования и постройки систем ВиВ. Необходимость выполнения этого условия вытекает из назначения собираемой информации;

- непрерывность — создание непрерывного потока достоверной информации о работе и неисправностях систем водоснабжения и водоотведения в процессе их эксплуатации; является одним из основных требований к системе организации учета и сбора данных о надежности.

Время наблюдений и сбора информации о надежности в целом систем ВиВ в условиях их эксплуатации можно ограничить временем, достаточным для проявления характерных отказов всех элементов систем (три года).

Для получения достоверной информации должен быть организован инструктаж работников, ведущих записи в журналах наблюдений.

Важным элементом работы по сбору информации о надежности системы ВиВ является изъятие отказавших деталей арматуры и оборудования для последующего анализа причин их отказов. Прежде всего это относится к такому быстроходному оборудованию, как насосы и электродвигатели.

Критерием, определяющим минимальное число объектов наблюдений, является погрешность в определении показателей надежности. Однако на начальном этапе наблюдения, при отсутствии данных по законам распределения показателей надежности систем ВиВ, минимальное число объектов наблюдений N следует определять так называемым непараметрическим методом по принятым значениям доверительной вероятности β и вероятности безотказной работы $P(t)$. По табл. 1 находят минимальное число объектов наблюдения [10].

Т а б л и ц а 1

Зависимость минимального числа объектов наблюдения от вероятности безотказной работы и доверительной вероятности

$P(t)$	β			
	0,80	0,90	0,95	0,99
0,500	—	—	—	7
0,800	8	10	13	20
0,900	15	21	30	44
0,950	30	40	60	85
0,980	75	120	140	230
0,990	150	220	280	430
0,995	330	430	600	800

При выборе номенклатуры показателей надежности необходимо учитывать, что надежность систем ВиВ характеризуется безотказностью, ремонтпригодностью и долговечностью.

Для оценки надежности систем ВиВ в целом достаточно следующих показателей [9, 10]:

- коэффициент готовности – вероятность того, что система ВиВ будет работоспособна в произвольно выбранный момент времени;
- коэффициент технического использования, характеризующий одновременно безотказность и ремонтпригодность системы;
- среднее время восстановления – показатель ремонтпригодности;
- ресурс (гамма-процентный) – показатель долговечности.

Контрольные вопросы

1. Какова цель технической эксплуатации водопроводно-канализационных сооружений?
2. Перечислите основные задачи службы эксплуатации водопроводно-канализационных сооружений.
3. Назовите основные подразделения, входящие в состав организации, занимающейся эксплуатацией водопроводно-канализационного хозяйства.
4. В каких случаях организация ВКХ может прекратить или ограничить отпуск питьевой воды и (или) прием сточных вод?
5. Перечислите цель и задачи диспетчерской службы.
6. За счет чего может быть достигнута высокая эффективность работы диспетчерских пунктов?
7. Что такое надежность систем водоснабжения и водоотведения? Как ее определить?

Лекция №2

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Организация эксплуатации водозаборных сооружений из поверхностных источников водоснабжения.
2. Организация эксплуатации водозаборных сооружений из подземных источников водоснабжения.

1. Организация эксплуатации водозаборных сооружений из поверхностных источников водоснабжения

Для выяснения вопроса о надежном снабжении водой данного водопровода большое значение имеют правильно проведенные наблюдения за уровнями воды в поверхностном источнике за многие годы, колебанием этого уровня по периодам года, прохождением паводков, ледоставом, шуго-ледовой обстановкой, ледоходами, изменением берегов, наносами, состоянием санитарии в зонах санитарной охраны, физико-химическим, бактериологическим и биологическим качеством воды.

Для приема водозаборных сооружений в эксплуатацию необходимо оформить следующие документы: генеральный план площадки водозаборных сооружений; оперативную технологическую схему коммуникаций, агрегатов и переключений; схемы автоматизации и телемеханизации; паспорта на водозаборные сооружения и установленное оборудование; журнал учета забираемой из источника воды; журнал контроля и учета работы сооружений и оборудования.

В процессе эксплуатации в паспорта вносятся все изменения, связанные с заменой и модернизацией оборудования, переналадкой контрольно-измерительных приборов (КИП) и автоматики.

При пуске водозаборных сооружений необходимо проверить высотные отметки расположения и размеров водоприемных отверстий, так как несоответствие проектному расположению отверстий или их уменьшение может резко снизить производительность всего водозабора, замерзание в зимнее время при ледоставе. Низ водоприемных окон должен быть на 0,5 м выше дна реки и не менее чем на 0,2 м ниже нижней кромки льда при ледоставе. Самый низкий расчетный уровень воды в реке должен закрывать верх окна не менее чем на 0,3 м.

Важное значение имеют величины входных скоростей и их направление. При этом обязательно учитываются рыбозащитные мероприятия, сложность работы водозабора (легкие, средние и тяжелые), затопленность водоприемника и др. В зависимости от этого скорость втекания воды в водоприемные окна может изменяться в пределах 0,1–0,25 м/с (с учетом

мероприятий по рыбозащите) и до 0,6 м/с – без учета требований рыбозащиты.

Следует также проверить возможность движения решеток по направляющим для их подъема и очистки на балконе водоприемного колодца. При этом должны быть специальные грузоподъемные устройства. При шугоносности осуществляется еще проверка работы электро- и пароводяного обогрева решеток.

Аналогичной проверке подвергаются плоские (подъемные) и вращающиеся (ленточные) сетки, которые устанавливаются между приемным и всасывающим отделениями водоприемного колодца. Плоские сетки должны свободно двигаться в направляющих пазах (швеллерах) и подниматься в служебный павильон для промывки и замены на другие. Ленточные же сетки должны свободно проходить своими шарнирно соединенными металлическими соединениями в направляющих пазах барабанного устройства. Скорость их перемещения в пазах должна находиться в пределах 0,03–0,1 м/с. Проверке следует подвергнуть промывную систему, состоящую из трубок с отверстиями диаметром 6 мм. Расход промывной воды на одну секцию должен быть в пределах 5–15 л/с, давление – не ниже 0,4 МПа. Отвод загрязненной воды и примесей должен быть обеспечен в промышленную канализацию. Если промышленная канализация отсутствует, то сброс воды и осадка следует производить ниже водозабора по течению реки, но с таким расчетом, чтобы не было возврата загрязнений в район водозабора.

В сооружениях проверяется также возможность свободного доступа к запорной и регулировочной арматуре, подъемным механизмам, контрольно-измерительным приборам и автоматике. Проверяются также правильность прокладки всасывающих и самотечных линий (их должно быть не менее двух), диаметр, скорость движения воды (для самотечных 0,7–1,5 м/с; для всасывающих 1,2–2,0 м/с). При этом самотечные трубопроводы проверяются на незаиляемость при принятой скорости движения воды, принятом диаметре, характеристиках взвеси, содержащейся в воде, и др. Проверку проводят по формуле А.С. Образовского

$$P \leq 0,11 \left(1 - \frac{G}{u}\right)^{4,3} \frac{v^3}{gGD} \quad (1)$$

где P – мутность речной воды, г/м³;

G – средневзвешенная крупность взвеси, м/с;

v – скорость движения воды в трубах;

u – скорость выпадения частицы взвеси, определяемая по формуле

$$u = \frac{\sqrt{g}}{C} v \quad (2)$$

D – диаметр трубы, м;
 C – коэффициент Шези;
 g – ускорение свободного падения.

При соблюдении приведенного равенства заиливания самотечных линий не будет. Для предотвращения заиливания обязательным условием служит устройство для обратной промывки самотечных трубопроводов при помощи ответвлений от напорных водоводов. Скорость промывки должна быть не менее 2–2,5 м/с. Для крупных водоводов (диаметр более 900 мм) устраивается прямая промывка или очистка механическим способом при помощи водолазов.

Сифонные водоводы проверяют на правильность устройства подъема в сторону берегового колодца. Для этого во всасывающее отверстие сифонного трубопровода подают сжатый воздух. Кроме того, сифонные водоводы проверяются на выполнение зарядки (вакуум-насосами или вакуум-котлом), а также на возможность удаления воздуха в процессе эксплуатации.

Водоизмерительное оборудование проверяется и опробуется в присутствии представителя ведомственной службы метрологии, о чем делается запись в акте Государственной приемочной комиссии.

Если водозабор имеет ковш, то, кроме перечисленных мероприятий по проверке работы, следует определить скорость движения воды. Она не должна превышать 0,05–0,15 м/с на расчетный период. Комиссия также проверяет угол между осью реки и образующей ковша, так как это влияет на режим водообмена в сооружении. Величина угла должна быть не менее 90° .

На рис. 2 приведена схема водоприемного ковша с углом более 90° .

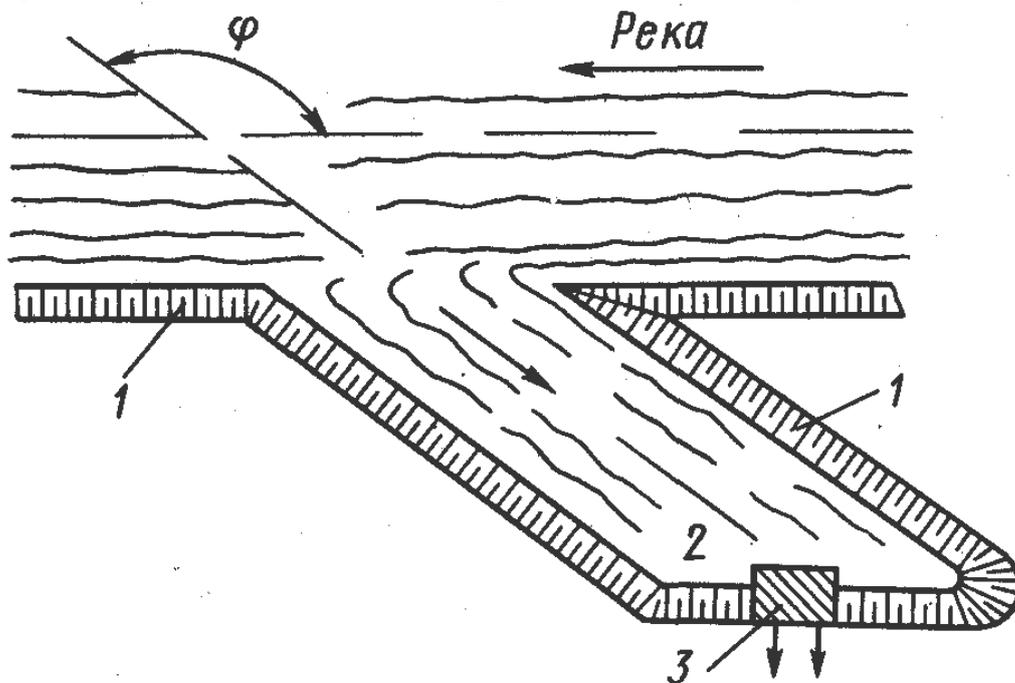


Рис. 2. Схема водоприемного ковша, полностью заглубленного в берег русла:
1 – спланированный и укрепленный берег реки и ковша;
2 – водоприемный ковш; 3 – водозаборный колодец

Перед пуском в эксплуатацию водозаборные сооружения (береговой колодец, трубопроводы и др.) дезинфицируются хлорной водой, для этого могут быть использованы хлораторные установки на автомобильном шасси.

Проверке подлежат также рыбозащитные устройства. Так, механические разбрызгиватели (сетки, жалюзи, плетни, решетки, фильтры из каменных набросок, растительные фильтры и др.) должны быть проверены и находиться в рабочем состоянии. Гидравлические и физиологические заградители (струеотбойные и струенаправляющие устройства, электрические, световые, звуковые поля, пузырьковые завесы) испытывают в присутствии комиссии с записью в соответствующем акте.

Обслуживающий персонал на водозаборных сооружениях должен пройти обучение по специальной программе со сдачей экзамена в конце обучения и получением допуска к самостоятельной работе. После подписания акта Государственной комиссией сооружения считаются принятыми и выводятся на режим нормальной эксплуатации.

Для всех источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения обязательно устройство зон санитарной охраны (ЗСО). В соответствии с [6] первый пояс (строгого режима) ЗСО включает территорию расположения водозаборов, площадок расположения всех водопроводных сооружений и водопроводящего канала, эксплуатацию которых осуществляет ВКХ.

Эксплуатацию первого пояса ЗСО осуществляет ВКХ. Граница первого пояса ЗСО водопровода с поверхностным источником устанавливается с учетом конкретных условий в следующих пределах:

- вверх по течению – не менее 200 м от водозабора;
- вниз по течению – не менее 100 м от водозабора;
- по прилегающему к водозабору берегу – не менее 100 м от линии уреза воды летне-осенней межени;
- в направлении к противоположному от водозабора берегу при ширине реки или канала менее 100 м – вся акватория и противоположный берег шириной 50 м от линии уреза воды при летне-осенней межени, при ширине реки или канала более 100 м – полоса акватории шириной не менее 100 м.

В первой зоне санитарной охраны запрещена хозяйственная деятельность, не связанная с эксплуатацией водозаборных сооружений. Запрещается спуск любых сточных вод, а также купание, стирка белья, водопой скота и другие виды водопользования, оказывающие влияние на качество воды.

Персонал, ответственный за эксплуатацию первого пояса ЗСО, ведет постоянные наблюдения за источниками водоснабжения, включая измерения уровней воды водоема, изменения берегов и перемещение наносов, формирование ледяного покрова, разрушение его и прохождение льда у

водоприемников, санитарное состояние источников. В местах вероятного промерзания источника систематически замеряют толщину льда и глубину потока, а при необходимости утепляют перекаты и отдельные мелководные участки.

Для наблюдения за уровнями воды оборудуются водомерные посты (простые или автоматические). Простые водомерные посты представляют собой несколько реек, укрепленных на береговом колодце, или несколько свай, установленных в одном створе перпендикулярно течению реки.

Наблюдение за санитарным состоянием источников сводится к отбору проб воды и их анализам.

Наблюдение за водозаборными сооружениями позволяет своевременно обнаружить и устранить повреждения конструкций и неполадки в работе оборудования. Детальное обследование и текущий ремонт всех водозаборных сооружений производят, как правило, дважды в год: после весеннего половодья, когда наиболее вероятны разрушения, и примерно за месяц до ледостава. В первом случае выполняют в основном аварийные работы, во втором – профилактические (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Основные виды ремонтных работ на водозаборных сооружениях [23]

Элементы водозаборных сооружений	Вид ремонта	
	текущий	капитальный
Береговые водоприемные колодцы	Очистка от наносов, промывка камер; чистка и ремонт решеток, сеток и затворов; окраска металлических поверхностей с очисткой от ржавчины; зачистка с железнением стен колодцев	Ремонт стен и днища колодцев, камер и берегоукрепления; смена решеток, сеток и затворов; разборка и ремонт приводов вращающихся сеток; смена ходовых скоб и лестниц; ремонт крепления ковша с заменой деталей; ремонт грязевых эжекторов и промывных устройств сеток
Водоприемные оголовки	Обследование состояния и устранение мелких повреждений	Смена венцов ряжа с загрузкой и отсыпкой камня; демонтаж и монтаж самотечных трубопроводов
Подводящие и отводящие каналы, откосы плотин, отстойные пруды	Засев травой, затирка трещин в бетонной облицовке; замена отдельных бетонных плит в креплении каналов; чистка прудов	Замена конструкций крепления стенок и откосов каналов; противооползневые работы; бурение разгрузочных и дренирующих скважин; ремонт дренажей; ремонт входных и выходных оголовков каналов

С целью исключения образования на поверхности воды во всасывающей камере колодца воронок (т.е. возможности засасывания воздуха насосом) должно быть выдержано определенное соотношение

между расходом воды, размерами камеры колодца и диаметром всасывающего трубопровода. По данным проф. М.М. Флоринского,

$$W_0 / Q \geq 30 \div 35, \quad (3)$$

где W_0 – объем воды в колодце, м³;

Q – расход воды, откачиваемой из колодца, м³/с.

По исследованиям С.Д. Яковлева, низ всасывающей трубы следует погружать на величину h .

$$h \geq 8,5Q / 0,785D_k, \quad (4)$$

где D_k – диаметр эквивалентного круглого в плане колодца, м.

В любом случае низ всасывающей трубы должен располагаться не менее чем на величину $h \geq 2D$, где D – диаметр нижнего сечения всасывающего трубопровода.

Расстояние от низа всасывающей трубы до дна колодца во избежание засасывания отложений со дна следует принимать больше или равным $0,5D$.

Для увеличения расхода воды при сохранении прежних размеров всасывающей камеры берегового колодца и исключения образования воронок на поверхности воды в камере можно устраивать накладки на всасывающую часть трубопровода (это позволяет увеличить расход на 20–30 %) или плотики на поверхности воды в камере (рис. 3).

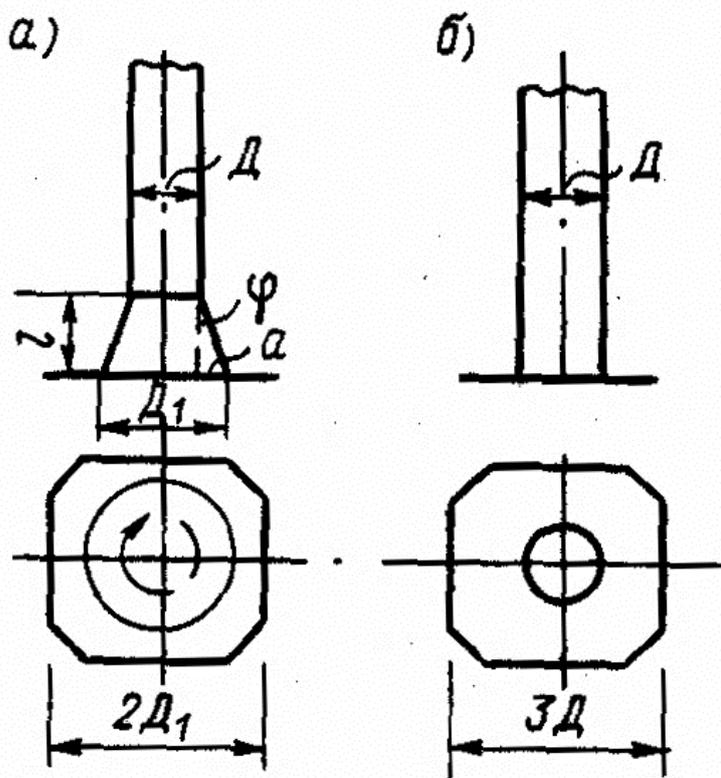


Рис. 3. Устройство диафрагм всасывающего трубопровода:
 а – при наличии раструба на конце всасывающего трубопровода;
 б – то же, при отсутствии раструба

Увеличение подачи воды через самотечные линии без изменения диаметров последних и размеров колодца (при сохранении уровней воды в нем) может быть достигнуто герметизацией береговых колодцев и созданием в них вакуума. В этом случае расход воды (м³/с) можно определить по формуле

$$Q = F \sqrt{\frac{2g(\Delta h + h_{\text{вак}})}{\xi_{\text{сист}}}} \quad (5)$$

где F – площадь трубопровода, м²;

Δh – перепад в уровнях воды в водоеме и в приемной части колодца при отсутствии вакуума, м вод. ст.;

$h_{\text{вак}}$ – величина вакуума, м вод. ст.;

$\xi_{\text{сист}}$ – коэффициент сопротивления системы, $\xi_{\text{сист}} = \lambda l/a + \Sigma \xi$;

λ – коэффициент трения движения воды в трубопроводе;

l – длина трубопровода, м;

d – диаметр трубопровода, м;

$\Sigma \xi$ – сумма коэффициентов сопротивления, учитывающая местные сопротивления.

При необходимости забора из водоема воды с пониженной и устойчивой температурой над водоприемным оголовком делают съемные (временные) или постоянные наплавные устройства.

При эксплуатации сифонных водозаборов необходимо обращать внимание на следующее: герметизацию трубопроводов и арматуры сифонных линий; автоматизацию удаления воздуха из этих линий; исключение их вибрации, связанной с появлением кавитации в нисходящих участках трубопровода при нарушении сплошности потока в нем. Чтобы не допустить этого явления, надо или подобрать соответственно диаметр нисходящего участка, или установить на нем местное сопротивление (задвижку, шайбу и т. п.).

Доступным и эффективным средством предупреждения обрастания водозаборных сооружений гидробионтами является предварительное хлорирование воды с вводом хлора перед водоприемными окнами. Это мероприятие проводят в теплое время года (периоды максимального развития дрейссены) 2–3 раза в год в течение не менее 7 суток при дозе хлора 5 мг/л.

Для борьбы с шугообразованием на водоприемных сооружениях используются следующие методы:

- непосредственно у водоприемного сооружения: подача пара и нагретой воды к водоприемным окнам, обратная промывка, электрообогрев решеток, гуммирование стержней решеток, на время образования шуги установление деревянных решеток, снижение входной скорости потока

воды, обколка льда с устройством майны над оголовками и удаление шуголедовой массы с плавсредств;

- направленные на обеспечение раннего ледостава — установка шугоотбойных запаней из бруса или на мелководных реках плетнями из хвороста.

В борьбе с шугообразованием хорошие результаты дает использование водовоздушных завес. Для этого по дну реки на некотором удалении от водоприемных сооружений укладываются перфорированные трубопроводы диаметром 50–100 мм с отверстиями 2–4 мм с шагом примерно 25 см. Сжатый воздух с расходом 1 м³/мин на 1 м длины трубопровода, выходя из перфорированных труб, создает зону восходящих потоков. Они выносят шуголедовые массы на поверхность воды, предотвращая их вовлечение в водоприемные окна.

В случаях, связанных с промерзанием реки, для обеспечения более полного захвата подрусловых вод рекомендуется устраивать ниже по течению от водозабора мерзлотные пояса. Мерзлотный пояс создается периодическим снятием снегового покрова на полосе шириной 5–10 м, пересекающей подземный поток на всей ширине долины.

Борьба с наледями ведется путем утепления водотока, углубления перекатов, спрямления русла, а также скалывания льда у водозабора, устройства прорезей в ледяном покрове реки и т.д.

2. Организация эксплуатации водозаборных сооружений из подземных источников водоснабжения

Граница первого пояса ЗСО устанавливается на расстоянии не менее 30 м от водозабора – при использовании защищенных подземных вод и на расстоянии не менее 50 м – при использовании недостаточно защищенных подземных вод (шахтный колодец, каптаж).

В границы первого пояса ЗСО инфильтрационных водозаборов подземных вод включается прибрежная территория между водозабором и поверхностным водоемом.

В процессе эксплуатации водозаборных сооружений подземных источников персонал обязан:

- обеспечивать санитарный режим на территории зоны первого пояса;
- по наблюдательным скважинам вести систематическое наблюдение за уровнями воды и качеством подземных вод;
- осуществлять постоянный контроль за дебитом эксплуатационных скважин и качеством воды, откачиваемой из них, динамическим уровнем при работе водоподъемного оборудования и условно-статическим уровнем при остановке скважины;

- обеспечивать заданные режимы работы эксплуатационных скважин и насосных агрегатов.

При использовании подземных вод, обезжелезиваемых непосредственно в пласте, персонал обязан постоянно контролировать состояние системы аэрации воды, режим подачи воздуха, регламент откачки и содержания железа в откачиваемой воде.

Динамический уровень в эксплуатационных скважинах измеряют не реже 1 раза в месяц, статический – при остановке насоса после восстановления уровня – не реже 1 раза в 2 месяца.

Дезинфекцию надводной и подводной частей скважин производят отдельно или одновременно. При раздельной дезинфекции подводную часть скважины (при установленном над фильтром скважины пакере) заполняют хлорной водой с концентрацией хлора 50–100 мг/л при контакте от 3 до 6 ч (рис. 4). Могут также использоваться такие приемы, как способ реагентной ванны (3–6 ч) или способ циклической обработки (1–2 ч). Допускается использование как хлорреагентов (химического гипохлорита натрия), так и установок для безреагентного обеззараживания с обязательным отбором проб для контрольного бактериологического анализа.

Определение дебита воды каптированных ключей, а также неглубоких подземных вод (водосборные галереи, шахтные колодцы, неглубокие скважины) проводят ежедневно по водомерам на насосной станции, а не забираемый насосами излишек воды – измерением водосливами.

Дебит учитывают ежедневно, уровни воды измеряют 1 раз в 10 дней, физико-химические и бактериологические анализы воды производятся 1 раз в месяц.

По глубоким скважинам, питающимся напорными подземными водами, ввиду большей устойчивости их количественного режима и качественного состава наблюдения достаточно проводить 1 раз в 3–4 месяца. Замерять уровень воды в колодце или скважине можно следующими устройствами:

- хлопущкой, состоящей из троса с подвешенным на его конце отрезком металлической трубки длиной 5–10 см (рис. 4, а); один конец трубки закрыт деревянной пробкой с кольцом, к которому прикреплен трос; хлопущку опускают в колодец, и когда она достигнет уровня воды, получается хлопок; в этот момент отмечают длину опущенного троса, а следовательно, и расстояние до уровня воды;

- свистком, представляющим собой металлический полый стержень, на котором через 1–2 см расположены чашечки (рис. 4, б); в верхней части стержня ввинчен свисток; прибор при быстром опускании его в воду издает свист;

- электроизмерителем уровня (рис. 4, в), состоящим из миллиамперметра, батареек и проводов с электродом. В момент соприкосновения

электрода с поверхностью воды электрическая цепь замыкается. По длине провода с электродом определяют уровень воды.

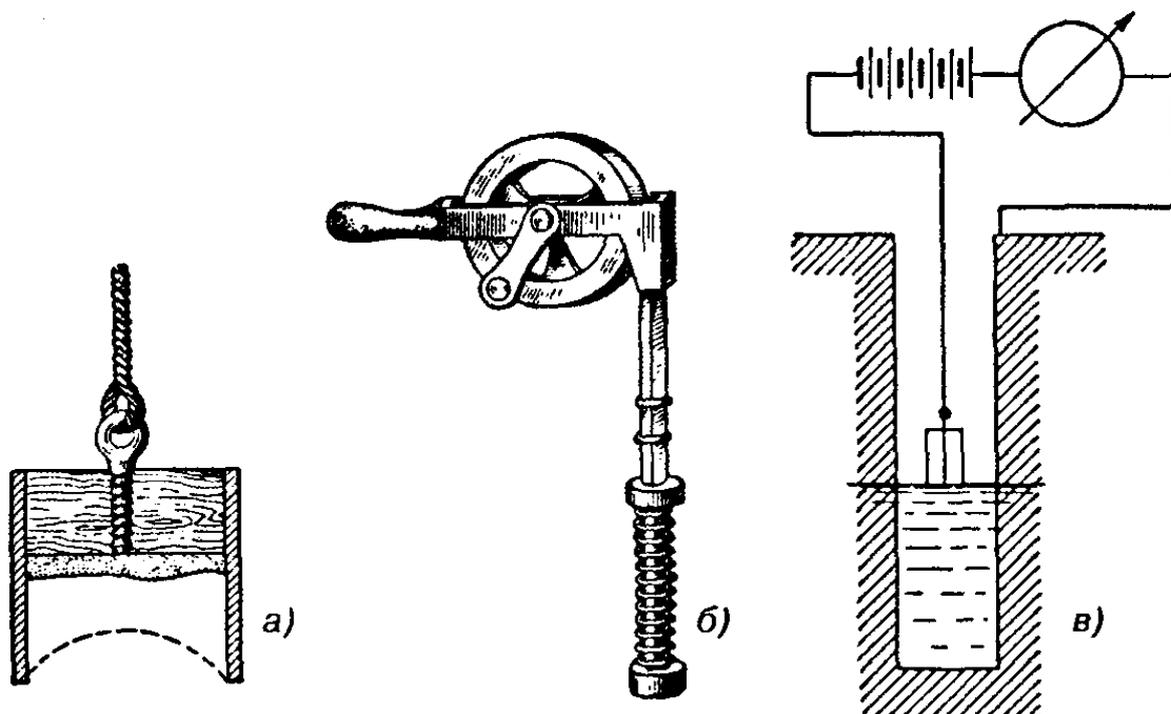


Рис. 4. Приборы для измерения уровня воды в колодцах и скважинах: а – хлопушка; б – свисток; в – электрический измеритель уровня воды

Самопроизвольное изменение производительности скважины и изменение качества воды указывают на неисправность скважины. Срок службы водяной скважины определяется сроком службы обсадных труб и фильтров и ориентировочно составляет 15–30 лет.

Для того чтобы удлинить срок службы труб, кольцевые зазоры между трубами заполняют цементным раствором. Срок службы фильтра любой системы короче срока службы обсадных труб. Сетчатые фильтры изнашиваются в течение 4–6 лет, так как латунная сетка с железной трубой образуют гальваническую пару, что способствует коррозии фильтра и его зарастанию отложениями, причем сетка фильтра зарастает и разрушается быстрее, чем металлический каркас.

Перед испытанием скважин откачкой в ряде случаев приходится предварительно очищать водоприемную часть от химического осадка при помощи эрлифта, временным штанговым насосом или желонкой. После освобождения скважины от осадка исследуют ее водоприемную часть. Для этого в скважину осторожно опускают желонку до тех пор, пока она не затормозится или остановится; по длине опущенного троса определяют глубину до того места, в котором скважина засорилась. Зная по разрезу глубину скважины, вычисляют длину ее засоренной части.

На рис. 5 показаны приборы для исследования скважины. Глубину рабочей колонны определяют трубомером (рис. 5, а). Когда ролики дви-

жуются по трубе, электрическая сеть замыкается, на поверхности зажигается лампочка; как только ролики выйдут из трубы и пойдут по породе, лампочка потухнет или померкнет. Глубину до верха срезанной колонны и верхнего конца фильтра определяют прибором, называемым «конической печатью» (рис. 5, б), на нижнюю поверхность которой нанесены глина, мыло, свинец и т.п.

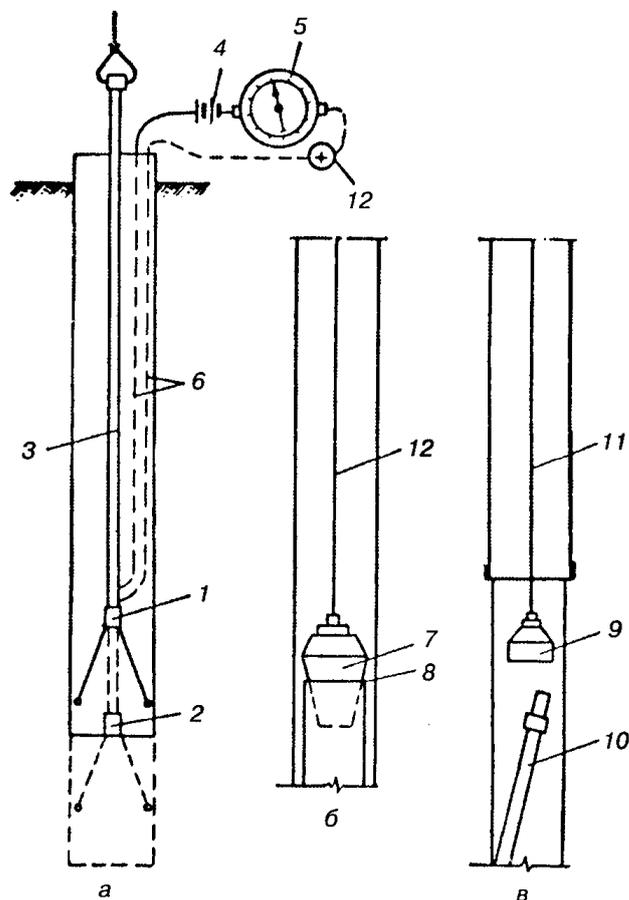


Рис. 5. Приборы для исследования скважин:

- а – трубомер; б – коническая печать; в – плоская печать; 1 – трубомер в трубе;
 2 – трубомер за пределами трубы; 3 – штанга; 4 – источник электроэнергии;
 5 – вольтметр; 6 – изолированный провод; 7 – коническая печать;
 8 – срез трубы; 9 – плоская печать; 10 – упущенная труба;
 11 – трос; 12 – электрическая лампочка

Печать опускают в скважину на штанге или на тросе и замеряют длину троса или штанги, когда печать коснется верха колонны.

Положение упавшего в забой оборудования, инструмента и пр. определяют «плоской печатью» (рис. 5, в).

Дефекты в стенках водяной скважины обнаруживают после демонтажа водоподъемного оборудования, осматривая внутренние стенки обсадных труб ТВ-камерой или визуально. Рекомендуется проведение ревизий скважин (предшествующих ремонту) через 3–5 лет после приемки их в эксплуатацию.

На основании указанных освидетельствований и ознакомления с эксплуатационными документами составляют акт о дефектах и предварительную программу восстановительного ремонта скважины.

К текущему ремонту скважин относятся следующие работы [17]: очистка стенок обсадных труб от отложений, очистка забоя и фильтра, промывка фильтра. Кроме того, к этому виду работ можно отнести освидетельствование скважины для установления объема работ по капитальному ремонту.

Стенки обсадных труб очищают от отложений механическим способом (рис. 6) при помощи щеток (рис. 6, б). При недостаточной эффективности очистки применяют скребок (рис. 6, в). Его изготавливают длиной 3–4 м из стальной трубы диаметром D , на 100 мм меньше диаметра скважины $D_{\text{СКВ}}$; нижний конец разрезают на 4–6 полос длиной 0,5–0,7 м и отгибают соответственно внутреннему диаметру скважины; к верхнему концу приваривают дужку для прикрепления к ней троса. Осадок, отделяемый со стенок труб щеткой или скребком, улавливают трубой-ловушкой (рис. 6, а) и извлекают на поверхность. Забой скважины и фильтр очищают от отложений желонкой. Слежавшиеся отложения иногда приходится разрушать струей воды или буровым долотом. Наилучшего эффекта очистки забоя и фильтра можно достигнуть при удалении отложений эрлифтом с расчетной скоростью движения эмульсии в водоподъемной трубе 1,5–2 м/с.

Для декольматации и восстановления производительности скважин используются импульсные (взрывная, электрогидравлическая и пневмоимпульсная обработки), реагентные и комбинированные методы.

Для взрывной обработки применяют торпеды ТДШ, фугасные торпеды ТШ или Ф-2. Скважины в рыхлых отложениях обрабатывают взрывом детонирующего шнура в одну нитку. Скважины подвергаются взрывной обработке через 2–5 лет эксплуатации, но не более 3–4 раз за весь период их службы.

Для электрогидравлической обработки скважин применяют специализированные установки ЭГУ, СЭУ и др., которые по всей длине фильтра создают в жидкости ударные волны электрическими разрядами высокого напряжения. Очистка в зависимости от типа фильтра достигается при создании от 100 до 500 импульсов на 1 м его длины.

Для пневмоимпульсной обработки скважин применяют специализированную установку АСП-Т, которая по всей длине фильтра возбуждает упругие колебания жидкости при помощи сжатого воздуха.

Наиболее эффективными реагентами являются соляная кислота и раствор дитионита натрия.

Ориентировочно межремонтный период для скважин в водоносных песчаных породах с железосодержащими подземными водами гидрокарбонатно-кальциевого типа составляет при импульсных методах до одного года, при реагентных и комбинированных методах – 2–4 года.

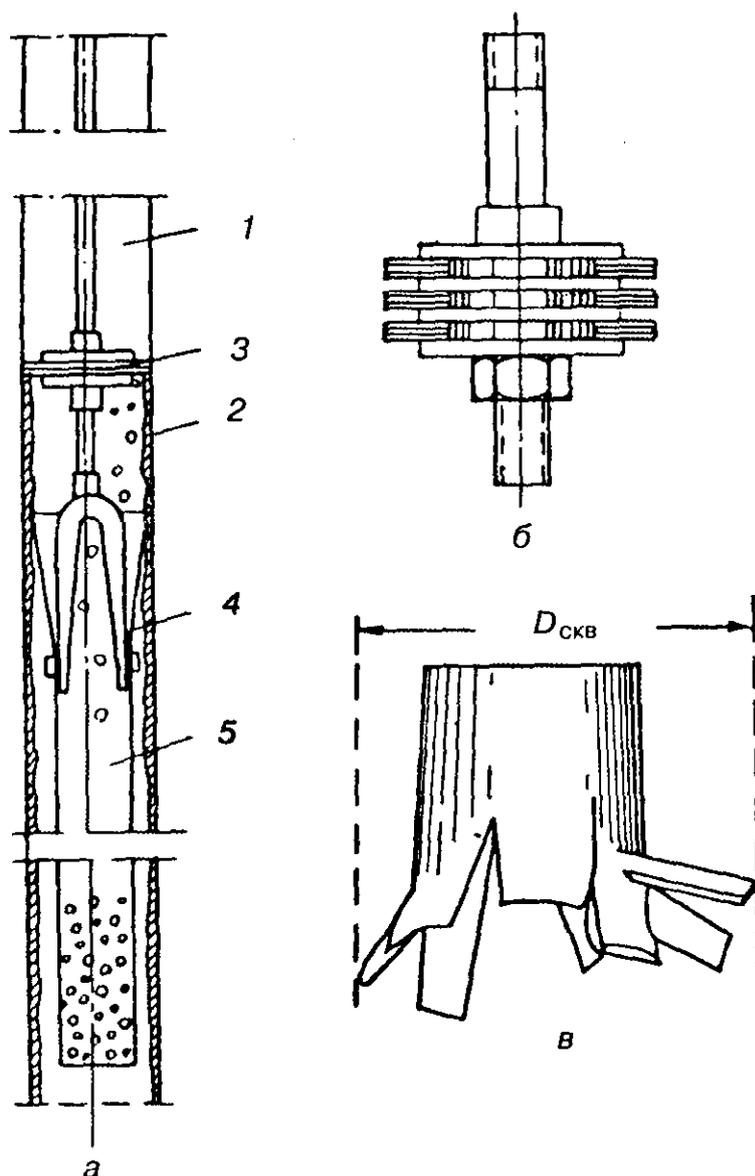


Рис. 6. Средства для очистки стенок обсадных труб скважины:
 а – схема очистки; б – металлическая щетка; в – скребок; 1 – обсадная труба;
 2 – отложения на трубе; 3 – металлическая круглая щетка;
 4 – манжета из толстой резины; 5 – ловушка

Реагенты заливают внутрь фильтра через опускаемую в скважину стальную трубу или резиновый шланг. Более совершенной является обработка кислотой фильтра и стенок обсадных труб через кислотную пробку (рис. 7).

Для того чтобы кислота проникла за стенки фильтра, ее выдавливают при помощи воздуха, подаваемого от компрессора под герметически установленный фланец на поверхности рабочей трубы; после заливки кислоты заливочную трубу с кислотной пробкой из скважины извлекают. Воздух в рабочей трубе под давлением держат в течение 1–2 ч, потом выпускают в атмосферу, для того чтобы соляная кислота с продуктами реакции возвратилась обратно в скважину. Операцию нагнетания кислоты

в пласт повторяют несколько раз с промежутками в 2–3 ч, имея в виду, что время, в течение которого кислота реагирует с отложениями в скважине, составляет примерно 6–8 ч, в результате чего кислота нейтрализуется.

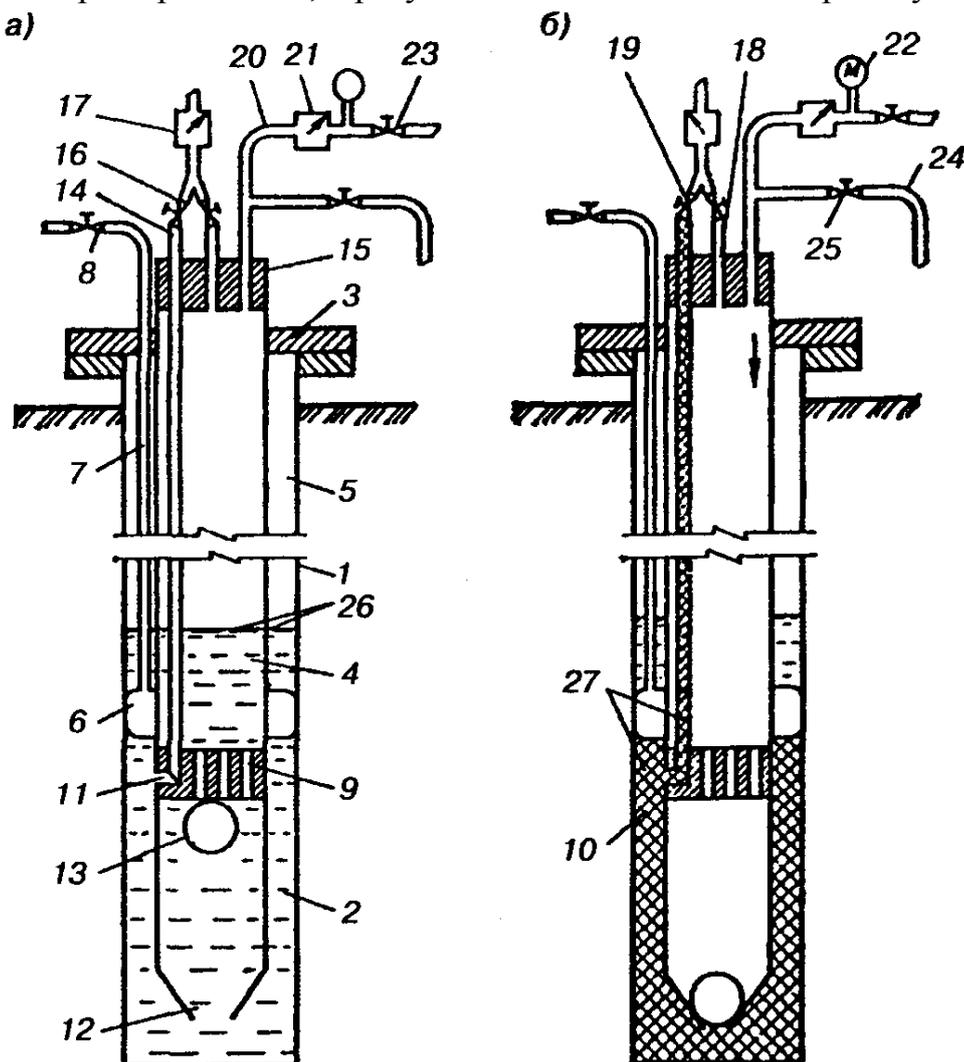


Рис. 7. Устройство для циклической реагентной обработки скважин:
 а – после монтажа устройства; б – при нагнетании реагента; 1 – скважина;
 2 – фильтр; 3 – опора; 4 – труба; 5 – межтрубное пространство; 6 – пакер;
 7, 18, 24 – трубопроводы; 8, 16, 19, 23, 25 – вентили; 9 – муфта;
 10 – перфорированные отверстия; 11 – угловой клапан; 12 – коническое седло;
 13 – шаровой клапан; 14 – реагентопровод; 15 – крышка;
 17, 21 – обратные клапаны; 20 – воздуховод; 22 – манометр;
 26 – уровень подземных вод; 27 – реагент

По окончании промывки скважины кислотой продукты реакции откачивают из скважины до полного удаления при помощи временной эрлифтной установки или постоянным водоподъемником.

К капитальному ремонту скважины относятся работы: смена фильтра; замена обсадных труб новыми; очистка скважины от тяжелого засора; ликвидация связи за трубой между водоносными слоями установкой новой колонны с заполнением межтрубных кольцевых зазоров цементом; для увеличения дебита скважины вскрытие водоносных слоев, перекрытых

обсадными трубами, перфорацией этих труб, а также переход на другой водоносный слой; увеличение дебита скважины торпедированием (взрывами) слаботрешиноватого водоносного слоя; тампонирование скважин, не поддающихся восстановлению.

При смене фильтра его извлекают из скважины целиком или по частям, разрушая буровыми долотами. После извлечения фильтра водоносная порода обрушается. Для установки нового фильтра бурят скважину, закрепляя ее стенки обсадной колонной труб.

Контрольные вопросы

1. Организация эксплуатации зон санитарной охраны поверхностных источников водоснабжения.

2. Назовите основные мероприятия, осуществляемые при приеме в эксплуатацию водозаборных сооружений из поверхностных источников.

3. Перечислите основные виды работ, осуществляемые при выполнении текущего и капитального ремонтов водозаборных сооружений из поверхностных источников.

4. Какие методы борьбы с шугообразованием на водоприемных сооружениях вы знаете?

5. Назовите основные мероприятия, осуществляемые персоналом, занимающимся эксплуатацией водозаборов из подземных источников.

6. Перечислите основные виды работ, осуществляемые при выполнении текущего и капитального ремонтов водозаборных сооружений из подземных источников.

7. Опишите методы измерения уровня воды в водозаборе из подземных источников.

8. Опишите принцип действия устройства для циклической реагентной обработки скважин.

Лекция №3

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СЕТЕЙ И НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ВОДОПРОВОДА И КАНАЛИЗАЦИИ

1. Эксплуатация водопроводных сетей. Гидравлические испытания водоводов и водопроводных сетей.
2. Эксплуатация водоотводящей сети.
3. Эксплуатация насосных станций и насосных агрегатов.

1. Эксплуатация водопроводных сетей.

Гидравлические испытания водоводов и водопроводных сетей

В задачи технической эксплуатации водопроводной сети входят:

- организация ЗСО водоводов, которая представлена санитарно-защитной полосой. Ее ширину следует принимать по обе стороны от крайних линий водопровода не менее 10 м при диаметре водоводов до 1000 мм, не менее 20 м при диаметре водоводов более 1000 мм (при отсутствии грунтовых вод) и не менее 50 м вне зависимости от диаметра водоводов (при наличии грунтовых вод);
- надзор за состоянием и сохранностью сети, сооружений, устройств и оборудования на ней;
- разработка мероприятий по совершенствованию системы подачи и распределения воды, а также по предотвращению перерывов в подаче воды при аварийных ситуациях; выполнение переключений на сети для установления оптимального режима работы системы; подготовка информации для гидравлических и оптимизационных расчетов на персональных ЭВМ; проведение натурных измерений расхода воды и давления. Снижение и стабилизация давления в распределительной сети стабилизируют расход, сокращают утечки воды и уменьшают число аварий на 30–40 %. Все это способствует повышению надежности систем распределения воды и в конечном итоге существенно снижает стоимость ее подачи потребителю;
- планово-предупредительный и капитальный ремонты на сети, ликвидация аварий;
- ведение технической документации и отчетности;
- надзор за строительством и приемка в эксплуатацию новых линий сети, сооружений на ней и абонентских присоединений;
- анализ условий работы сети, подготовка предложений по совершенствованию системы и управлению ее работой;
- сбор, хранение и систематизация данных по всем повреждениям и авариям на сети, сооружениях на ней с целью анализа их причин и разработки показателей надежности;

- обеспечение эффективного функционирования установок катодной защиты.

Водопроводные сети эксплуатируются службами, которые в зависимости от протяженности сети и объемов работ могут быть организованы в виде участков, служб сети, а для крупных городов – в виде самостоятельных производственных эксплуатационно-аварийных управлений с подразделением на районные эксплуатационные участки водопроводной сети.

Районирование водопроводной сети производят с таким расчетом, чтобы протяженность сети района не превышала 300–350 км, а расстояние до наиболее удаленной точки было не более 10 км.

Наружный обход и осмотр каждой трассы линии водопроводной сети производят бригадами численностью 1–2 чел. не реже 1 раза в 2 месяца. При наружном осмотре сети спуск людей в колодцы не разрешается. При этом проверяют:

- состояние координатных табличек и указателей гидрантов (рис. 8);
- техническое состояние колодцев, наличие и плотность прилегания крышек, целостность люков, горловин, скоб, лестниц, наличие в колодце воды или ее утечки;
- присутствие газов в колодцах по показаниям приборов;

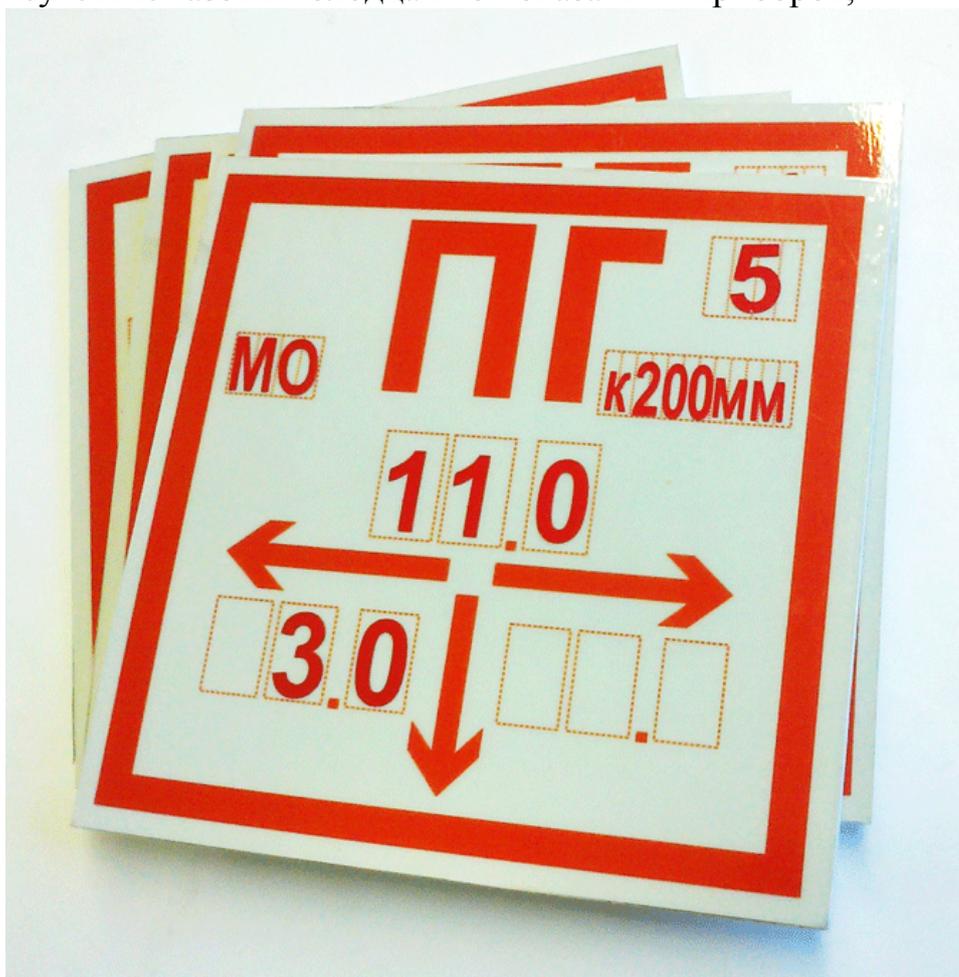


Рис. 8. Указатель пожарного гидранта

- наличие завалов на трассе и сети в местах расположения колодцев, разрыта и на трассе сети, а также неразрешенных работ по устройству присоединений к сети;

- действие уличных водоразборных колонок.

Все замеченные дефекты и недостатки записываются в журнал, а в случае выявления течи воды на трассе или в колодце обходчик обязан после возвращения с обхода (или по телефону с места повреждения) организовать аварийную или ремонтную бригаду для ликвидации течи.

На основе результатов осмотров и проверки действия оборудования, оценки уровня его надежности разрабатывают и выполняют мероприятия по техническому содержанию сети, проведению профилактических, текущих и капитальных ремонтов.

Аварии на сети и их устранение.

Важное место в эксплуатации водопроводной сети занимает ликвидация аварий, которой занимаются эксплуатационные участки.

Ликвидация аварий должна быть осуществлена в сроки, регламентированные [1, 11].

Для ускорения аварийных работ эксплуатационные участки имеют в своем распоряжении: компрессоры, экскаваторы, подъемные краны, электросварочные агрегаты, механизмы для чеканки, обрубки и обрезки труб, высокопроизводительные насосы, опрессовочные установки и др.

Обнаружив утечку воды или аварию на сети, приступают к её ликвидации. Мероприятия по ликвидации аварий включают: рытье траншей и котлованов с выполнением соответствующего крепления, водоотлив, замену поврежденных участков, смену неисправной арматуры и фасонных частей, конопатку, заделку и заливку стыков и др. При этом участки сети выключаются немедленно или с начала ведения работ в зависимости от вида и характера аварии.

Поврежденные трубопроводы подлежат немедленному выключению без предварительного оповещения абонентов при повреждениях:

- носящих чрезвычайный характер, когда вода, изливающаяся из поврежденного участка трубопровода, разрушает дорожное покрытие, трамвайные пути, затопляет улицу, подвалы зданий и т.п.;

- не носящих бедственного характера, но вызывающих необходимость выключения трубопроводов в целях прекращения утечки воды, хотя и без нарушения нормального водоснабжения.

После окончания ремонтных работ трубопровод сначала дезинфицируют, а затем заполняют водой с обязательным выпуском воздуха через стендер в верхнем конце участка. Длина участка трубопровода на один стендер при диаметре до 300 мм не должна превышать 500 м. При больших диаметрах и длинах следует устанавливать два стендера.

К мероприятиям по содержанию сети в рабочем состоянии относятся плановые осмотры, ремонт сетей и оборудования. Ремонт сети подразделяется на текущий и капитальный. Текущий ремонт, в свою очередь, подразделяется на профилактический, планируемый заранее, и непредвиденный, выявленный в процессе эксплуатации, выполнение которого необходимо провести в срочном порядке. Осуществляет мероприятия по проведению текущего и капитального ремонтов водопроводной сети служба сети водопровода, привлекая в особо сложных ситуациях специализированные строительные организации.

Особое место в эксплуатации водопроводных сетей занимает борьба с различными видами коррозии, которая не только разрушает стенки металлических трубопроводов, но и способствует снижению их пропускной способности.

Гидравлические испытания водоводов и водопроводных сетей

Регламент испытания и приема водопроводных сетей представлен в [3].

На рис. 9 приведена схема расстановки оборудования и приборов при гидравлическом испытании участка водопровода. Особое внимание следует обратить на отсутствие воздуха в трубопроводе, так как его наличие может сильно исказить результаты испытания. Кроме того, манометры, применяемые для испытания, должны быть опломбированы и иметь класс точности не ниже 1,5, диаметр корпуса – не менее 150 мм и шкалу, рассчитанную на давление, превышающее измеряемое не менее чем на 33 %.

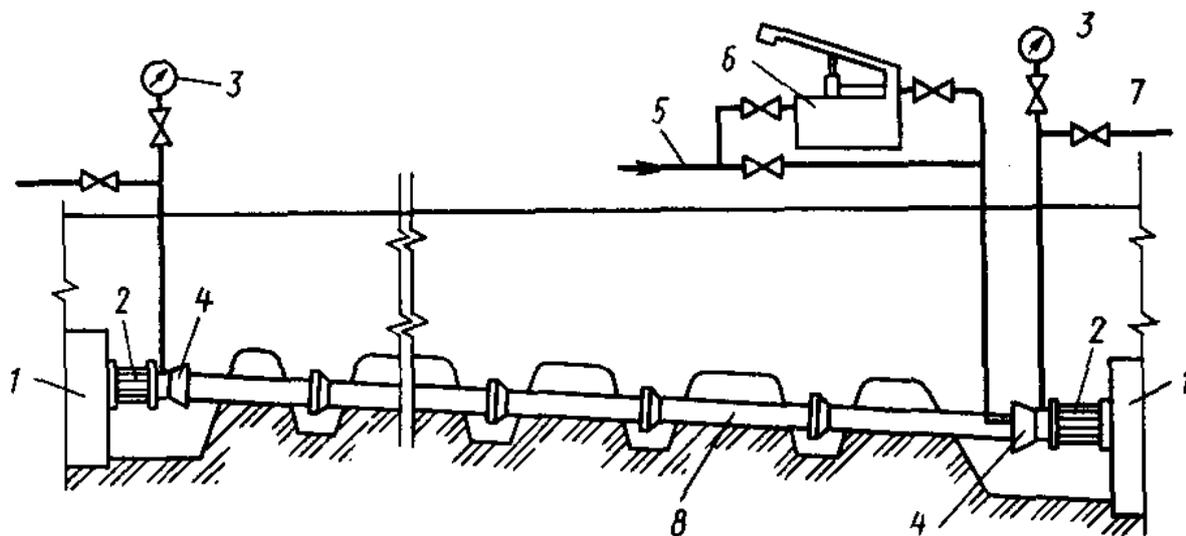


Рис. 9. Гидравлическое испытание напорных водопроводных трубопроводов:
 1 – плита-упор; 2 – временные схемы; 3 – пружинный манометр;
 4 – раструб-заглушка; 5 – труба для заполнения водой гидравлического пресса;
 6 – гидравлический пресс; 7 – от городского водопровода;
 8 – испытываемый трубопровод

Длину участка, применяемого под испытание, назначают с учетом материала труб: чугунные, асбестоцементные и железобетонные – не более 1 км; полиэтиленовые – не более 0,5 км; стальные – 1 км и более.

Особое внимание следует обратить на правильную установку упоров (рис. 10), предохраняющих сеть от сдвигов и разрушения раструбных соединений. Упоры устраиваются на поворотах водопроводных сетей, выполненных из трубопроводов любого материала, кроме стальных.

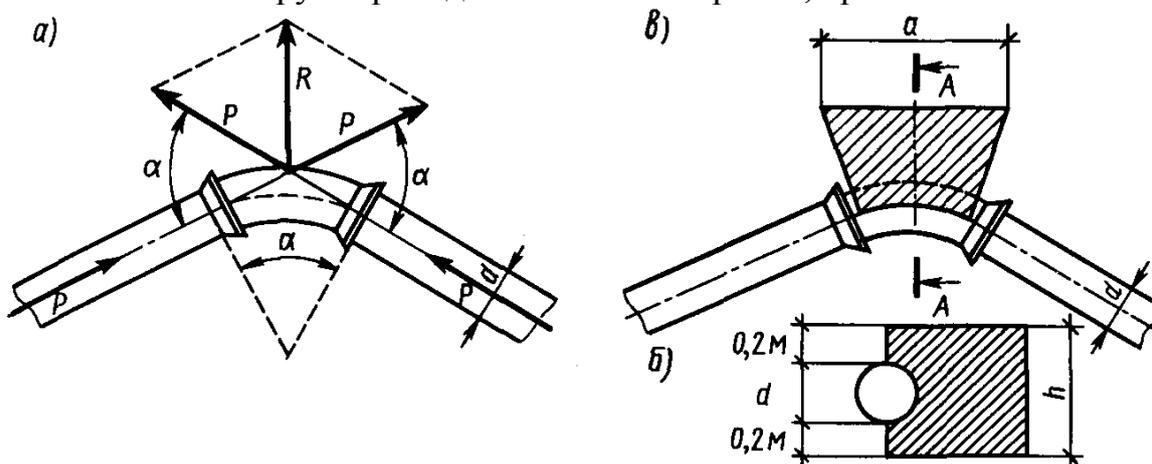


Рис. 10. Устройство упоров на водопроводных сетях:
а – распределение сдвигающих усилий на повороте водопровода;
б – устройство упора (план); в – упор в разрезе

После сооружения водопроводной сети и ее испытания приемочная комиссия устанавливает полное соответствие выполненных работ по строительству сети и сооружений на ней рабочим чертежам проекта. Оформляется специальная приемочная документация: акты гидравлического испытания, скрытых работ, изменений, внесенных в рабочие чертежи, законность их согласований с проектировщиком и заказчиком и др.

2. Эксплуатация водоотводящей сети

Эксплуатация водоотводящей сети на территории населенных мест осуществляется муниципальными службами. В зависимости от размеров и условий работы служба эксплуатации водоотводящей сети может входить в состав организаций ВКХ или быть самостоятельным юридическим предприятием. Дворовые или внутриквартальные сети могут находиться в ведении организаций, занимающихся эксплуатацией жилого фонда, или быть переданы в ведение ВКХ, имеющих квалифицированный персонал и специализированную технику для их технической эксплуатации. Водоотводящие сети, находящиеся на территории промышленного предприятия, эксплуатируются силами этого предприятия. Организация, эксплуатирующая водоотводящие сети, должна иметь соответствующую лицен-

зию, подтверждающую право ведения эксплуатационных, аварийных или ремонтных работ на канализационной сети.

В соответствии с «Правилами технической эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения населенных мест» районирование канализационной сети производят с таким расчетом, чтобы протяженность сети района не превышала 250–300 км с расстоянием до наиболее удаленной точки не свыше 10 км. В крупных городах район эксплуатации иногда обслуживает сеть протяженностью 1000 км и более, что позволяет снизить общие расходы на эксплуатацию. В составе районных могут быть, производственные участки, обслуживающие сеть протяженностью до 150 км.

Нормативы численности рабочих, занятых на эксплуатации канализационных сетей, приведены в [13].

Для городов с протяженностью канализационной сети свыше 200 км общее количество рабочих и служащих, занятых эксплуатацией сетей, можно определять из расчета один человек на 3–4 км сети в зависимости от характера, технического состояния, сложности эксплуатации сети. В крупных городах при районах (службах) эксплуатации организуется диспетчерский пункт с круглосуточным дежурством (помимо центрального диспетчерского пункта при управлении водопроводно-канализационного хозяйства). Схема организационной структуры района эксплуатации канализационной сети представлена на рис. 11.

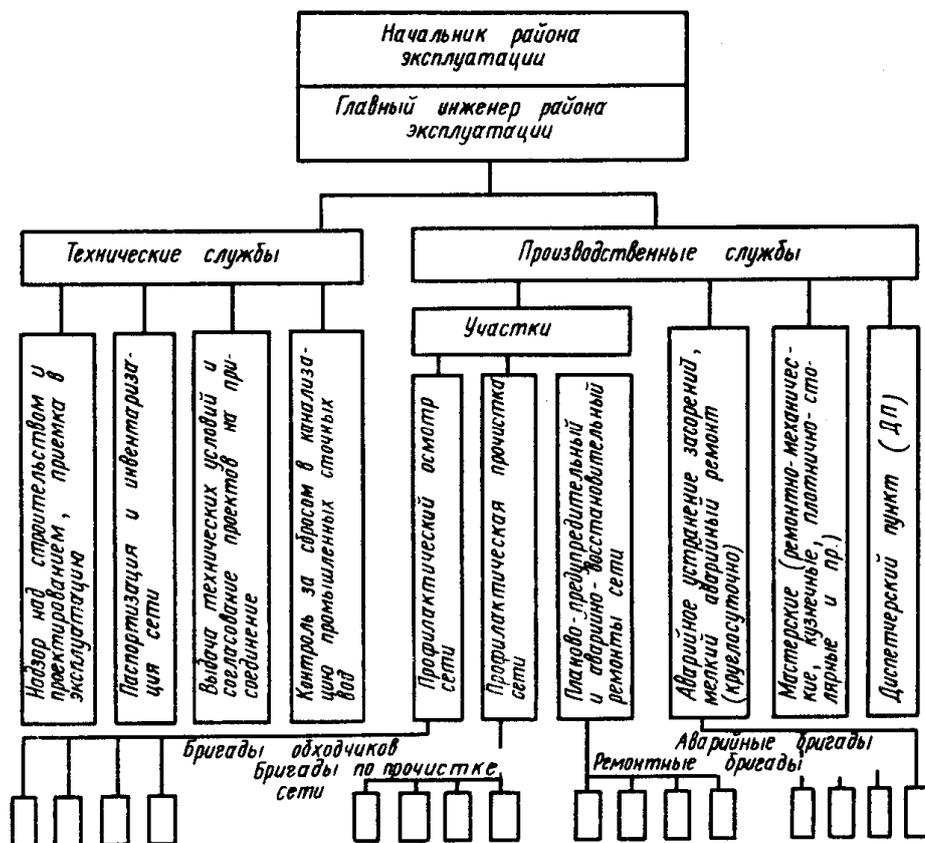


Рис. 11. Схема организационной структуры района эксплуатации канализационной сети

В задачи технической эксплуатации водоотводящей сети входят:

- надзор за состоянием и сохранностью трубопроводов сети и сооружений на ней; содержание сети в хорошем техническом состоянии, своевременное устранение засоров и подтоплений. Разработка и осуществление мероприятий по предупреждению аварийных ситуаций (просадка, повреждение труб, колодцев, камер, запорно-регулирующей арматуры и т.п.);

- ведение технической документации и отчетности. Обеспечение подразделений документацией: общей нормативной, специальной технической и технологической, инструкциями по эксплуатации приборов, механизмов и сооружений. Обеспечение хранения технической документации;

- нанесение на планшеты принятых в эксплуатацию водоотводящих сетей и сооружений на них, проведение паспортизации и инвентаризации сооружений. Обновление и корректировка исполнительной документации;

- изучение работы сети, составление перспективных планов и организация реконструкции, планово-предупредительных ремонтов и развития сети;

- составление эксплуатационных и должностных инструкций, оперативных схем управления и диспетчеризации;

- контроль и надзор за эксплуатацией присоединенных к системе водоотведения сетей и сооружений, находящихся в ведении абонентов. Контроль состава и количества сточных вод абонентов, принимаемых в систему коммунальной канализации;

- выдача технических условий на присоединение, надзор за строительством и прием в эксплуатацию новых участков сети, сооружений на ней и абонентских присоединений;

- первичный учет вод, сбрасываемых в водные объекты, по формам и в сроки, согласованные с местными органами управления использованием и охраной водного фонда;

- оценка и контроль показателей надежности сетей, отдельных сооружений и оборудования ВКХ.

Гидравлические испытания

Все построенные самотечные трубопроводы перед засыпкой и сдачей в эксплуатацию проверяют на герметичность гидравлическим испытанием. В хорошо построенной водоотводящей сети не должно быть ни инфильтрации, ни эксфильтрации. Безнапорный трубопровод следует испытывать на герметичность дважды: до засыпки и приемочное (окончательное) испытание после засыпки. Гидростатическое давление в испытуемом трубопроводе из безнапорных бетонных, железобетонных и керамических трубопроводов, как правило, должно быть равным 0,04 МПа (напор водяного столба 4 м). Схема гидравлических испытаний канализационных трубопроводов на утечку воды представлена на рис. 12.

Данное мероприятие заключается в испытании трубопроводов на утечку воды из них по количеству долитой в бак воды за 30 мин в пересчете на 1 км/сут, а также на инфильтрацию (попадание грунтовых вод в трубы и колодцы при высоком уровне грунтовых вод) визуально по замеру потока воды в трубе. Результаты гидравлических испытаний сравниваются с данными [3].

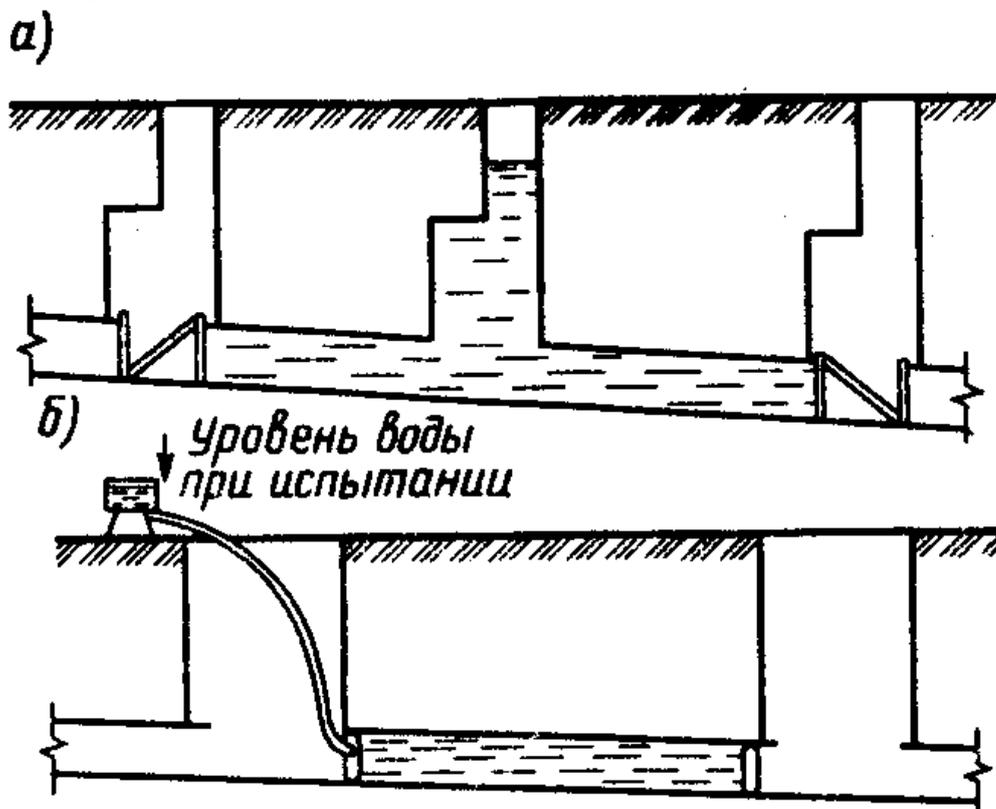


Рис. 12. Схема гидравлических испытаний канализационных трубопроводов на утечку воды: а – после устройства колодцев; б – до устройства колодцев

3. Эксплуатация насосных станций и насосных агрегатов

Работа по эксплуатации насосных станций должна быть организована в соответствии с «Типовой инструкцией по эксплуатации водопроводных и канализационных насосных станций», утвержденной главным инженером производственного управления (объединения) водопроводно-канализационного хозяйства. Помещения насосных станций должны иметь исправно действующие системы отопления и вентиляции, обеспечивающие температуру в зимний период не ниже 5 °С в машинном зале и 18 °С в бытовых помещениях и не выше 35 °С в машинном зале в летний период. Для повышения надежности работы насосных станций они должны иметь: системы резервного электропитания; исправные резервные агрегаты;

устройства или системы контроля и сигнализации об отклонениях режима работы агрегатов от нормальных параметров.

Каждый насосный агрегат должен быть оборудован запорной арматурой, отключающей насос от сети; обратным клапаном на напорном трубопроводе для защиты от гидроударов и самовращения; манометром на напорном трубопроводе; мановакуумметром на всасывающем трубопроводе; расходомером, амперметром для измерений нагрузки электродвигателя; счетчиками расхода активной и реактивной электроэнергии.

Каждый насосный агрегат периодически должен подвергаться техническим осмотрам, текущим и капитальным ремонтам, а также наладкам и испытаниям после ремонтов в соответствии с «Регламентом эксплуатации насосно-компрессорного оборудования» и «Руководством по ремонту и наладке насосов и воздуходувок».

На каждом агрегате, механизме, аппарате должна сохраняться заводская паспортная табличка с техническими характеристиками.

На всех насосных агрегатах, задвижках, затворах и других механизмах должны быть нанесены краской хорошо видимые порядковые номера, соответствующие оперативной документации. На трубопроводах и других коммуникациях должна быть нанесена условная маркировка, указывающая их назначение.

Перед пуском насосного агрегата в работу должны быть проверены:

- состояние напорных и всасывающих задвижек;
- заполнение корпуса насоса водой или стоками;
- состояние сальников, муфтовых соединений, защитных ограждений;
- состояние контрольно-измерительных приборов и средств управления пусковых устройств;
- наличие масла в подшипниках и подпятниках.

Пуск насосов может производиться двумя способами: на открытую или закрытую задвижку на напорном трубопроводе.

Задвижка на всасывающем трубопроводе при любых способах пуска должна всегда быть полностью открыта.

Остановку насосных агрегатов в нормальных условиях рекомендуется осуществлять на предварительно закрытую задвижку на напорном трубопроводе.

Основные виды ремонтных работ, осуществляемых на насосных станциях, представлены в табл. 3.

При аварийном отключении электропитания происходит неконтролируемая остановка агрегатов на открытую напорную задвижку. Поэтому в ходе эксплуатации рекомендуется предусматривать меры по уменьшению величины гидравлического удара, если они не предусмотрены проектом. К таким мерам относятся: установка клапанов для впуска воздуха на водоводах, установка обратных клапанов с замедленной посадкой, пропуск потока воды через насос в обратном направлении и т.п.

Периодичность и основные виды ремонтных работ на насосных станциях

Вид оборудования	Продолжительность периодов между:			Характеристика основных работ	
	осмотрами, мес.	текущим ремонтом, не реже, мес.	капитальными ремонтами, лет	Текущий ремонт	Капитальный ремонт
Центробежные насосы: горизонтальные вертикальные (погружные, артезианские) канализационные вакуум-насосы	1	3	3	Смена прокладок, набивка сальников. Смазка уплотнительных колец. Снятие крышек и восстановление усталости ротора. Окраска насоса	Полная ревизия с разборкой, чисткой, регулировкой и заменой втулок, подшипников, прокладок. Балансировка рабочего колеса. Смена вала, правка вала с точкой, шлифование шеек вала под уплотняющие кольца. Смена рабочих колес и направляющих аппаратов. Смена или перезаливка вкладышей подшипников. Испытание с проверкой и регулировкой работы насоса после ремонта. Замена насосов на более совершенные и экономичные
	1	3	2		
	1	3	2		
	1	3	2		
	1	3	2		
Компрессоры, воздуходувки, поршневые насосы	1	2	3	Частичная замена крепежа, прокладок, лабиринтовых уплотнений	Смена поршней с поршневыми кольцами. Смена коленчатого вала или шлифовка шеек. Замена вкладышей подшипников или их ремонт. Замена масляного насоса и маслопровода

Длительная работа насосов (более 3 мин) при закрытой напорной задвижке или закрытом обратном клапане не допускается.

В канализационных насосных станциях должна быть предусмотрена приточно-вытяжная вентиляция с усиленным обменом воздуха с кратностью не менее пяти. Для предупреждения вытягивания газов из подводящего коллектора в приемных резервуарах необходимо некоторое превышение количества приточного воздуха над количеством отсасываемого.

Для предупреждения загнивания осадка его следует откачивать из приемного резервуара не реже 1 раза в 3 дня. При откачке осадок смывают к приемным воронкам всасывающих линий струей воды из технического водопровода станции. Стены резервуара, а также полы помещений приемного резервуара и решеток также должны быть обмыты струей воды. Для размыва слежавшегося осадка от напорных водоводов предусматриваются специальные смывные трубопроводы с задвижками.

Напорные трубопроводы насосных станций, перекачивающих осадки, после каждой остановки насосов необходимо промывать водой, чтобы предотвратить выпадение осадка и закупоривание им трубопровода.

При перекачке осадков сточных вод необходимо регулярно в повышенных точках трассы трубопроводов выпускать газы через вентили или задвижки, установленные вместо вантузов.

Контрольные вопросы

1. Перечислите задачи технической эксплуатации водопроводной сети.
2. Что проверяют при наружном обходе и осмотре водопроводной сети?
3. Расскажите о возможности возникновения аварий на водопроводной сети и способах их устранения.
4. В чем заключаются гидравлические испытания водоводов и водопроводных сетей?
5. Перечислите задачи технической эксплуатации водоотводящей сети.
6. В чем заключаются гидравлические испытания водоотводящих сетей?
7. Расскажите об основных принципах эксплуатации насосных станций и насосных агрегатов.
8. Какие основные виды ремонтных работ на насосных станциях вы знаете?

Лекция №4

НАЛАДКА И ПРИЕМ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ВОДОПРОВОДНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

1. Испытания и приемка в эксплуатацию очистных сооружений водопровода.
2. Эксплуатация отстойников и осветлителей со взвешенным осадком.
3. Эксплуатация скорых и медленных фильтров.
4. Эксплуатация сооружений по обезжелезиванию, деманганации и обескремниванию воды.

1. Испытания и приемка в эксплуатацию очистных сооружений водопровода

Водопроводные сооружения могут быть предъявлены Государственной приемочной комиссии при наличии проектно-сметной документации, исполнительных чертежей, актов на скрытые работы и разрешения на специальное водопользование. До этого приказом руководителя предприятия или организации заказчика создается рабочая комиссия, которая проводит гидравлические и технологические испытания [4].

Гидравлические испытания осуществляются с целью установления водонепроницаемости железобетонных емкостей (резервуаров, баков, каналов и других сооружений). При этом испытываемая емкость заполняется водой до наивысшего проектного уровня: все задвижки и шиберы закрываются и запломбировываются. По истечении определенного срока (не менее 3 суток) фиксируют величину суточного понижения уровня воды в емкости; убыль воды за сутки не должна превышать 3 л на 1 м² смоченной поверхности стен и днища. При гидравлическом испытании соблюдается очередность в проведении работ.

Выявленные в ходе осмотра и испытаний строительно-монтажные и проектные дефекты и недоделки отмечаются в акте с указанием срока их ликвидации. После исправления недочетов, отмеченных в акте, все сооружения и трубопроводы станции дезинфицируются раствором с концентрацией активного хлора 75–100 мг/л в течение 5–6 ч или концентрацией 40–50 мг/л в течение не менее 24 ч контакта.

Хлорная вода после ее дехлорирования выбрасывается на прилегающие к сооружениям территории или в водоемы.

Пусконаладочные работы (технологические испытания) могут осуществляться как эксплуатационным персоналом станции, так и специализированными пусконаладочными организациями; в том и другом случаях обязательно присутствие представителей проектной организации.

В период пусконаладочных работ необходимо установить и сравнить с проектными: технологические параметры работы очистных сооружений; режимы работы регулирующей и контрольно-измерительной аппаратуры, дозаторов, расходомеров, уровнемеров, регуляторов расхода и скорости и т.п.; дозы реагентов, последовательность их ввода и т.д. По окончании пусконаладочных работ и пробного пуска станции, который должен продолжаться не менее 2–4 суток, при получении воды надлежащего качества по согласованию с СЭС станция сдается Государственной приемочной комиссии.

В подготовительный период, а также в период пусконаладочных работ и пробного пуска инженерно-технический персонал станции совместно с представителями пусконаладочной организации составляют инструкции по технической эксплуатации сооружений и должностные инструкции по каждому рабочему месту, устанавливают режимы работы очистной станции, проверяют работу станции по расчетным и аварийным режимам, условиям сброса и обработки продувочных и промывных вод, а также производственных сточных вод. Все материалы, характеризующие количество, состав и режимы сброса производственных сточных вод в водоемы, а также расчетные данные, предусматривающие необходимую степень обработки этих вод, согласование с соответствующими организациями, представляются проектными организациями.

Организация эксплуатации очистных станций

Количество эксплуатационного персонала для обслуживания очистных сооружений принимается исходя из учета трудовых затрат на работы по текущему ремонту, выполняемых слесарем-ремонтником, электромонтером-ремонтником, слесарями по ремонту КИПиА и аварийно-восстановительных работ.

Состав работ по эксплуатации очистных сооружений включает: обслуживание смесителей, камер реакции, отстойников, осветлителей со взвешенным слоем, фильтров, насосов для наполнения промывных баков водой, резервуаров чистой воды, хлораммиачных установок, коагуляционных установок (включая обслуживание установок извести, активированного угля, полиакриламида и активной кремниевой кислоты), отбор проб воды и реагентов и проведение анализов очищаемой воды по установленным видам.

Общая численность обслуживающего персонала, в том числе и инженерно-технических работников, устанавливается организацией водопроводно-канализационного хозяйства по согласованию с руководящими органами для каждого отдельного случая в зависимости от местных условий, производительности станции, ее состава, степени сложности устройств и сооружений и т.п. Нормативы численности, чел.-смен/сут, рабочих, занятых на эксплуатации очистных сооружений водопровода, по элементам сооружений представлены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Нормативы численности, чел.-смен/сут, рабочих, занятых на эксплуатации очистных сооружений водопровода,
по элементам сооружений

Наименование элементов сооружений	Наименование профессиональных рабочих	Производительность, тыс. м ³ /сут						
		до 2	от 2 до 15	от 15 до 30	от 30 до 60	от 60 до 100	от 100 до 200	свыше 200
1. Смеситель	Оператор очистных сооружений	0,25	0,25	0,50	0,75	0,75	0,75	0,75
2. Камера реакции	То же	-	-	1,0	1,0	1,25	1,25	2,0
3. Отстойники	-//-	0,25	-	1,0	1,0	1,25	1,25	2,0
4. Осветлители со взвешенным осадком	-//-	-	0,1	-	-	-	-	-
5. Скорые фильтры	-//-	2,0	33,5	5,5	6,0	6,0	7,0	7,0
6. Насосы для наполнения промывных баков водой	-//-	0,25	0,25	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
7. Промывные баки	-//-	-	-	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
8. Резервуар чистой воды	-//-	0,25	0,50	0,50	0,50	0,75	0,75	1,25
9. Хлор аммиачная установка	Оператор хлораторной установки	3,0	3,5	4,0	4,5	4,5	5,0	5,0
10. Коагуляционная установка	Коагулянтщик очистных сооружений	3,0	5,0	6,0	6,5	6,5	8,0	9,0
Итого		9	14	19,5	21,25	22	25	28

Примечания: 1. При наличии отстойников производительностью от 2 до 15 тыс. м³/сут устанавливаются норматив 0,5 чел.-смен. 2. При наличии осветлителей со взвешенным осадком производительностью более 15 тыс. м³/сут устанавливаются норматив, предусмотренный для обслуживания камер реакции и отстойников суммарно в соответствии с производительностью осветлителей. 3. При наличии фильтров АКХ или контактных осветлителей устанавливаются нормативы, предусмотренные п. 5, с коэффициентом 1,3. 4. При промывке фильтров одновременно от промывных баков а промывных насосов, служащих также для подкачки воды в промывные баки, нормативы устанавливаются по пп. 6 и 7 в соответствии с производительностью очистных сооружений, 5. При наличии промывных баков производительностью менее 15 тыс. м³/сут устанавливаются норматив 0,5 чел.-смен; при промывке фильтров промывными насосами норматив на обслуживание насосов устанавливается по п. 6.

На станции должна вестись следующая отчетность: общий журнал работы очистной станции с ежедневной записью: общего количества обработанной воды; воды, израсходованной на собственные нужды; количества израсходованных реагентов и их доз; сооружений и оборудования, находящихся в работе, чистке, ремонте; проведенных ППО и ППР; журнал анализов с ежедневной записью результатов и складской журнал.

2. Эксплуатация отстойников и осветлителей со взвешенным осадком

Отстойники и осветлители должны обеспечивать заданную степень предварительного осветления и обесцвечивания заданных количеств воды перед ее подачей на фильтры.

В практике эксплуатации работа отстойников оценивается «процентом задержания взвеси», представляющим собой отношение количества выпавшей взвеси G_v к полному количеству взвеси G_o , находящейся в воде, %:

$$K = \frac{G_v}{G_o} 100. \quad (6)$$

Дополнительно работу горизонтальных отстойников рекомендуется оценивать по слою распределения осадка по дну. Графическая интерпретация этих измерений показывает, насколько полно использовано сооружение, в какой части его происходит выпадение осадка и от чего оно зависит.

Хорошая работа отстойников зависит от химической подготовки обрабатываемой воды, рода и характера образующихся хлопьев коагулянта, захватывающих своими хлопьями взвесь. Чем больше хлопьев и чем они крупнее, тем интенсивнее выпадает осадок, распределяясь по дну, главным образом в начале (в первой трети или первой половине) отстойника.

Наблюдениями установлено, что:

- с повышением температуры воды эффект работы отстойника при всех прочих равных условиях повышается;
- наличие продольных перегородок не оказывает решающего влияния на характер движения воды при правильном устройстве напуска и отвода воды;
- хорошее (равномерное) распределение по ширине отстойника напускаемой воды и ее отвод обеспечиваются незатопленным водосливом в начале (напуск) и конце (отвод) отстойника;
- с накоплением осадка на дне рабочая глубина отстойника уменьшается, а скорость движения воды увеличивается.

При эксплуатации отстойников персонал обязан:

- контролировать по мере изменения режимов подачи воды равномерность распределения воды между отдельными сооружениями (но не менее 1–2 раз в сутки);

- обеспечивать правильность распределения воды по площадям самих отстойников, своевременно устраняя перекосы кромок лотков, желобов и т.д.;

- вести наблюдение за накоплением (высотой слоя) осадка и его влиянием на режим работы сооружений (5–6 раз между чистками);

- регулярно удалять осадок (частично или полностью) в соответствии с установленным графиком промывки;

- учитывать потери воды при сбросе осадка;

- следить за состоянием устройств для отведения осветленной воды и избыточного осадка, трубопроводов, задвижек и лотков, тонкослойных модулей.

В процессе эксплуатации перегородчатых камер хлопьеобразования и горизонтальных отстойников дежурный оператор наблюдает за ходом реакций реагентов с водой и характером образования хлопьев коагулянта, а также за хлопьями, не осевшими в отстойнике, и в зависимости от результатов анализов уточняется доза реагентов.

Дежурный оператор должен регулировать равномерное распределение поступающей в отдельные камеры хлопьеобразования и отстойники воды, наблюдать за равномерным слоем перелива через кромки желобов поступающей в отстойник и отводимой из него воды; кромки лотков следует периодически осматривать и очищать от образующихся органических скоплений, а при необходимости – выравнивать.

Положение поверхности уплотненного осадка в камере отстойников можно определить шестом, на конце которого перпендикулярно укреплен щиток размером не менее 20×20 см, препятствующий погружению шеста в осадок. По длине части шеста, находящейся под водой, определяют толщину слоя воды до осадка и, следовательно, его высоту. Шест опускают в открытых отстойниках непосредственно с его бортов или через вентиляционные трубы в перекрытии отстойника.

Обычно осадок из горизонтальных отстойников удаляют 2 раза в год (весной и осенью), и лишь в некоторых случаях при очистке воды с большой мутностью и высокой цветностью осадок из отстойников удаляют чаще.

В начале и конце отстойника должны быть подведены трубопроводы диаметром 50 мм от внутреннего водопровода станции с устройствами для подключения шлангов при промывке отстойников.

Загрязнения со стенок и перегородок удаляются щетками, а затем дезинфицируются хлорной водой с дозой активного хлора 25 мг/л.

Эксплуатация вертикальных отстойников сводится к равномерному распределению воды между ними, равномерному сбору отстоянной воды

радиальными желобами или дырчатыми затопленными трубами и периферийным желобом, удалению осадка из отстойников.

В последнее время широко внедряются в практику очистки воды полочные (тонкослойные) отстойники, имеющие более высокие технологические показатели по сравнению с рассматриваемыми отстойными сооружениями. От обычных отстойников они отличаются наличием специальных тонкослойных элементов (блоков), размещаемых в зоне отстаивания. Применение тонкослойных элементов позволяет повысить эффект осветления (на 20–30 %) и при этом значительно сократить площади отстаивания (до 60 %). Тонкослойное отстаивание является более устойчивым к колебаниям расходов воды, поступающей на сооружения, изменению температуры и концентрации загрязнений. Принцип тонкослойного отстаивания перспективен при реконструкции действующих отстойников различного типа с целью повышения их производительности.

Конструктивно тонкослойные элементы выполняются в виде плоских или гофрированных полок (рис. 13), а также в виде труб различного поперечного сечения – круглого, квадратного, прямоугольного и т.д. Для устройства элементов могут служить гибкие, жесткие материалы из металла, пластмассы, полиэтиленовой пленки и т.д. Сползание в осадочную часть отстойника осевшей взвеси обеспечивается уклоном тонкослойных элементов, который принимается равным 50–60°.

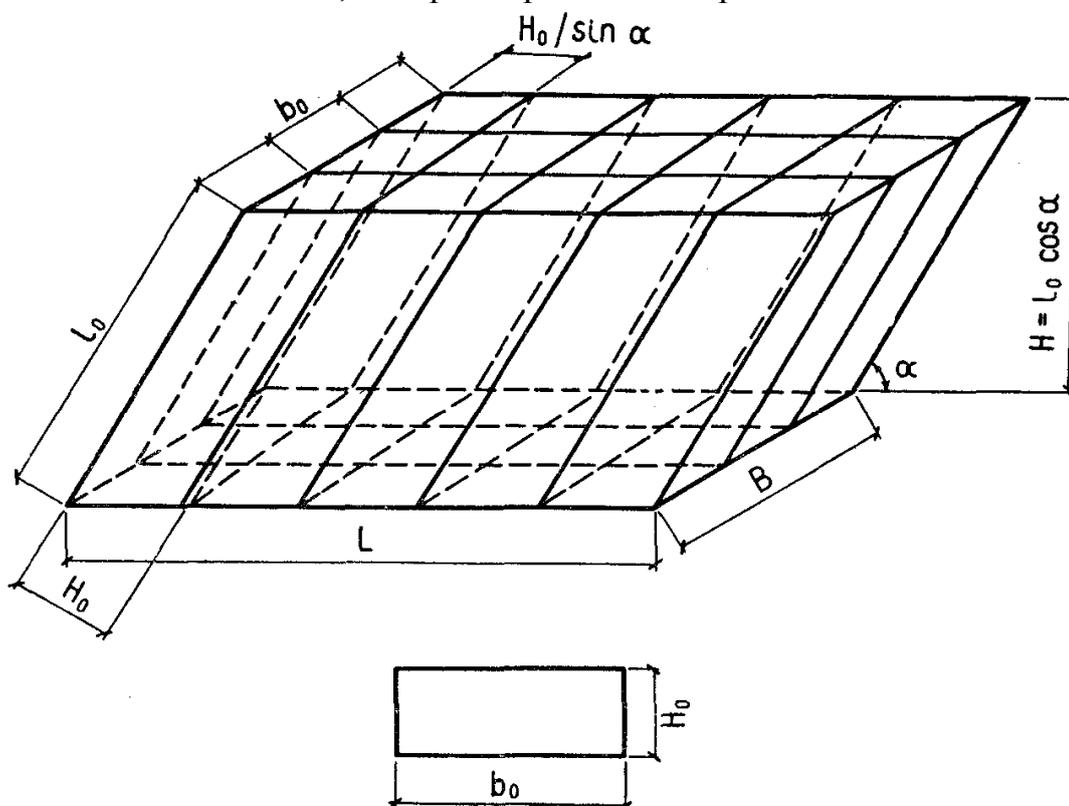


Рис. 13. Конструктивные параметры тонкослойных элементов в блоке:
 l_0 – длина тонкослойного элемента; b_0 – ширина тонкослойного элемента;
 H_0 – высота тонкослойного элемента; H – высота тонкослойного сотоблока;
 L – длина тонкослойного сотоблока; B – ширина тонкослойного сотоблока

Поскольку продолжительность пребывания воды в тонкослойных отстойниках по сравнению с обычными мала, то при их эксплуатации уделяется особое внимание равномерному распределению потока воды между тонкослойными элементами, а также процессам смешения воды с растворами реагентов и созданию условий для хлопьеобразования. Если в обычных отстойниках неудовлетворительная работа, например, камер хлопьеобразования может в какой-то мере компенсироваться более длительным пребыванием воды в отстойнике, то в тонкослойных отстойниках это становится невозможным.

При эксплуатации отстойников всех типов (описанных ранее) персонал обязан:

- контролировать по мере изменения режимов подачи воды равномерность распределения воды между отдельными сооружениями (но не менее 1–2 раз в сутки);
- обеспечивать правильность распределения воды по площадям самих отстойников, своевременно устраняя перекосы кромок лотков, желобов и т.д.;
- вести наблюдение за накоплением (высотой слоя) осадка и его влиянием на режим работы сооружений (5—6 раз между чистками);
- регулярно удалять осадок (частично или полностью) в соответствии с установленным графиком промывки;
- учитывать потери воды при сбросе осадка;
- следить за состоянием устройств для отведения осветленной воды и избыточного осадка, трубопроводов, задвижек и лотков, тонкослойных модулей.

Вода в осветлителе со взвешенным осадком (рис. 14) проходит такой же путь, как и в вертикальном отстойнике, с тем лишь отличием, что вода в нем как бы фильтруется через слой ранее выпавшего осадка, находящегося во взвешенном состоянии. При этом происходят сложные агломерационные, сорбционные и другие процессы; частицы взвешенного слоя, обладая огромной поверхностью контакта с водой и содержащейся в ней мелко раздробленной фазой взвешенных частиц, находятся все время в подвижном состоянии – то увлекаются потоком воды вверх, то при достаточно большом сопротивлении (или уменьшении скорости потока) перестают увлекаться потоком и оседают.

Опустившись в нижние слои, частицы взвешенного осадка снова подхватываются потоком воды и вновь увлекаются вверх, пока не попадут к осадкоприемным окнам, а через них в осадкоуплотнитель.

Во избежание разрушения взвешенного слоя конвекционными потоками и выноса осадка из осветлителя температура воды не должна изменяться со скоростью более чем на 1 °С/ч, а постепенное изменение расхода воды не должно превышать $\pm 15\%$ /ч. При эксплуатации осветлителей скорость восходящего потока в зоне осветления и коэффициент распределения воды между зоной осветления и зоной отделения осадка

зависят от общего содержания взвешенных веществ в воде, поступающей в осветлитель (табл. 5).

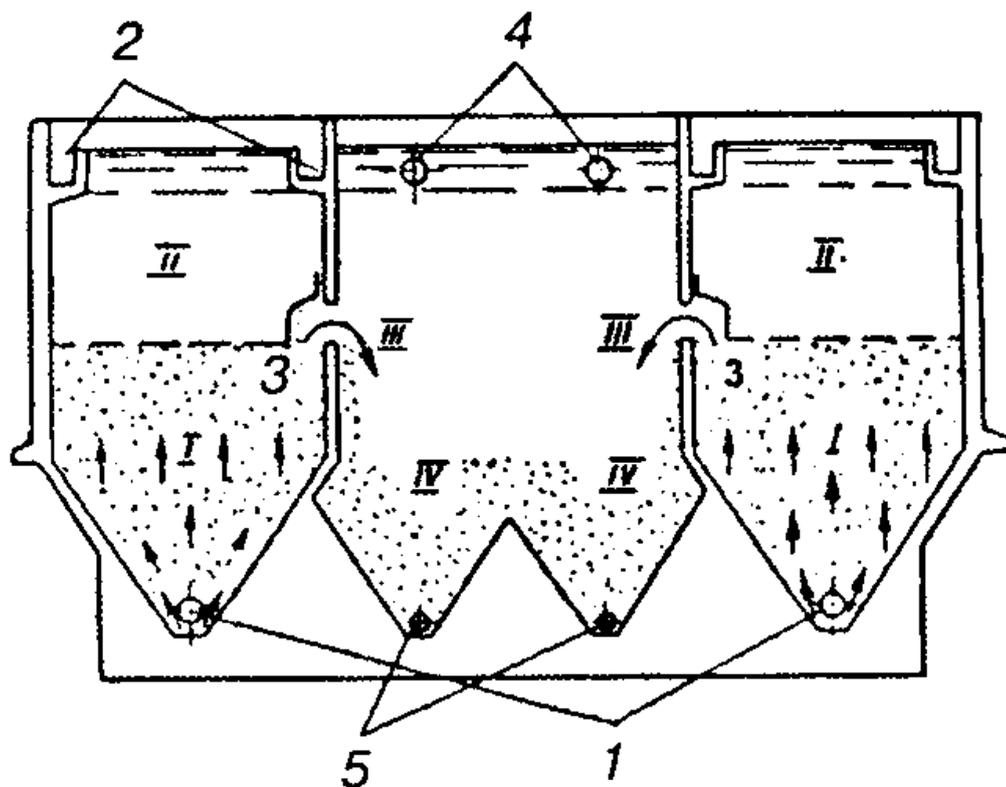


Рис. 14. Осветлитель со взвешенным осадком коридорного типа:
 I – зона взвешенного осадка; II – зона осветления; III – зона отделения осадка;
 IV – зона накопления и уплотнения осадка; 1 – подающие трубопроводы;
 2 – сборные желоба осветленной воды; 3 – осадкоприемные окна;
 4 – трубопроводы для отвода воды из зоны уплотнения осадка;
 5 – трубы для отвода уплотненного осадка

Т а б л и ц а 5

Технологические условия работы осветлителей [2]

Мутность воды, поступающей в осветлитель, мг/л	Скорость восходящего потока воды в зоне осветления $v_{осв}$, мм/с		Коэффициент распределения воды $K_{р.в}$
	в зимний период	в летний период	
От 50 до 100	0,5-0,6	0,7-0,8	0,7-0,8
Св. 100 до 400	0,6-0,8	0,8-1	0,8-0,7
Св. 400 до 1000	0,8-1	1,0-1,1	0,7-0,65
Св. 1000 до 1500	1,0-1,2	1,1-1,2	0,64-0,6

В процессе эксплуатации осветлителей персонал должен следить за сбором осветленной воды и при необходимости прочищать затопленные отверстия водосборных труб и желобов.

В осветлителях с взвешенным осадком контролируют:

- длительность зарядки взвешенного слоя после полного опорожнения и включения в работу;

- уровень взвешенного осадка – по мере изменения скоростного и температурного режимов работы осветлителя, а также режима дозировки реагентов (но не реже 2 раз в смену);

- скорость восходящего потока воды в рабочей зоне осветлителя – 2–3 раза после пуска по мере изменения режима подачи воды;

- количество воды, отводимой из верхней зоны уплотнения осадка — по мере изменения количества подаваемой воды и режима ее реагентной обработки (не реже 2 раз в смену);

- периодичность и длительность выпуска осадка – по мере накопления и подъема осадка до критического значения его уровня;

- влияние суточных колебаний температуры воды источника на работу осветлителя – 1–2 раза в смену;

- потери воды при продувке и продолжительность продувки – при каждой продувке.

При периодическом опорожнении сооружений для чистки (после удаления осадка стены) перегородки и днище сооружений обмывают водой, подаваемой из брандспойта.

Осадок из осадкоуплотнителя осветлителя отводят периодически или непрерывно без остановки осветлителя.

3. Эксплуатация скорых и медленных фильтров

Скорые фильтры

Устройство фильтра с зернистой загрузкой показано на рис. 15.

Режим и эффективность работы фильтров во многом зависят от качества предварительной очистки воды, т.е. очистки воды на сооружениях первой ступени, и совершенства отдельных их элементов (например, распределительных и сборных систем, параметров фильтрующего материала, скорости фильтрования, состояния загрузки и т.п.).

Подготовка загрузки фильтров и связанные с ней работы являются наиболее ответственными.

При правильной эксплуатации скорые фильтры обеспечивают содержание взвешенных веществ в водах менее 1 мг/л.

Процесс эксплуатации фильтрации может быть разделен на следующие стадии [17]: подготовка фильтров к пуску и их пуск в эксплуатацию; эксплуатация фильтров в период рабочего режима; промывка фильтрующей загрузки после определенного промежутка работы фильтров.

Пуск фильтров в эксплуатацию после строительства или производства ремонтных работ осуществляется следующим образом: фильтр медленно заполняется снизу через промывную систему отстоянной водой с целью вытеснения воздуха из порового пространства фильтрующего слоя. Когда уровень воды в фильтре будет выше поверхности песка на 200–300 мм,

пуск воды снизу прекращают и начинают подавать её сверху через боковой карман до полного заполнения фильтра. При расчетном уровне воды фильтр оставляют в покое на 20–30 мин, после этого его предварительно промывают со сбором фильтрата в канализацию. По окончании отмывки загрузки фильтр обеззараживают хлорной водой, содержащей 20–30 мг активного хлора. Фильтр включают в работу после 24-часового контакта и окончательной промывки его чистой водой до получения остаточного хлора в промывной воде не более 0,3–0,5 мг/л. Пуск фильтров в работу следует производить при скорости фильтрации 2–3 м/ч с постепенным увеличением до расчетной (в течение не менее 15 мин).

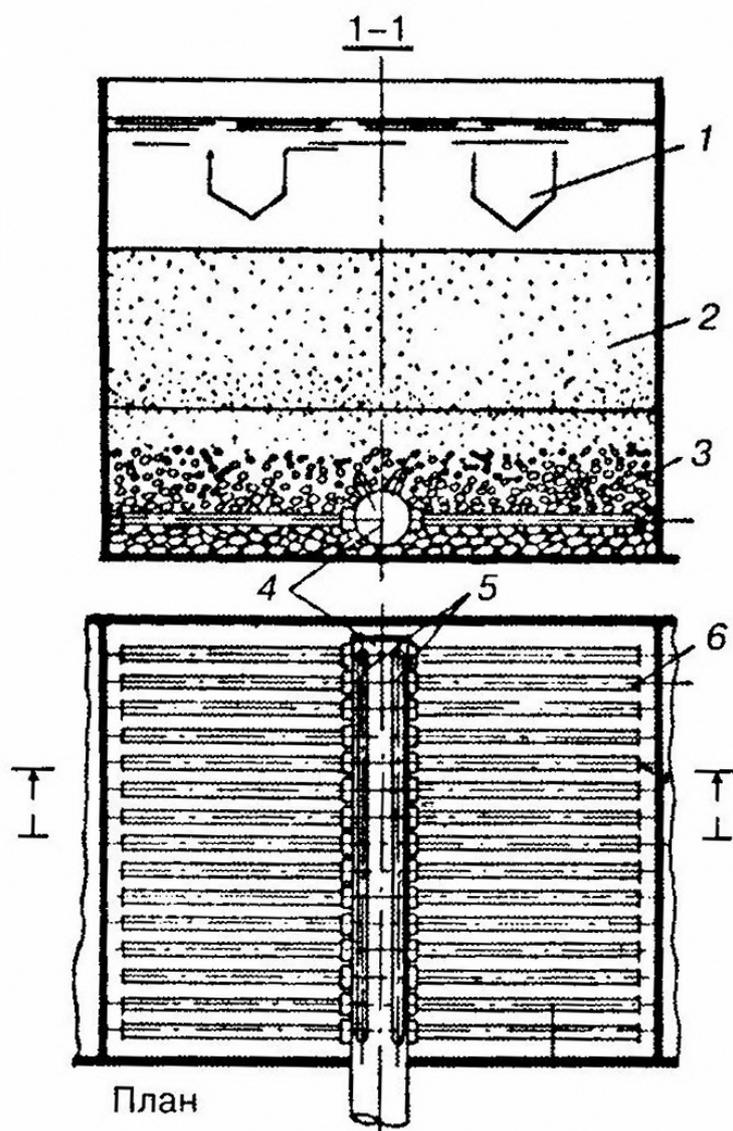


Рис. 15. Фильтры с зернистой загрузкой с трубчатым (щелевым) дренажом:
 1 – промывной желоб; 2 – фильтрующий слой; 3 – поддерживающие слои;
 4 – коллектор; 5 – ответвления от коллектора; 6 – дренажная система

В процессе работы фильтра вода из отстойника или осветлителя поступает на фильтр по водоподводящему лотку, затем проходит слой песка и гравия, собирается дренажной трубой и отводится в приемный резервуар очищенной воды.

При этом на поверхности песка и в его порах на глубину до 0,2–0,4 м постепенно накапливается задерживаемая грязь, представляющая собой взвешенные вещества и хлопья коагулянта, не выпавшие из воды в отстойнике. Распределение загрязнений в толще фильтрующего слоя зависит от диаметра зерен загрузки и скорости фильтрования. Чем больше крупность фильтрующего слоя, тем меньше загрязнений откладывается в пленке и больше в порах слоя. Повышение скорости фильтрования приводит к более глубокому проникновению загрязнений в толщу фильтрующего слоя.

В результате фильтрования содержание в воде взвешенных веществ снижается до 1–2 мг/л. В начале работы фильтра, когда песок еще чистый, потеря напора в фильтре минимальная. В процессе работы фильтра сопротивление фильтрующего слоя вследствие его загрязнения непрерывно увеличивается.

Таким образом, в течение 8–24 ч (в зависимости от качества воды) потеря напора в фильтре возрастает до максимума. Когда давление столба воды над поверхностью песка становится недостаточным для фильтрования, фильтр необходимо промывать. В паводок фильтры приходится промывать через 4–6 ч, а зимой через 40–48 ч и реже.

Скорость фильтрования за время цикла работы фильтра до промывки должна быть постоянной, что обеспечивается за счет увеличения слоя воды над загрузкой (т.е. увеличением расхода воды, подаваемой на фильтр). Грязеемкость скорых однопоточных фильтров при очистке коагулированной и предварительно осветленной (в отстойниках или осветлителях) воды составляет 0,4–0,6 кг на 1 м² фильтрующей поверхности. Она тем больше, чем больше пористость песка и высота фильтрующего слоя.

Для поддержания постоянной скорости фильтрования либо применяют автоматические регуляторы скорости фильтрования, либо регулируют ее вручную при помощи задвижки на трубопроводе, отводящем фильтрованную воду.

Критерием работы фильтра правильнее считать не скорость фильтрования, а грязеемкость фильтра – количество осадка (хлопьев коагулянта и мути) в килограммах, которое задерживается в фильтре, т.е. откладывается на поверхности и в порах фильтрующего материала (песка, антрацитовых крошки), отнесенное к 1 м² фильтра или к 1 м³ загрузки за цикл работы фильтра.

Продолжительность фильтроцикла (межпромывочного периода) T в часах зависит от общего содержания взвеси в фильтруемой воде m_0 , г/м³, скорости фильтрования v , м/ч, и грязеемкости фильтра P , кг/м²:

$$T_{\phi} = 1000 \frac{P}{m_0 v}. \quad (7)$$

Эффективность работы фильтров зависит от состояния распределительных и сборных систем, равномерного распределения промывной воды по площади фильтров, параметров загрузки, наличия воздуха в воде, скорости фильтрования, своевременной и качественной промывки фильтрующей загрузки, распределения напора по её высоте. При включении фильтрующих сооружений на промывку необходимо полностью удалять воздух из трубопроводов, подающих промывную воду.

Порядок промывки фильтра следующий.

1. Прекращают поступление воды на фильтр, закрыв задвижку на трубе, подводящей воду из отстойников или осветлителей на фильтр; перераспределяют поступающую воду на работающие фильтры.

2. Срабатывают имеющуюся в фильтре воду и при снижении уровня воды до верхней кромки промывных желобов прекращают фильтрование, закрыв задвижку на линии, отводящей чистую воду из фильтра.

3. Производят собственно промывку фильтра, для чего, открыв полностью задвижку на трубе, отводящей промывную воду в сток, начинают постепенно открывать задвижку на трубе, подводящей промывную воду в фильтр из напорного резервуара или от промывного насоса.

4. Промывку фильтра продолжают до тех пор, пока прозрачность промывной воды, уходящей в желоба, будет близка к прозрачности очищенной воды. Момент окончания промывки дежурный оператор должен определять самостоятельно; ориентировочно промывка должна продолжаться 4–6 мин.

5. Прекращают промывку, закрыв полностью задвижку на трубе, подводящей промывную воду; после этого останавливают промывной насос (в случае промывки от насоса) и закрывают задвижку на трубе, отводящей промывную воду в канализацию.

6. Восстанавливают процесс фильтрования, открывая задвижку на трубе, подводящей отстоенную воду; после того как уровень воды несколько превысит кромку желобов, медленно открывают задвижку на трубе сброса «первого фильтрата» (т.е. первых порций фильтрованной воды) в канализацию; по истечении установленного времени (10–15 мин) открывают задвижку на трубе, отводящей чистую воду из фильтра, и закрывают задвижку на трубе сброса «первого фильтрата».

Персонал, обслуживающий фильтровальные сооружения, обязан:

- обеспечивать равномерное распределение воды между сооружениями и по площади каждого сооружения;

- поддерживать заданные скорости фильтрования, вести наблюдение за приростом потерь напора и качеством фильтрованной воды;

- обеспечивать поддержание на сооружениях заданного уровня воды;

- своевременно отключать сооружения для промывки и вести наблюдение за эффектом промывки;
- своевременно заполнять водой промывные баки;
- следить за состоянием задвижек, затворов, гидро- и электроприводов, приборов контроля и средств автоматики, промывных насосов и другого оборудования;
- не допускать перемешивания слоев и смещения фильтрующей загрузки в горизонтальной плоскости;
- вести систематический учет работы сооружений соответствующими отметками в журнале;
- обеспечивать надлежащее санитарное состояние фильтровального зала и прилегающей территории.

Медленные фильтры

Медленные фильтры (рис. 16) применяются, как правило, для осветления некоагулированной воды с содержанием взвешенных веществ менее 50 мг/л. Обычно медленные фильтры рекомендуется применять на станциях малой производительности (до 1500 м³/сут). Фильтрат медленных фильтров хозяйственно-питьевых водопроводов необходимо подвергать обеззараживанию.

В фильтрах площадью до 10–15 м² дренаж в основании фильтра можно не устанавливать. Осветленная вода собирается в лоток, выполненный в днище фильтра и перекрытый бетонными или другими плитами. Загрузка укладывается непосредственно на дно фильтра. Дну фильтра придается уклон в сторону лотка не менее 0,01. В фильтрах большей площади устраивается дренаж из дырчатых труб, кирпичей или бетонных плиток, уложенных с прозорами. Перспективны безгравийные конструкции дренажей из пористого бетона и других подобных материалов.

При медленном фильтровании в результате малых скоростей на поверхности песчаной загрузки фильтра образуется пленка из взвешенных в воде частиц, создающая условия для глубокого осветления воды. Метод медленного фильтрования не требует применения реагентов и обслуживания его высококвалифицированным персоналом. Стоимость очистки воды в 3–5 раз меньше по сравнению с реагентным методом на скорых фильтрах.

К недостаткам медленных фильтров относятся высокая строительная стоимость, непригодность для обработки высокоцветных вод, трудоемкость очистки фильтрующей поверхности песка и большая площадь, необходимая для их размещения.

Каждый фильтр должен оборудоваться подающей трубой с поплавковым клапаном, трубопроводом для отвода фильтрата с регуляторами скорости фильтрования, для отвода промывных вод и для опорожнения

фильтрата. Кроме того, каждый фильтр оснащается устройствами для измерения потерь напора в загрузке.

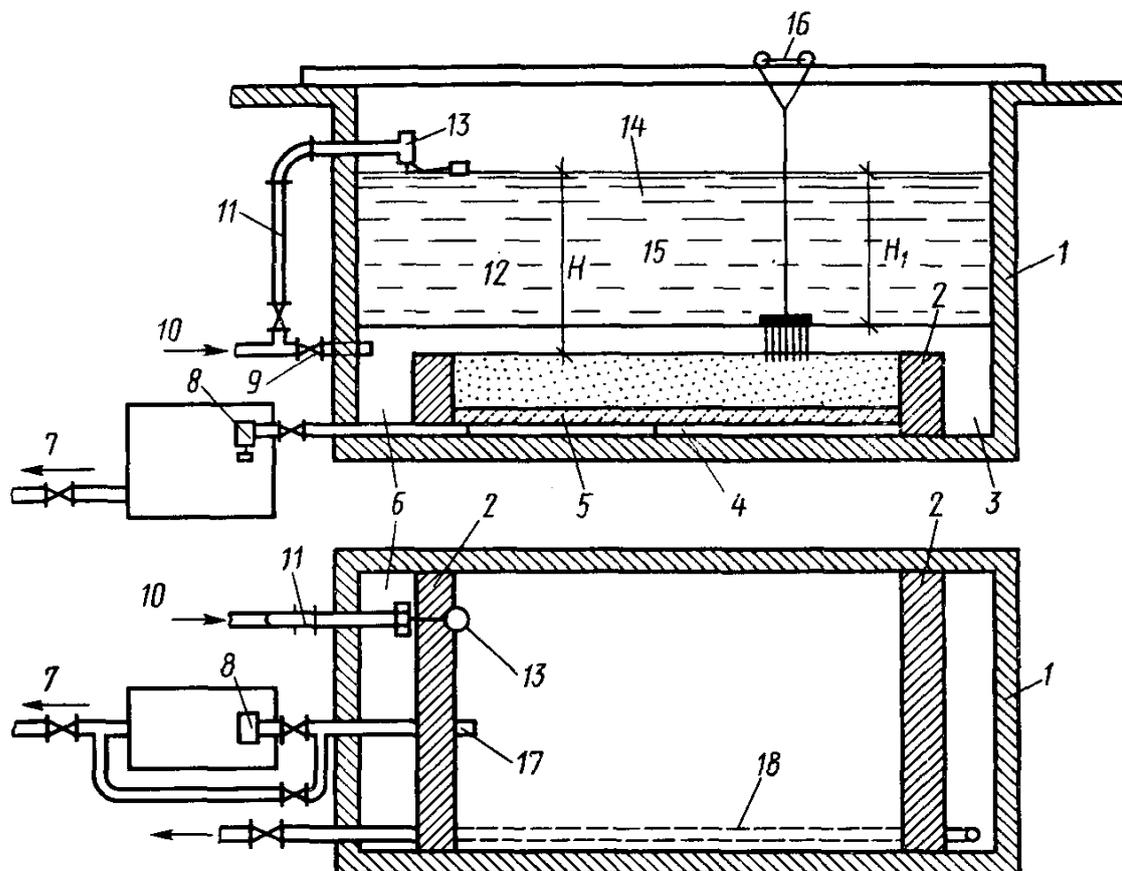


Рис. 16. Схема медленного фильтра:

- 1 – корпус фильтра; 2 – водонепроницаемые перегородки; 3 – карман для сбора промывной воды; 4 – подфильтровочное пространство для сбора и отвода фильтрата; 5 – дренажные плиты; 6 – карман для поступления промывной воды; 7 – поступление воды в резервуары чистой воды; 8 – регулятор скорости фильтрования; 9 – трубопровод промывной воды; 10 – трубопровод исходной воды; 11 – подача исходной воды на фильтр через поплавковый клапан; 12 – уровень воды в фильтре во время его промывки; 13 – поплавковый клапан; 14 – уровень воды во время фильтрования; 15 – фильтрующий слой; 16 – рыхлитель песка; 17 – сборный трубопровод фильтрованной воды; 18 – трубопровод отвода промывной воды

4. Эксплуатация сооружений по обезжелезиванию, деманганации и обескремниванию воды

Наиболее характерным загрязнением подземных вод являются ионы железа. Удаление их из воды основано чаще всего на окислении кислородом воздуха солей двухвалентного железа в соединениях трехвалентного железа. В процессе реакции образуются нерастворимые хлопья, отделяемые от воды в результате последующего фильтрования.

При эксплуатации сооружений по обеззараживанию и деманганации воды осуществляется контроль над:

- полнотой процесса удаления CO_2 и насыщением её на стадии предварительной аэрации кислородом воздуха;
- техническим состоянием, высотой слоев, числом и размером насадок в контактных и вентиляторных градирнях и их аэрационном режиме;
- временем пребывания воды в сборных и контактных резервуарах (от 30 до 60 мин);
- оптимальным значением рН, обуславливающим интенсивное протекание процессов гидролиза, хлопьеобразования и окисления железосодержащих веществ и марганца;
- состоянием отверстий в дренажных системах фильтров.

При эксплуатации обезжелезивающих открытых скорых фильтров с зернистой загрузкой следует руководствоваться [7].

Не реже 1 раза в год следует проводить контроль степени загрязненности фильтрующего материала по высоте загрузки.

Оценку убыли загрузки в результате истираемости и выноса при промывке производят не реже 2 раз в год, замеряя расстояние от поверхности загрузки до кромки желобов.

При пуске и наладке сооружений для обезжелезивания воды фильтрованием следует вести наблюдение за ходом зарядки фильтровальных сооружений, заключающейся в образовании на зернах загрузки пленки оксида железа, служащей катализатором обезжелезивания, или применять специальные фильтрующие материалы (например, бирм). При использовании данных материалов зарядка загрузки оксидом железа не требуется, что значительно упрощает эксплуатацию фильтров при обезжелезивании воды. Сооружения для обезжелезивания воды вводятся в эксплуатацию после завершения процесса зарядки загрузки и установления стабильного режима обезжелезивания.

Анализ исходной воды на содержание общего железа и воды с поверхности фильтра на содержание общего и окисного железа, а также растворенного кислорода и свободной углекислоты проводят 1 раз в сутки, анализ очищенной воды на содержание общего железа – каждые 4–8 ч.

При необходимости одновременного удаления из воды железа и умягчения воды по согласованию с органами Госсанэпиднадзора могут быть применены ионообменные фильтры. Попадание воздуха в подаваемую на них воду должно быть исключено.

Обескремнивание воды достигается переводом соединений кремнекислоты в коллоидные соединения с последующей ее коагуляцией и осаждением взвесей. Обескремнивание осуществляется реагентным и анионитовыми способами. В качестве реагентов используется известь, соли железа (FeSO_4 , FeCl_3 и др.), соли алюминия ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, NaAlO_2 , $\text{Mg}(\text{AlO}_2)_2$ и др.), гидроксид магния, обожженный доломит, каустический магnezит,

гранулированный оксид магния, магнезит, магнезиальный сорбент (ВНИИ ВОДГЕО) и др. Процесс образования коллоидов гидроксида кремния и их коагулирование значительно ускоряются при повышении рН (до 8,5–10) и температуры воды (до 90–95 °С).

Для обескремнивания воды анионитами применяются сильно- и среднеосновные аниониты в ОН-форме; применение слабоосновных анионитов возможно при предварительном превращении слабой кремниевой кислоты в сильную кремнефтористую кислоту.

Пуск, наладка и эксплуатация реагентного хозяйства, смесителей, отстойников и фильтров при удалении из воды железа, марганца и кремния производятся в основном по правилам для осветления и обесцвечивания воды.

Контрольные вопросы

1. Расскажите о гидравлических испытаниях, а также пусконаладочных работах, проводимых на водопроводных очистных сооружениях.

2. В чем заключаются основные принципы организации эксплуатации очистных станций?

3. Исходя из чего определяется общая численность обслуживающего персонала сооружений водопроводной очистной станции?

4. Основные принципы эксплуатации горизонтальных и вертикальных отстойников на водопроводных очистных сооружениях.

5. Особенности эксплуатации отстойников с тонкослойными модулями (блоками).

6. Основные принципы эксплуатации осветлителей со слоем взвешенного осадка на водопроводных очистных сооружениях.

7. Перечислите мероприятия, проводимые при эксплуатации скорых фильтров.

8. Каким критерием оценивается работа скорого фильтра в процессе эксплуатации?

9. Каким образом осуществляется промывка скорых фильтров?

10. Особенности эксплуатации медленных фильтров.

11. Расскажите об особенностях эксплуатации сооружений по обезжелезиванию, деманганации и обескремниванию воды.

Лекция №5

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СООРУЖЕНИЙ И АППАРАТОВ ДЛЯ КОАГУЛИРОВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

1. Эксплуатация реагентного хозяйства.
2. Эксплуатация смесителей.
3. Организация эксплуатации камер хлопьеобразования.

1. Эксплуатация реагентного хозяйства

Коллоидные (мельчайшие, некристаллизующиеся) вещества, присутствие которых обуславливает мутность и цветность воды, в естественном состоянии из воды не удаляются ни длительным отстаиванием, ни фильтрованием. Для глубокого осветления и обесцвечивания воды прибегают к коагулированию содержащихся в воде коллоидных частиц, укрупняя их до величины, при которой они задерживаются отстойниками, осветлителями или фильтрами.

При повышенном содержании в воде органических веществ и наличии в ней привкуса или запаха ее предварительно хлорируют или озонируют, чтобы перед коагулированием воды находящиеся в ней органические вещества окислились.

Коагулянты помещают на складах, где они хранятся в сухом состоянии (сухое хранение) или в виде концентрированных растворов (мокрое хранение). Склады должны вмещать примерно 30-суточный запас с расчетом на период максимального потребления коагулянтов; с учетом местных особенностей они могут быть и другого объема, но не менее 15-суточного запаса.

По санитарным условиям и удобству использования предпочтение следует отдавать мокрому хранению реагентов. Концентрация растворов коагулянтов в этом случае принимается равной 15–20 % (на чистый безводный продукт); число баков-хранилищ должно быть не менее четырех, если же их количество достигает 10, то целесообразно предусматривать один резервный бак. Для перемешивания коагулянтов в растворных резервуарах используется гидравлическое перемешивание или перемешивание воздухом. Последний поступает по стальным трубопроводам, уложенным на 0,7 м выше уровня раствора в баках; под решетку баков его подают по пластмассовым дырчатым трубопроводам. Диаметр направленных вниз отверстий в стенках труб должен быть не меньше 3–4 мм, скорость выхода воздуха из них – 20–30 м/с, а скорость движения его по трубам – 10–15 м/с. Пластмассовые трубы проходят через стенки на противоположные стороны баков. На их торцах установлены заглушки для периодической чистки труб в случае заиливания.

Подача воздуха на перемешивание растворов в растворных баках (рис. 17) должна составлять 8–10 л/(м²·с), в расходных баках – 3–5 л/(м²·с) [19].

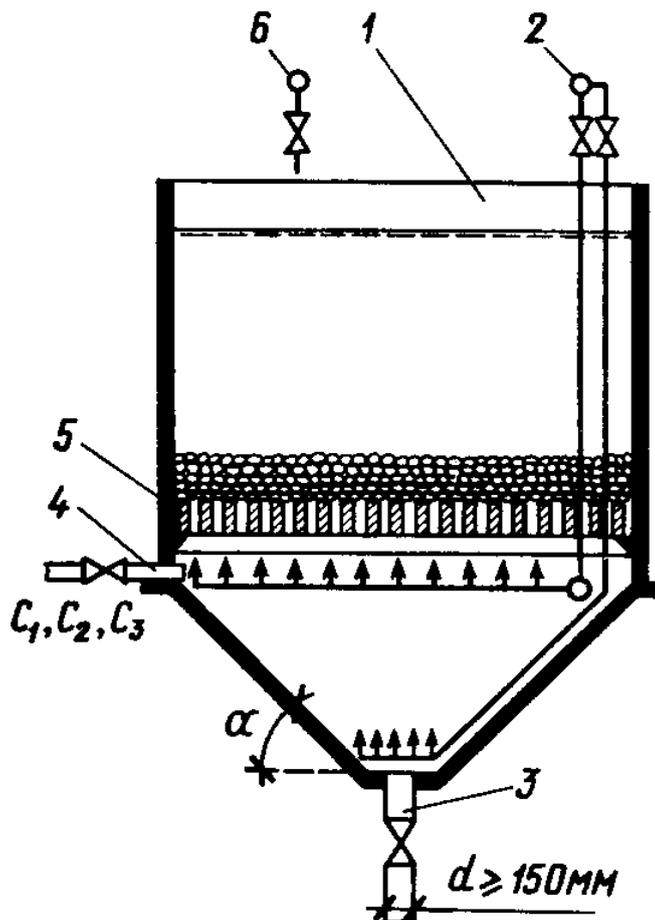


Рис. 17. Растворный бак:

1 – корпус бака; 2 – воздухораспределительная система; 3 – выпуск осадка; 4 – отвод готового раствора; 5 – колосниковая решетка; 6 – подача воды; C₁ – концентрация для неочищенного продукта; C₂ – концентрация для очищенного кускового продукта; C₃ – концентрация для очищенного гранулированного продукта; α – угол наклона стенок днища к горизонтали (15° – для неочищенного коагулянта, 45° – для очищенного коагулянта)

Допускается применение механического способа перемешивания раствора коагулянта, число оборотов мешалки должно составлять 20–30 в 1 мин; площадь лопастей принимают равной 0,1–0,2 м² на 1 м³ объема раствора в баке.

Процесс приготовления растворов, являющийся наиболее трудоемким, разделяется на следующие четыре этапа (на примере сернокислого алюминия).

1. Подготовка сухих реагентов начинается с дробления крупных комьев сернокислого алюминия на более мелкие (диаметром не более 100 мм), сравнительно легко растворимые; затем следует навеска для

одной или двух загрузок и далее загрузка отвешенной порции в растворный бак. Все эти операции производят на складах реагентов.

Чтобы приготовить из технического продукта раствор сернокислого алюминия на T часов работы при заданной дозе D_k , г/м³, и постоянном расходе Q , м³/ч, обрабатываемой воды, необходимо сделать навеску товарного коагулянта для одной загрузки:

$$A_k = \frac{D_k Q T}{K_k \cdot 100}, \quad (8)$$

где K_k – содержание безводного $Al_2(SO_4)_3$, %, в товарном коагулянте, определяемое лабораторией или принимаемое по ГОСТ: для очищенного сернокислого алюминия оно составляет 0,453, для неочищенного – 0,335, для сернокислого железа – 0,525 и для хлорного железа – 0,95.

2. Реагенты растворяют струей или потоком циркулирующей воды с перемешиванием содержимого в баке при помощи мешалки с электро-механическим приводом или воздуха. Растворение считается законченным после того, как в растворном баке останутся лишь нерастворимые куски породы и песок.

Время расходования коагулянта с концентрацией b_p (обычно не более 10 %) из растворного бака емкостью V_p , м³, при расходе воды Q , м³/ч, обрабатываемой дозой D_k безводного коагулянта, составит:

$$T = 10000 \frac{V_p}{D_k Q} b_p. \quad (9)$$

Примерная концентрация раствора в баке, %:

$$b_p = \frac{D_k Q}{10000 V_p} T. \quad (10)$$

Для станций малой производительности (до 10 000 м³/сут) принимают значение $T = 12$ – 24 ч, для станций средней производительности (10000–50000 м³/сут) – 8 – 12 ч, для станций большой производительности (свыше 50000 м³/сут) – 6 – 8 ч и менее.

При растворении коагулянта при перемешивании раствора воздухом расход последнего определяют исходя из интенсивности 8 – 10 л/с на 1 м² площади растворного бака.

3. Приготовление рабочего раствора требуемой крепости осуществляют, разбавляя водой раствор, полученный при растворении реагента, после его перекачки в расходный бак.

Чтобы получить в расходном баке рабочий раствор коагулянта заданной концентрацией b % (принимают не более 5 %), необходимо из

растворного бака в расходный переместить раствор крепостью b_p , %, в количестве, m^3 ,

$$V'_p = V \frac{b}{b_p}, \quad (11)$$

после чего расходный бак долить водой до полного объема V .

Практически крепость растворов оценивают в градусах по ареометру. В табл. 6 приведены плотности растворов реагентов при температуре воды 15–20 °С в зависимости от концентрации.

Для дозирования раствора коагулянта на станциях малой и средней производительности получили распространение простейшие поплавковый и сифонный дозаторы. На фильтровальных станциях средней и большой производительности все большее применение в качестве дозаторов раствора находят насосы-дозаторы, а также эжекторы.

Т а б л и ц а 6

Зависимость плотности растворов химически чистых реагентов от концентрации [13]

Концентрация растворов, %	Al ₂ (SO ₄) ₃ при температуре, С		FeCl ₃ при температуре 20 °С	FeSCO ₄ при температуре 18 °С	Суспензия активированного угля марки ОУ-3
	15	19			
1	1,017	1,009	1,007	1,008	1,004
2	1,027	1,019	1,015	1,018	—
4	1,047	1,040	1,032	1,037	—
6	1,067	1,061	1,049	1,057	1,020
8	1,087	1,083	1,066	1,078	—
10	1,107	1,105	1,085	1,100	—
20	—	1,226	1,182	1,213	—

4. Последним этапом в работе реагентного хозяйства является подготовка растворных и расходных баков после их опорожнения к растворению следующей порции реагента (удаление осадка, состоящего из нерастворившихся частиц и песка).

При низкой щелочности очищаемой воды процесс коагулирования затрудняется. В таких случаях воду перед коагулированием подщелачивают обычно гашеной известью Ca(OH)₂, для чего приготавливают известковое молоко. При проявлении коррозионных свойств или выделении карбонатных отложений воду обрабатывают щелочью, кислотами и пр.

Емкость расходных баков известкового молока V_u (концентрацией не более 5 %) определяется временем, через которое надо производить заготовку, по вышеприведенной формуле с подстановкой в нее дозы извести D_u (считая по СаО) вместо дозы коагулянта. Число часов T , на которое заготавливают в расходном баке известковое молоко, принимают равным 6–12.

Известковое молоко непрерывно взмучивается для поддержания частиц извести во взвешенном состоянии. Взмучивание можно производить гидравлическим перемешиванием (насосом) при помощи сжатого воздуха или лопастных мешалок.

При эксплуатации реагентного хозяйства персонал обязан:

- своевременно приготовить необходимое количество растворов реагентов требуемой концентрации;
- вводить реагенты в обрабатываемую воду с соблюдением установленных доз и последовательности их введения;
- систематически наблюдать за правильностью работы устройств приготовления и дозирования реагентов, средств контроля и автоматизации;
- вести учет расходования реагентов и своевременно их заказывать с учетом вместимости складов.

При приемке каждой новой партии реагентов проверяют наличие сертификатов, удостоверяющих их качество и соответствие требованиям стандарта. Каждую партию поступающих на предприятие реагентов подвергают контрольному анализу на содержание в продукте активной части реагента и примесей.

На складах реагентов запрещается хранить:

- в одном помещении реагенты, которые могут химически взаимодействовать между собой;
- взрывчатые и огнеопасные вещества, смазочные масла, баллоны со сжатыми газами, пищевые продукты и пр.;
- реагенты в количествах, превышающих расчетную вместимость складов.

Коагулирование. Необходимые дозы коагулянтов

В качестве коагулянтов воды обычно используют сернокислый алюминий, хлористый алюминий, полиоксихлорид алюминия, редко применяют хлорное железо или железный купорос. Содержащие железо коагулянты весьма эффективны при низких температурах воды зимой.

Хлопья гидроокиси, образующиеся в результате коагулирования, представляют собой как бы тончайшую сеть, покрывающуюся частичками глины, ила и других взвешенных в воде частичек, в результате чего хлопья постепенно укрупняются до видимых, становятся тяжелыми и оседают на дно отстойника.

Течение процесса коагуляции зависит от солевого состава воды, главным образом от ее анионного состава, так как гидроокиси алюминия и железа заряжены положительно и коагулирующими ионами для них являются анионы. Практикой установлено, что коагулирование сернокислым алюминием для удаления взвешенных веществ происходит удовлетворительно в следующих случаях: в мягких природных водах при $pH =$

5,7–6,6, в водах средней жесткости (4–6 мг-экв/л) – при рН = 6,6–7,2, в жестких водах — при рН = 7,2–7,8 [7].

Скорость хлопьеобразования зависит также от температуры воды (процесс резко замедляется при понижении температуры). Она зависит также от скорости движения воды в сооружениях. Скорость движения потока воды в перегородчатых камерах хлопьеобразования должна убывать от 0,2–0,3 м/с в начале до 0,1–0,05 м/с в конце камеры за счет увеличения расстояния между перегородками. Число поворотов потока воды в камере обычно равно 8–10. В них должны быть предусмотрены промежуточные выпуски воды по длине камер для регулирования времени пребывания воды в них. Время пребывания воды должно составлять 20 мин для мутных вод и 30 мин для цветных. При наличии умеренного перемешивания воды процесс хлопьеобразования идет быстрее и заканчивается через 15–20 мин, тогда как в спокойной воде для этого требуется вдвое большее время.

Оптимальные соотношения смешиваемых концентраций рабочих растворов реагентов и количество обрабатываемой воды определяют предварительно в лабораторных условиях и уточняют в процессе эксплуатации в зависимости от качества реагентов и обрабатываемой воды.

Точность дозировки растворов реагентов должна быть в пределах $\pm 5\%$, за исключением случаев, предусмотренных технологией обработки воды в аварийном режиме.

При перерывах в подаче растворов реагента после каждого прекращения подачи раствора реагентопроводы, растворные и расходные баки и насосы-дозаторы должны быть промыты очищенной водой.

Режимы реагентной обработки воды в различные периоды года и виды применяемых реагентов устанавливаются на основе данных физико-химических, санитарно-биологических и технологических анализов и опыта обработки воды.

В реагентном цехе контролируют:

- количество загружаемого реагента – при каждом приготовлении по массе или объему;
- периодичность и длительность загрузки – посменно;
- длительность и интенсивность перемешивания, продолжительность отстаивания раствора – по мере растворения;
- концентрацию раствора в реагентных баках – по мере растворения реагента или разбавления растворов;
- уровни растворов в баках – в процессе расходования растворов;
- точность дозировки растворов – ежечасно и возможно чаще при изменении расхода очищаемой воды и концентрации раствора реагента;
- работу механических дозаторов сухих реагентов – не реже одного раза в смену;

- после 4–6 циклов приготовления растворов реагентов из реагентных баков и бункеров удаляют осадки (или по мере накопления осадка в них);
- состояние дозирующих устройств – ежеквартально или не реже двух раз в год.

2. Эксплуатация смесителей

Эффективное смешение реагентов с обрабатываемой водой с целью равномерного и быстрого распределения их в воде достигается турбулизацией потока. Этот процесс осуществляется в смесительных устройствах. При создании смесительных устройств стремятся к выполнению следующих условий: максимальное сокращение времени между моментом ввода раствора коагулянта в обрабатываемую воду и началом процесса смешения; простота конструктивного оформления и надежность работы; минимальные потери напора, т.е. его экономичность.

При введении реагентов должна быть предусмотрена возможность последовательного ввода их с соблюдением требуемых интервалов времени между их подачей. Соблюдение этих условий является основным условием эффективного действия вводимых реагентов на обрабатываемую воду и их перемешивание. Последовательность ввода реагентов должна быть строго обоснована проведением технологических анализов воды с учетом местных условий и качества воды по сезонам года. Система подачи воды и реагентов всегда должна обеспечивать равномерное распределение и смешение воды с реагентами по всей глубине и площади смесителя в наиболее короткие промежутки времени, достигающие секунд и долей секунды.

По принципу действия смесительные устройства делятся на два основных типа:

- гидравлические, в которых турбулизация создается за счет сужения и изменения направления потока воды и устройств, повышающих вихреобразование, и т.п.;
- механические, в которых турбулизация потока достигается вращением лопастей или пропеллеров.

По строительным нормам [1] рекомендуется проектировать в основном гидравлические смесители и в первую очередь смесители вихревого и перегородчатого типов (см. рис. 18), и только при надлежащем обосновании разрешается применять смесители механического типа.

Смешение реагентов в гидравлических смесителях должно быть закончено в течение 1–2 мин при мокром и не более 3 мин при сухом дозировании реагентов.

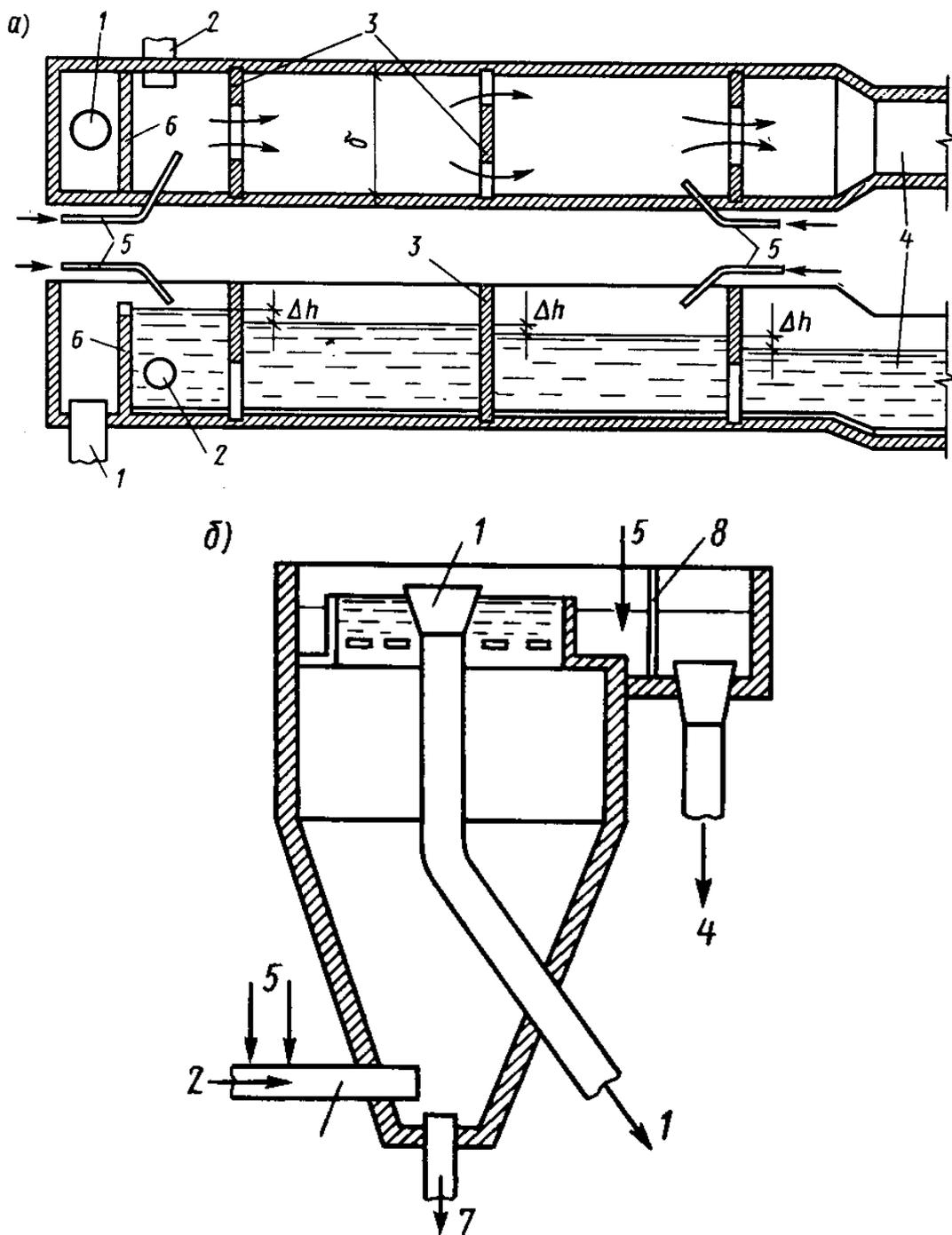


Рис. 18. Смесители:
a – перегородчатый; *б* – вихревой (вертикальный); 1 – переливной трубопровод;
 2 – исходная вода; 3 – перегородки; 4 – вода после смесителя;
 5 – подача реагента; 6 – переливная стенка;
 7 – трубопровод опорожнения смесителя; 8 – сетка

Вихревой и перегородчатый смесители устойчиво работают при расчетных расходах воды. При снижении или повышении расходов воды эти смесители не обеспечивают удовлетворительного смешения. Однако они просты в изготовлении и удобны в эксплуатации.

Механические смесители обеспечивают достаточно быстрое и полное перемешивание реагентов с водой независимо от колебания расходов. Но их применение связано с повышенными затратами электроэнергии, наличием дополнительных устройств и механизмов, что приводит к некоторому снижению надежности работы смесителя.

Смешение воды с реагентами в насосах (например, на насосной станции первого подъема) можно рассматривать как механическое смешение.

В последнее время стали широко применяться гидравлические смесители трубчатого типа (рис. 19). Анализ конструкций трубчатых смесителей, приведенных на рисунке, показывает, что в ходе эксплуатации возможно засорение отверстий, через которые вводится раствор коагулянта (рис. 19, а, г), и значительные потери напора в некоторых из них в результате сужения площади живого сечения потока воды элементами, распределяющими раствор реагента в воде (рис. 19, б, з, ж, з).

С целью повышения скорости распределения коагулянта (также и других реагентов) возможно использование специальных распределителей реагента, разработанных АКХ им. К.Д. Памфилова (рис. 20) или трубчатых смесителей с интенсивным первоначальным распределением реагента (рис. 21). В трубчатых смесителях отсутствуют дырчатые устройства, через которые подается реагент. Смешение в них достигается за счет резкого изменения направления движения потока воды.

Быстрое распределение коагулянта в объеме обрабатываемой воды в первоначальный момент (в момент ввода реагента) позволяет получить экономию коагулянта на 10–20 % или добиться более глубокой очистки воды.

Для оценки интенсивности перемешивания воды в смесителях используется понятие среднего градиента скорости G , с^{-1} , который характеризует затраты энергии, расходуемой на единицу объема перемешиваемой жидкости в единицу объема:

$$G = \sqrt{\frac{W}{\eta TV}}, \quad (12)$$

где W – затраты энергии в смесителе, Вт·с;

η – вязкость воды, Па·с;

T – время пребывания воды в смесителе; с;

V – объем смесителя, м^3 .

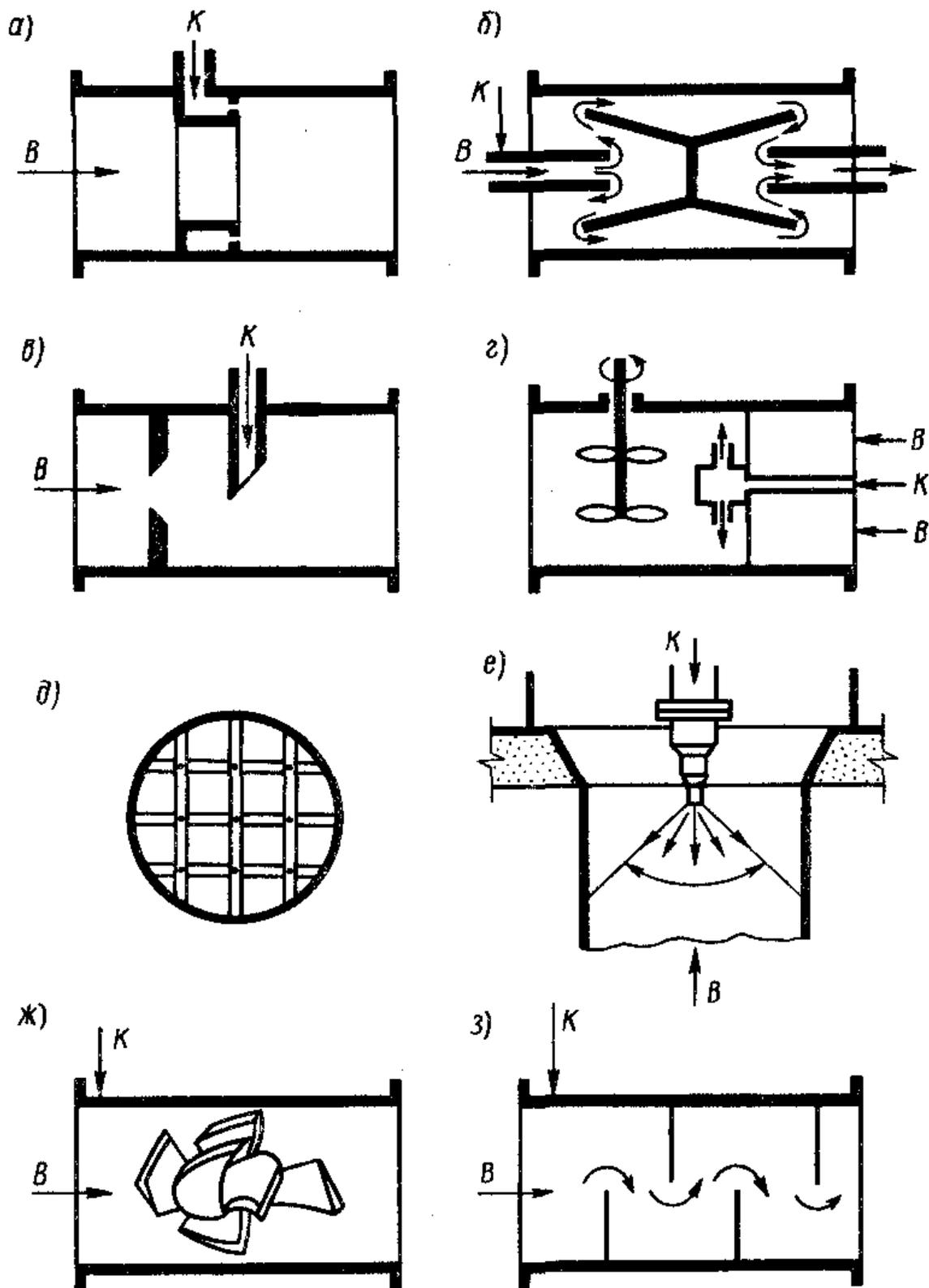


Рис. 19. Трубчатые смесители:
 а – кольцевой; б – усеченно-конусный; в – шайбовый; г – мешалочный;
 д – решетчатый; е – противоточный; ж – спирально-лопастный;
 з – перегородчатый

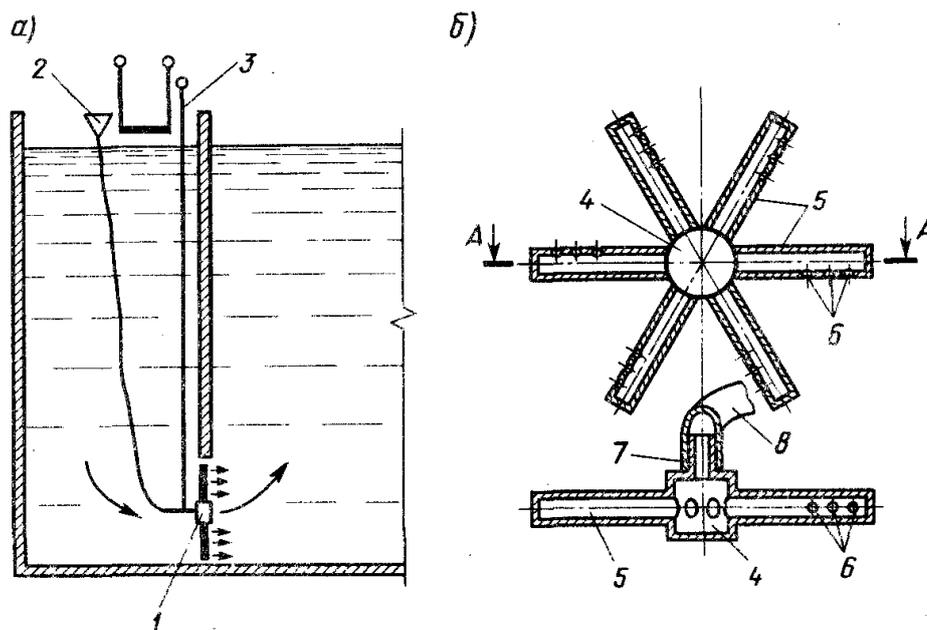


Рис. 20. Установка (а) и общий вид трубчатого распределителя коагулянта (б) в перегородчатом или коридорном смесителе, входной камере станции осветления воды:

- 1 – распределитель коагулянта; 2 – подача коагулянта; 3 – штанга для подъема распределителя; 4 – центральный бачок; 5 – перфорированная труба-луч; 6 – отверстия диаметром 3–6 мм; 7 – штуцер для присоединения шланга подачи раствора коагулянта; 8 – подвод раствора коагулянта

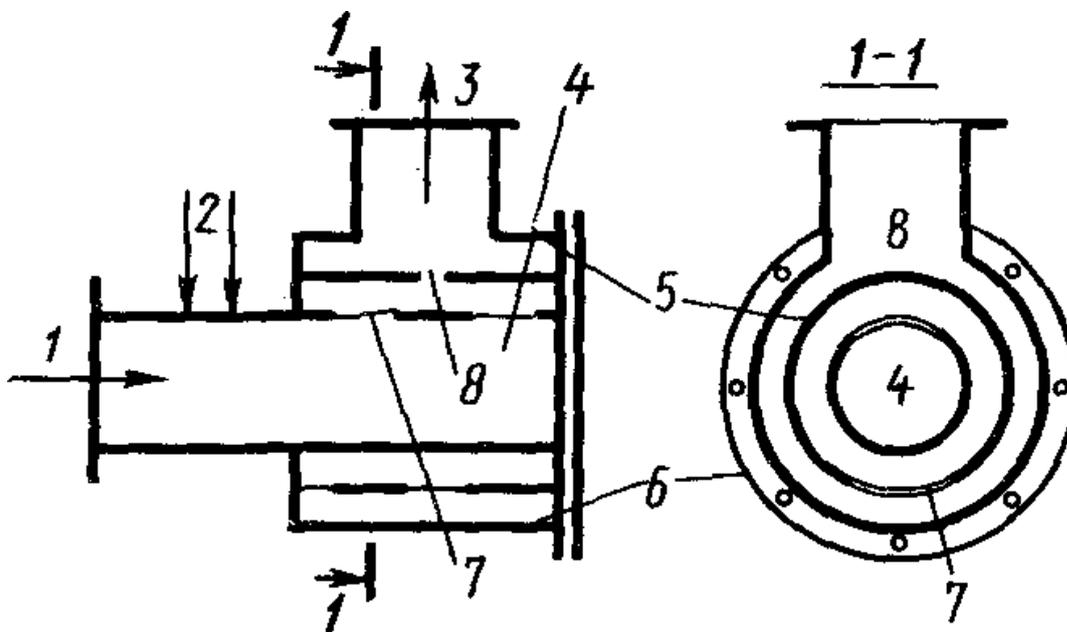


Рис. 21. Многотрубчатый смеситель:

- 1 – вход исходной воды; 2 – ввод реагентов; 3 – выход воды; 4 – центральная камера; 5 – вторая соосная труба; 6 – третья соосная труба; 7 – окна для перетекания воды из одной трубы в другую; 8 – отверстие для выхода воздуха

Средний градиент скорости G является критерием подобия для процессов перемешивания при коагуляции. В связи с этим можно сказать, что одинаковые значения G в различных реакторах с различными устройствами для перемешивания приводят к воспроизводимым и сравнимым процессам транспортировки коагулирующих частиц.

Поскольку первым автором, установившим эту зависимость, является Кэмп, то произведение GT , представляющее безразмерную величину, называется критерием Кэмпса (Ca).

В гидравлических смесителях величина затрачиваемой энергии определяется потерей напора. Мощность N потока с расходом может быть определена по формуле

$$N = g\rho QH, \quad (13)$$

где g – ускорение свободного падения, $9,8 \text{ м/с}^2$;

ρ – плотность воды, кг/м^3 ;

Q – расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$;

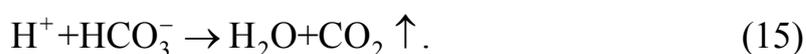
H – потери напора в смесителе, м вод. ст.

Так как $N = W/T$ и $V = QT$, $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, то расчет среднего градиента скорости может быть произведен по формуле

$$G = \sqrt{\frac{g\rho H}{\eta T}} \approx 99 \sqrt{\frac{H}{\eta T}}. \quad (14)$$

Осмотр, очистка и текущий ремонт камер смесителей должен осуществляться в периоды наименее напряженной работы станций в соответствии с планом ППО и ППР. При эксплуатации перегородчатых и дырчатых смесителей необходимо следить за тем, чтобы в воду не попал воздух. С этой целью проходы перегородчатого смесителя должны быть затоплены, причем расстояние от верхней кромки прохода до уровня воды должно составлять 10–15 см. В дырчатых смесителях верхний ряд отверстий должен быть также затоплен на глубину 10–15 см. Отводящие от смесителей воду трубопроводы погружаются в воду на глубину 50–60 см от верхней кромки трубопровода.

Для интенсификации процесса смешения обрабатываемой воды с коагулянтном и улучшения процесса осаждения коагулированной взвеси применяют аэрирование воды [7]. Как известно, продуктами гидролиза сернокислого алюминия при растворении его в воде являются коллоиды гидроксида алюминия или основные его соли и ионы водорода. Последние, вступая во взаимодействие с присутствующими в воде бикарбонатными ионами, приводят к образованию значительного количества свободной углекислоты:



Образующаяся углекислота сорбируется частицами хлопьевидной взвеси, вызывая ее флотацию – всплывание хлопьев на поверхность. При этом хлопья становятся более рыхлыми, менее прочными, со сниженными сорбционными свойствами. Все это ухудшает процесс осаждения взвеси в отстойных сооружениях.

Применение аэрирования воды во многом ускоряет процесс удаления углекислоты и делает процесс десорбции ее наиболее полным. При этом значительно изменяется также структура хлопьев: они делаются более плотными, менее газонаполненными, а это приводит к более быстрому осаждению взвеси и лучшему осветлению воды.

Наиболее неблагоприятно сказывается процесс флотирования хлопьев на осветлении воды при коагулировании маломутных цветных вод и особенно в условиях низких температур, когда вязкость воды значительно увеличивается. В данном случае наиболее целесообразен и приемлем метод коагулирования с применением аэрирования.

В вертикальных смесителях при водосливе воды из смесителя в желоба возможно насыщение воды кислородом воздуха. Замеры показывают, что содержание кислорода после смесителя увеличивается на 1,5–3,5 мг/л по сравнению с содержанием его в исходной воде. Наличие избытка воздуха, с одной стороны, способствует разрушению хлопьев в камерах хлопьеобразования, а с другой – избыток кислорода способствует возникновению коррозионных процессов.

При использовании механических мешалок тщательно проверяют и ремонтируют подводные части лопастных мешалок, а также проверяют состояние валов, подшипников, сальников и других деталей устройства.

При транспортировании известкового молока и смешении его с водой важно обеспечить оптимальные скорости. Занижение скорости может привести к тому, что частицы известия осядут на дно смесителя и эффект подщелачивания не будет обеспечен.

3. Организация эксплуатации камер хлопьеобразования

Завершающим этапом реагентной обработки воды является процесс хлопьеобразования. Время пребывания воды в камерах реакции и гидравлический режим их работы должны рассчитываться таким образом, чтобы обеспечивать оптимальные условия для формирования и укрупнения хлопьев коагулированной взвеси. Оценкой эффективности этого этапа является крупность сформированных хлопьев, обладающих адсорбционными свойствами и достаточной механической прочностью для транспортировки их от камеры хлопьеобразования до отстойных сооружений. Полнота выполнения названных условий зависит от правильного выбора конструктивных и технологических параметров устройства.

В настоящее время получили распространение следующие типы камер хлопьеобразования: встроенные камеры хлопьеобразования в горизонтальных и вертикальных отстойниках, перегородчатые камеры с горизонтальным и вертикальным движением воды, вихревые камеры и камеры со взвешенным слоем осадка (рис. 22). Условия применения упомянутых камер, время пребывания и скорости движения воды в них приведены в [16].

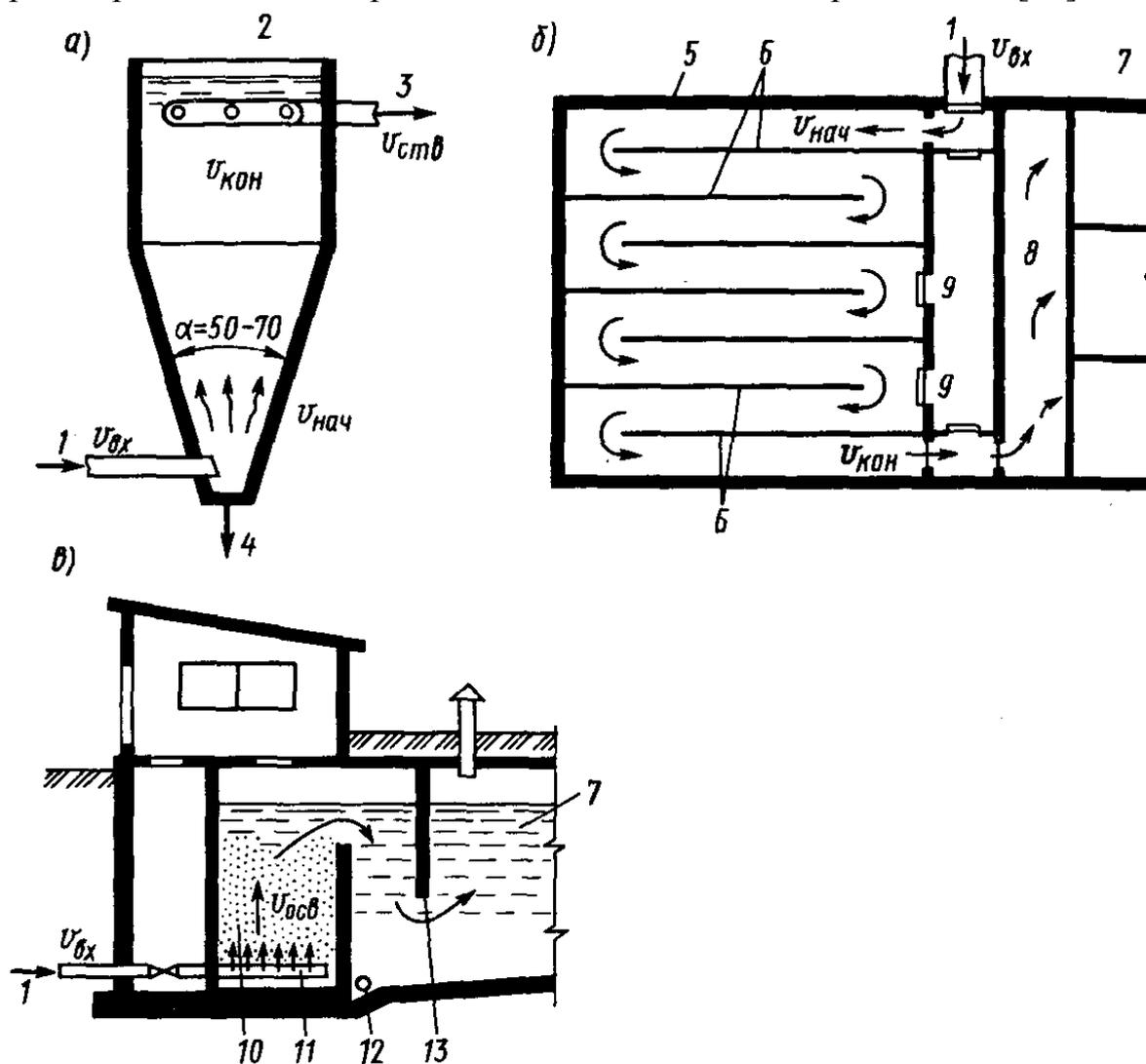


Рис. 22. Камеры хлопьеобразования:

- а – вихревая; б – перегородчатая; в – встроенная со взвешенным слоем;
 1 – вода от смесителя; 2 – кольцевой водосбор; 3 – подача воды на отстойники;
 4 – опорожнение камеры; 5 – коридоры камер; 6 – перегородки;
 7 – горизонтальные отстойники; 8 – распределительный коридор;
 9 – перепускные окна; 10 – взвешенный слой; 11 – распределительный трубопровод; 12 – сброс осадка; 13 – отбойная стенка

В процессе эксплуатации камер хлопьеобразования необходимо обеспечивать медленное и равномерное перемешивание, а также постоянное наблюдение за скоростью движения воды в камерах хлопьеобразования: рекомендуется поддерживать скорости 0,2–0,3 м/с в начале и 0,05–0,1 м/с в конце движения воды в камерах.

В сборных устройствах воды, в коммуникациях от камер до отстойников, а также в дырчатых перегородках отстойников скорости движения воды также должны быть в пределах 0,05–0,1 м/с.

Вялое, замедленное хлопьеобразование свидетельствует о неправильном гидравлическом режиме, низких или завышенных дозах реагентов, низкой температуре воды, недостаточном щелочном резерве и несовершенстве метода коагулирования.

При проведении процессов хлопьеобразования необходимо учитывать следующие положения:

- понижение температуры обрабатываемой воды замедляет процесс коагулирования примерно в 2 раза на каждые 10 °С, а при температурах ниже 3 °С процесс замедляется настолько, что можно считать его прекратившимся;

- наилучшие условия хлопьеобразования достигаются для мягких и цветных вод при рН = 5–6, а для жестких и мутных — при рН = 6,5–7,5;

- улучшению процессов коагулирования и хлопьеобразования взвеси способствует предварительное хлорирование воды; при этом расход коагулянта может быть снижен на 20–50 %; кроме того, предварительное хлорирование воды улучшает санитарное состояние водоочистных сооружений;

- улучшению процессов хлопьеобразования способствует введение в обрабатываемую воду флокулянтов (ПАА, активированной кремневой кислоты и др.) а также осадка из отстойников, осветлителей, шлама из отслоенной промывной воды фильтров и КО;

- интенсификация хлопьеобразования может быть достигнута продуванием через обрабатываемую воду воздуха в специально оборудованной камере с уложенными на ее дне решетками из перфорированных труб или пористых плит с расходом воздуха 0,15 м³ на 1 м² площади резервуара.

Рекомендуемые расстояния между осями труб – 0,9–1,5 м при диаметре отверстий 1,8–2,0 мм и шаге между ними 75–150 мм; глубина барботажа – 2–2,5 м; допустимая высота воды – не более 4,5 м.

Во время эксплуатации камер хлопьеобразования необходимо следить за тем, чтобы образующиеся хлопья не разрушались и не выпадали в осадок. Оптимальный режим скоростей движения воды устанавливается в процессе эксплуатации. Также необходимо стремиться к тому, чтобы коэффициент объемного использования был наивысшим. Камеры хлопьеобразования не реже 1 раза в год (это касается и смесителей) очищаются и отмываются 5 %-м раствором железного купороса. Затем производится дезинфекция их хлорной водой и дозой активного хлора не менее 25 %.

При сборе воды системой дырчатых труб они должны быть затоплены на 500–600 мм с целью исключения завихрений на поверхности воды и тем самым подсоса воздуха. Подсос воздуха, например, в смесителях может вызвать разрушение сформировавшихся хлопьев в камере хлопьеобразования. В случае обнаружения подсоса воздуха рекомендуется прикрыть

соответствующие задвижки с целью поднятия уровня или в смесителях, или в камерах хлопьеобразования.

При обслуживании лопастных камер хлопьеобразования (механических) проверяются подводные части лопастных мешалок, состояние валов, подшипников, сальников и других деталей.

Контрольные вопросы

1. Расскажите о процессах приготовления и хранения реагентов, применяемых при коагулировании.
2. Какие обязанности должен выполнять персонал, занимающийся эксплуатацией реагентного хозяйства?
3. Каким образом подбирается необходимая доза реагента при коагулировании?
4. Основные принципы эксплуатации смесителей на водопроводных очистных сооружениях.
5. Как оценивается интенсивность перемешивания воды в смесителях?
6. За счет чего можно интенсифицировать работу смесителей?
7. Основные принципы эксплуатации камер хлопьеобразования на водопроводных очистных сооружениях.

Лекция № 6

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СООРУЖЕНИЙ И АППАРАТОВ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

1. Эксплуатация установок по обеззараживанию воды хлором.
2. Эксплуатация установок по обеззараживанию воды озоном и другими способами.

1. Эксплуатация установок по обеззараживанию воды хлором

Для обеззараживания воды применяется хлор в газообразном состоянии и в виде соединений (хлорная известь, гипохлориты и др.). Хлорирование питьевой воды при суточном расходе до 50 кг, как правило, разрешается производить только из баллонов. При расходе хлора больше 50 кг/сут могут использоваться как баллоны, так и бочки-контейнеры вместимостью 1000 л.

Сборный трубопровод от баллонов или бочек подключается к вакуумным хлораторам последовательно через змеевиковый испаритель и баллон-грязевик вместимостью 50–70 л с сифонной трубкой. На сборном коллекторе между баллонами (или бочкой) на весах и испарителем устраивается подводка-спираль для свободной работы весов. Принципиальные схемы хлораторных установок без испарителей и с испарителями показаны на рис. 23.

Испарение жидкого хлора должно производиться только в змеевиковых испарителях, которые представляют собой вертикальные цилиндрические аппараты с размещенными внутри змеевиками, по которым проходит жидкий хлор.

Обслуживание хлораторной состоит в смене баллонов, пуске и остановке хлораторов, обнаружении и устранении неисправностей.

Подготовка и смена баллонов должны проводиться в определенной последовательности. Прежде чем присоединить баллон к хлоратору, необходимо убедиться в наличии хлорного газа в баллоне, прочистить выводную трубку и канал вентиля от загрязнений, которые могли попасть туда при заполнении баллона на заводе, включить вентилятор (выключить его можно лишь после замены сработавшего баллона наполненным и после устранения утечки газа), надеть противогаз и пустить в хлоратор хлор из запасного баллона, открыв запорный вентиль в головке баллона. Не снимая противогаза, закрыть запорные ventили в головке сработавшего баллона и на подводящей трубке, после чего освободить хомутик у головки, снять баллон и перевезти его в отведенное для хранения место. Не снимая противогаза, осторожно ввезти свежий баллон в помещение хлораторов и установить на место снятого баллона.

При подготовке баллона должна быть проверена плотность присоединения подводящей трубки к баллону и устранена обнаруженная утечка газа. В качестве прокладки лучше применять клингерит, проваренный в масле (свинцовые прокладки, разрушаясь, засоряют трубки).

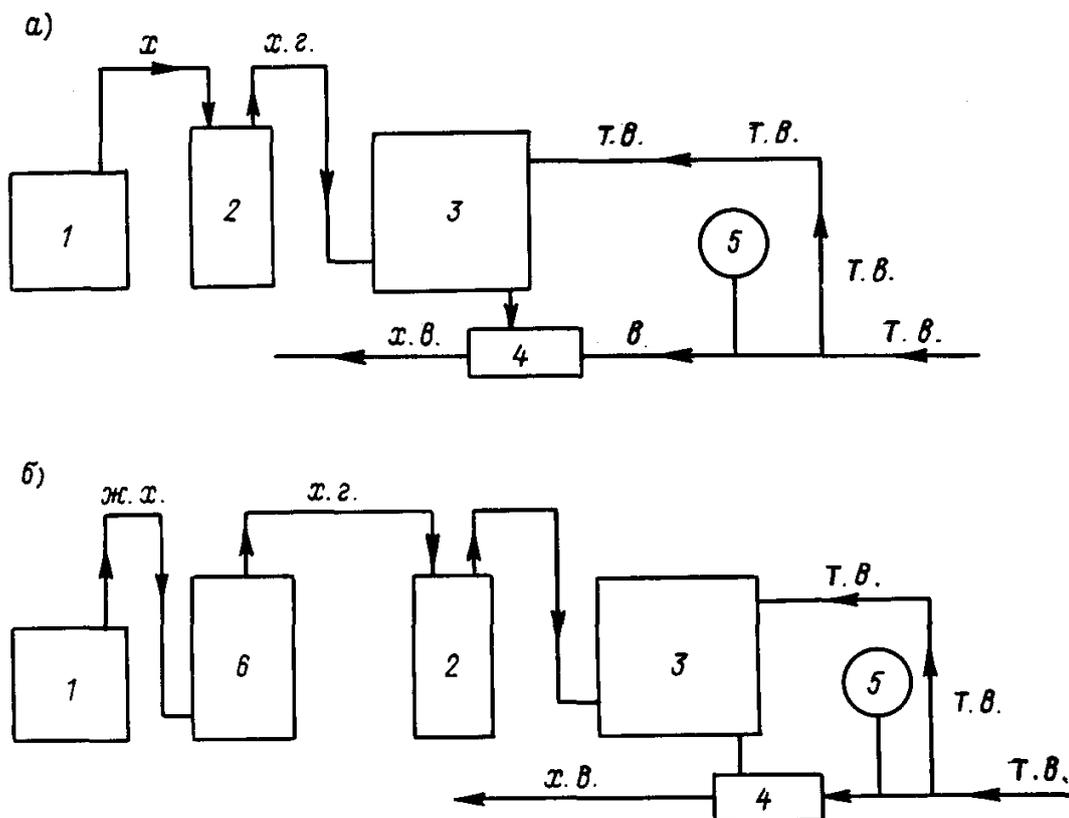


Рис. 23. Принципиальные схемы оборудования хлораторных установок:
 а – без испарителя; б – с испарителем; 1 – баллон или бочки на весах;
 2 – промежуточный баллон (грязевик); 3 – вакуумный хлоратор; 4 – эжектор;
 5 – манометры на водопроводной линии; 6 – испаритель змеевиковый;
 ж. х. – трубопровод с жидким хлором;
 х. г. – трубопровод с хлором газом; х. в. – трубопровод с хлорной водой;
 т. в. – трубопровод с водой

При нескольких одновременно работающих баллонах сработанный баллон можно обнаружить по температуре его стенок, которая в этом случае становится близкой к температуре помещения; баллоны, содержащие газ, значительно холоднее (на ощупь). При одном работающем баллоне момент его опорожнения легко установить, пользуясь манометром (который в этом случае должен показывать 1,5–2,0 атм).

Пуск и остановка хлоратора производится также в определенной последовательности согласно инструкции к данному хлоратору.

1. При пуске хлоратора включить вентилятор в помещении хлораторов, надеть противогаз и, войдя в помещение, проверить, нет ли утечки газа. Для этого кусок ваты (или тряпки), смоченный нашатырным спиртом, следует поднести к тем местам, где возможна утечка газа. Появление белого дымка, являющегося результатом реакции хлора и паров нашатырного спирта, укажет на утечку хлора в этом месте.

2. Убедившись в том, что регулирующий и спускной краны хлоратора закрыты, медленно открыть запорный вентиль в головке баллона, после чего также медленно открыть вентиль на подводящей трубе; в результате этого газ по трубке будет поступать через фильтр в редукционный клапан. Манометр высокого давления должен показывать при этом давление в баллоне около 6 атм при 15 °С.

3. Проверить отсутствие утечки хлора на пути от баллона до хлоратора.

4. Открыть запорный кран (если он имеется) на трубопроводе, отводящем хлорную воду, и запорный вентиль на трубе, подводящей воду к хлоратору. Плавно открывая пусковой вентиль у редукционного клапана для воды, пустить её через смеситель в трубопровод, отводящий хлорную воду. Плавно открывая пусковой вентиль у редукционного клапана для хлора, пустить хлор, который, пройдя измеритель и обратный клапан, поступит в смеситель и через него в трубопровод, отводящий хлорную воду.

5. При кратковременной остановке хлоратора достаточно закрыть регулирующий кран. При длительной остановке хлоратора следует закрыть вентиль баллона, запорный вентиль на подводящей трубе и регулирующий кран и открыть спускной кран. Закрыть также водопроводный кран.

Требуемая интенсивность отбора газообразного хлора непосредственно из сосуда должна быть обеспечена притоком тепла от окружающего воздуха через стенку тары за счет естественной конвекции или принудительного обдува и обоснована расчетами, согласованными со специализированной организацией. Запрещается обогревать стенки сосудов открытым огнем и поливать водой. Обмерзание стенок сосудов не допускается. Количество одновременно работающих сосудов не должно быть более двух на одну линию.

Отбор хлора должен осуществляться при постоянном контроле за расходом хлора, окончанием опорожнения емкости, давлением в системе на линиях жидкого и газообразного хлора и исключать возможность поступления воды в технологические трубопроводы и хлорную тару.

При эксплуатации систем обеззараживания воды персонал обязан:

- поддерживать заданный режим работы основного и вспомогательного оборудования, обеспечить их безаварийную работу;

- следить за соблюдением установленного расхода обеззараживающего реагента;

- контролировать концентрацию остаточного хлора в воде в установленном интервале времени;

- проводить ревизию хлораторов и запорной арматуры не реже 1 раза в квартал (с заменой сальниковой набивки), ревизию грязевиков – не реже 1 раза в 2 года при двух хлораторах и ежегодно – при большем числе хлораторов;

- своевременно по графику выполнять ППР оборудования;

- периодически отбирать пробы воды после обеззараживания для микробиологического анализа;
- следить за показаниями контрольно-измерительных приборов и функционированием средств автоматики;
- принимать меры к устранению неполадок в работе установок;
- следить за работой систем вентиляции, в том числе аварийной;
- следить за системой контроля содержания хлора в воздухе рабочей зоны;
- вести учет расхода реагентов, электроэнергии, воды на собственные нужды установок по обеззараживанию;
- выполнять требования техники безопасности.

Перед входом в хлораторную или на расходный склад дежурный персонал должен включить вентиляцию и убедиться в отсутствии газа с помощью реактивных подкрахмаленных бумажек, смоченных в дистиллированной воде (при наличии хлора в воздухе бумажки приобретают синий цвет), или газоанализаторов.

Утечка газообразного хлора из баллонов (бочек) может быть приостановлена с помощью хомутов, мокрой тряпки или заливкой места утечки водой. При непрекращающейся утечке газа на баллон следует надеть аварийный футляр или погрузить баллон в ванну с 10 %-м раствором тиосульфата натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) или извести. При непрекращающейся утечке газа из бочки хлор из нее может быть слит в свободную бочку или же неисправная бочка должна быть помещена в специальный приямок глубиной не менее 1,5 м, в который подается раствор тиосульфата натрия. Приямок после этого следует покрыть деревянными или металлическими щитами. Запас тиосульфата натрия или извести должен храниться в сухом месте в количестве 200–300 кг.

Работы по устранению утечек или дегазации следует производить в шланговых или изолирующих противогазах. Для оповещения окружающих об авариях у хлораторных и расходных складов устанавливаются звуковые сигнализаторы. Индивидуальные защитные средства хранятся, как правило, в индивидуальных шкафах с надписями и в соответствии с требованиями правил техники безопасности подвергаются периодической проверке [13].

Хлораторные (склады реагентов) должны быть оборудованы системами локализации и нейтрализации аварийного выброса. Эти системы должны обеспечивать ликвидацию последствий аварий, вызванных выбросом хлора из одного сосуда максимальной емкости (контейнер – 1000 кг, баллон – 50 кг).

При эксплуатации электролизных установок для получения хлорагентов кроме перечисленных правил следует руководствоваться инструкциями завода-изготовителя.

2. Эксплуатация установок по обеззараживанию воды озоном и другими способами

Для действия озона на примеси, находящиеся в воде, необходимо смешивать его с водой. В настоящее время применяются два способа:

- смешивание с помощью эмульгаторов (эжекторов). Этот способ прост, но требует пропуска через эжектор всей обрабатываемой воды, что ведет к дополнительным расходам электроэнергии;

- подача озонированного воздуха через дырчатые трубы, размещенные в нижней части контактной колонны. Поток воды в колонне направляется сверху вниз. Время контакта обеззараживаемой воды озоном принимается равным 5 мин. Доза озона зависит от назначения озонирования воды: если озон вводится только для обеззараживания воды (после очистки воды), то доза озона может составлять 0,6–1,5 мг/л, если же озон предназначается и для других целей (например, для обесцвечивания воды, удаления сероводорода, обезжелезивания и т.д.), то доза озона может достигать до 4–5 мг/л.

Электросинтез озона осуществляется в генераторе, который представляет собой излучатель, состоящий из двух электродов, разделенных диэлектриком и воздушной прослойкой. Для получения «тихого» электрического разряда, который в основном применяется для синтеза озона, диэлектрик, разделяющий электроды, должен быть с возможно большими удельным сопротивлением и диэлектрической постоянной. Этим исключается искровой или дуговой разряд, ограничивается сила тока. Обычно в качестве такого диэлектрика используется боросиликатное стекло. Питание генераторов озона – озонаторов – осуществляется переменным током высокого напряжения и частоты.

Примерно 80–90 % потребляемой озонатором электроэнергии расходуется на тепловыделение, поэтому во избежание термического разложения озона электродная система и подаваемый в озонатор воздух охлаждаются. При этом влажность подаваемого воздуха должна быть минимальной, поэтому он подвергается предварительной осушке.

Повышение давления воздуха в некоторых пределах благоприятствует электросинтезу озона, но при давлении 4–5 атм структура разряда изменяется и появляются дискретные искровые разряды, что значительно снижает выход озона.

Сжатый воздух вначале поступает на водомаслоотделитель, улавливающий капельную влагу и капельки масел. Затем он проходит теплообменник, в котором охлаждается, что способствует конденсации влаги, и направляется на абсорбционную установку. После абсорбционной установки воздух проходит через обеспыливающий фильтр и направляется в генератор озона.

Для нормальной работы генераторов точка росы воздуха, идущего на синтез озона, должна быть не ниже минус 40–45 °С. Тщательная осушка

воздуха необходима также для того, чтобы не допустить образования при синтезе озона азотной кислоты. Вследствие электрических разрядов, происходящих в воздухе, озоновоздушная смесь содержит следы кислородных соединений азота, главным образом азотный ангидрид N_2O_5 (температура плавления $30\text{ }^\circ\text{C}$). В нормальных условиях молярное соотношение между озоном и азотным ангидридом $O_3/N_2O_5 = 100$. При взаимодействии N_2O_5 с влагой воздуха образуется азотная кислота HNO_3 . Если учесть соотношение O_3/N_2O_5 , то максимально возможное образование азотной кислоты составляет 26 г/кг произведенного озона; для этого требуется 3,75 г воды; при хорошей осушке воздуха выход HNO_3 может быть снижен. Азотная кислота осаждается на стенках труб генератора озона и его стеклянных диэлектриков. Для ее удаления, а также для снятия окислов азота необходимо периодически переводить озонаторы в режим работы без охлаждения электродов водой, т.е. повышать температуру для выпаривания образовавшихся отложений.

На синтез озона оказывает влияние температура осушенного воздуха и охлаждающей электродную систему воды, так как нагрев диэлектриков способствует разложению озона, и концентрация его в озоновоздушной смеси падает. Одновременно растут энергозатраты в связи с возрастанием силы тока, потребляемого озонатором. При этом установлено, что при повышении температуры охлаждающей воды с 1 до $6,5\text{ }^\circ\text{C}$, а воздуха с 9 до $18\text{ }^\circ\text{C}$ концентрация озона в газе снижается всего на 4,1 %. При увеличении температуры воды и воздуха соответственно до 18 и $23\text{ }^\circ\text{C}$ наблюдается значительное понижение концентрации озона в озоновоздушной смеси (на 37,6 %). Следовательно, при температуре воды выше $7\text{ }^\circ\text{C}$ и температуре осушенного воздуха более $18\text{ }^\circ\text{C}$ в технологическую схему блока осушки воздуха необходимо включать холодильную установку.

Озон малорастворим в воде: при давлении 0,1 МПа на 1 л воды при $t = 0\text{ }^\circ\text{C}$ растворяется 1,42 г, при $10\text{ }^\circ\text{C}$ – 1,04 г, при $30\text{ }^\circ\text{C}$ – всего 0,45 г. Диссоциация озона довольно быстро протекает в щелочных растворах, а в кислотных он проявляет высокую стойкость. Озон является отравляющим веществом раздражающего и общего действия. Для безопасности обслуживающего персонала содержание озона в помещении должно быть не более 0,0001 мг/л. Пребывание человека в помещении, где концентрация озона в воздухе составляет 0,001 мг/л, может быть только кратковременным; доза озона 0,018 мг/л вызывает удушье.

Все элементы установок и оборудования, с которыми соприкасается озон, должны быть устойчивы к нему. Озон и его водные растворы коррозионны: они разрушают сталь, чугун, медь, резину, эбонит. Устойчивыми являются нержавеющая сталь и алюминий (срок службы специально подобранной нержавеющей стали составляет 10–15 лет, а алюминия – 5–7 лет).

Эффективность озонирования воды в значительной степени зависит от величины потерь озона при его разложении во время транспортирования на участке от генератора озона до места его смешения с обрабатываемой водой. Транспортировать озоновоздушную смесь можно на значительное расстояние, которое регламентируется лишь временем движения озоновоздушной смеси по трубопроводам. Оптимальное время транспортирования в случае применения стеклянных труб – 6–8 мин, труб из нержавеющей стали – 4–6 мин, полихлорвиниловых – 2–3 мин.

Установлено, что между количеством действующих в генераторе трубок-диэлектриков и концентрацией озона в озоновоздушной смеси при неизменной его подаче существует зависимость, близкая к прямой. Контролировать количество вышедших из строя диэлектриков можно без вскрытия крышки генератора путем замера силы тока при работе. Падение силы тока на 2–8 мА соответствует выходу из строя примерно 5 диэлектриков (стеклянных трубок).

Для обеззараживания воды могут применяться ионы тяжелых металлов (серебро, медь, кадмий, хром и др.). Наибольшее распространение получило серебро. Формы введения серебра могут быть самыми различными:

- погружение в воду серебряных пластинок или выдерживание воды в серебряных сосудах; бактерицидный эффект наступает через 8–24 ч;

- использование посеребренного песка; время бактерицидного действия в этом случае снижается до 2–4 ч;

- введение в воду солей серебра – раствора нитрата серебра, аммиачного раствора серебра и др.; время бактерицидного действия сокращается до 1–2 ч;

- электролитический метод – наиболее эффективен для приготовления серебряной воды; растворение серебра протекает при расстоянии между пластинами 5–12 мм, плотности тока 0,15–5,0 мА/см² и напряжении на электродах 3–12 В; время бактерицидного действия составляет 15–120 мин.

Выход серебра по току зависит от состава примесей воды и условий электролиза, а это, в свою очередь, оказывает влияние на бактерицидное действие и скорость протекания процесса обеззараживания воды. Взвеси и некоторые растворенные в воде соли могут образовывать на поверхности серебра плотные пленки, делающие электроды малорастворимыми, или же изменять электрохимические реакции на электродах. Так, наличие в воде хлоридов приводит к образованию на серебряном аноде пленки хлорида серебра, затрудняющей растворение металла и, следовательно, понижающей выход серебра по току. Содержание сульфатов мешает электролитическому растворению серебра из-за выделения на аноде кислорода. Для протекания нормальных процессов растворения серебра содержание хлора должно быть не более 30 мг/л, а ионов сульфатов – не более 50 мг/л.

Для обеззараживания воды ионами серебра в настоящее время применяются ионаторы различных марок [13].

Метод обеззараживания воды ионами серебра особенно эффективен при необходимости ее длительного хранения, так как бактерицидное действие даже небольших доз серебра сохраняется на протяжении многих месяцев. Внутренние поверхности емкостей, предназначенных для длительного хранения воды, содержащей ионы серебра, рекомендуется покрывать следующими веществами: силикатной эмалью, лаком ХС-74; эмалью ХС-710, высококачественной штукатуркой, серебром или посеребрёнными металлами. Емкости из дюралюминия, стали, оцинкованного железа и других металлов, более активных, чем серебро, для длительного хранения питьевой воды, содержащей ионы серебра, непригодны.

Обеззараживание воды ультрафиолетовыми лучами (длина волны от 200 до 295 мкм) имеет следующие достоинства (по сравнению с хлорированием): ультрафиолетовые лучи уничтожают не только вегетативные, но и спорообразующие бактерии; работа установок с ультрафиолетовыми лучами в большей степени может быть автоматизирована; эксплуатация их проще и безопаснее, чем хлорного хозяйства. К недостаткам можно отнести отсутствие бактерицидного действия в мутных водах, а также эффекта «последствия». В настоящее время для обеззараживания воды применяются установки с погружными и непогружными лампами [13]. Продолжительность эксплуатации ламп, гарантируемая заводами, составляет не менее 1500 ч.

Основным типом обеззараживающей установки, применяемой на городских водопроводах, является ОВ-АКХ-1 с лампами ПРК-7. На малых водопроводах производительностью до 20–30 м³/ч применяются бактерицидные установки типа НВ-1П и ОВ-3Н с аргонортутными лампами низкого давления БуВ-30 и БуВ-60П. Условия пуска, наладки, возможные неисправности и способы их ликвидации приводятся в паспортах к этим установкам.

Для сохранения прозрачности кварцевых цилиндрических чехлов периодически (1–2 раза в месяц) поверхность их необходимо очищать от осадка, выпадающего из воды. За их состоянием при эксплуатации наблюдают через верхнее смотровое окно. Чехлы очищают в процессе работы установки, отключая последовательно отдельные секции камер. Качество облучения контролируется обычными бактериологическими анализами.

Ультразвуковые волны с малой длиной и частотой более 20 000 Гц активизируют процессы окисления и вызывают в некоторых случаях коагуляцию белков. Бактерицидное действие ультразвуковых колебаний возрастает с увеличением интенсивности ультразвукового поля и продолжительности воздействия его на воду. Недостатками этого способа обеззараживания являются: сложность создания достаточно мощных генера-

торов ультразвуковых колебаний; ультразвуковые колебания действуют более эффективно на крупные клетки и многоклеточные организмы, чем на бактерии, уничтожение которых является основной целью обеззараживания.

Контрольные вопросы

1. Каким образом осуществляется подготовка и смена баллонов с хлор-реагентом?
2. Как производится пуск и остановка хлоратора?
3. Какие работы должен выполнять персонал при эксплуатации систем обеззараживания воды хлором?
4. Как осуществляется ликвидация утечки газообразного хлора из баллонов?
5. Чем должны быть оборудованы хлораторные?
6. Основные принципы эксплуатации установок по обеззараживанию воды озоном.
7. Основные принципы эксплуатации устройств для обеззараживания воды ионами тяжелых металлов, а также ультрафиолетом.

Лекция № 7

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СООРУЖЕНИЙ И АППАРАТОВ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

1. Эксплуатация решеток и решеток-дробилок.
2. Эксплуатация песколовков.
3. Эксплуатация первичных канализационных отстойников.

1. Эксплуатация решеток и решеток-дробилок

Решетки предназначены для улавливания крупных загрязнений. Эксплуатация решеток осуществляется по инструкциям заводов-изготовителей. Перед комплексным испытанием оборудования должны быть проверены правильность сборки узлов механизированных решеток, отсутствие искривлений прутьев решетки и соответствие проектной ширине прозоров между прутьями. Зубья грабелей должны без усилий входить в прозоры между прутьями решетки; грабли правильно, без перекосов закрепляются на тяговых цепях, а сбрасыватель отбросов должен соприкасаться с плоскостью грабелей и свободно возвращаться в исходное положение.

При эксплуатации плоских решеток наиболее часты следующие неполадки: перекося грабелей в результате неравномерного износа или вытяжки цепи, заклинивание или поломка зубьев грабелей, обрыв тяговой цепи, деформация или поломка сбрасывателя из-за заклинивания его твердыми длинномерными отбросами, поломка или искривление прутьев решетки. Все неисправности устраняют только при выключенных механизмах решетки.

Эффективность работы решеток может быть оценена по числу отказов (поломок оборудования, закупорок и т.п. явлений), произошедших на очистной станции. Основным технологическим параметром является скорость движения воды в прозорах решеток. Максимальное ее значение 1,0 м/с обусловлено недопустимостью продавливания отбросов и их проскока между прутьями вследствие интенсивного набегания потока. Снижение скорости движения воды благоприятно отражается на задержании отбросов, но приводит к накоплению песка и тяжелых примесей перед решеткой.

Основной рабочий параметр – скорость движения воды в прозорах решетки в пределах 0,8–1,0 м/с – обусловлен разными причинами. Верхний предел predetermined продавливанием и проскоком отбросов через решетку и носит технологический характер. Нарушение его непосредственно увеличивает число отказов. Нижний предел скорости связан с возможным накоплением песка и тяжелых минеральных примесей в канале перед решеткой, который работает в условиях пониженной скорости по сравнению с самоочищающей скоростью движения сточных вод. С технологической точки зрения небольшие скорости подвода отбросов к решетке благоприятствуют их задержанию.

Если на очистной станции организовать периодическую гидродинамическую прочистку каналов (брандспойтами) перед решетками, то возможно снизить скорость подвода отбросов и повысить эффект их задержания.

Расход сточных вод значительно колеблется по часам суток, в связи с чем в задачи эксплуатационного персонала включают своевременный ввод в работу или вывод отдельных агрегатов из работы для соблюдения оптимальных условий их действия. Включение грабельного аппарата для очистки решеток обычно производят по перепаду уровней воды до и после решетки, благодаря чему достигается своевременное удаление отбросов без продавливания их через прозоры. Грабельный аппарат на серийно выпускаемых решетках подвержен обрастанию прилипающими волокнистыми отбросами (бечевками, тряпьем, пленками), которые приходится удалять вручную. В порядке улучшения конструкции устройств для очистки решеток разрабатываются грабли возвратно-поступательного действия, в рабочем цикле которых предусмотрен ударно-инерционный сброс налипающих отбросов.

Наиболее частым нарушением в работе грабельных аппаратов является: заклинивание граблей, перекосы и обрывы тяговых цепей, свойлачивание (уплотнение) волокнистых отбросов в плотные образования, требующие остановки решеток.

Положительное влияние на работу решеток оказывает формирование потока воды в каналах перед решетками. Эффект задержания отбросов возрастает при боковом подводе воды к прозорам решеток. Несколько улучшается подвод жидкости к решеткам в случае аэрации жидкости в каналах, направленной либо на закручивание воды в канале, либо на разрушение структуры потока, в котором обычно образуется ядро вблизи поверхности воды, обладающее несколько большей скоростью движения и значительной кинетической энергией, форсирующей проскок отбросов.

Существенное значение имеет улавливание волокнистых материалов – ниток, бечевки, тряпья, искусственного волокна, которые являются причиной образования плотных тромбов, формирующихся путем фильтрации воды через проницаемый первичный сгусток отбросов. Задержание волокнистых материалов требует изменения подхода к процеживанию сточных вод и применению методов намывного фильтрующего слоя.

Проскок отбросов снижается при подводе сточных вод под углом к прямоугольным стержням. Опыт работы решеток, установленных последовательно друг за другом, показывает, что на второй решетке задерживается до 50 % по объему отбросов, проскочивших через первую решетку. Количество задерживаемых отбросов увеличивается при повышении их содержания в сточных водах.

Отбросы, прошедшие решетки, задерживаются в отстойниках, и их приходится извлекать либо дробить при обезвоживании осадка на пресс-фильтрах, центрифугах. С этой точки зрения становится рациональным

применение различных сит, радикально решающих задачу извлечения отбросов крупностью до 2–3 мм. В сельском хозяйстве нашли широкое применение дуговые сита, способные задерживать щетину (волос) и другие волокнистые материалы [19].

Задержанные отбросы дробят на дробилках и направляют в канал перед решеткой либо в метантенк на сбраживание. Возрастание количества несбраживаемых отбросов в виде полимерных материалов и резиновых изделий ставит под сомнение рациональность сбраживания отбросов, в особенности при последующем обезвоживании осадка на машинах с малыми проходными отверстиями. Контейнерное удаление отбросов упрощает задачу, но требует обезвоживания отбросов перед транспортировкой. Для этой операции применяют гравитационное уплотнение (в емкостях с дырчатым дном и стенками), прессование отбросов ручными и механизированными прессами, благодаря чему резко снижаются влажность и объем отбросов, увеличивается срок хранения их до загнивания.

Анализ состава задержанных отбросов вскрывает очевидную тенденцию увеличения количества отбросов из полимерных пленок, полиэтилена, легких пластмасс, которые не сбраживаются и не направляются в метантенк. Меняются условия дробления этих пластичных материалов. Пластмассовые пробки забивают отверстия решеток-дробилок, прочно закупоривают пазухи и рабочие зазоры механизмов и оборудования. С этих позиций разумно рассмотреть целесообразность дробления отбросов и их сбраживания. При удалении отбросов контейнерами отпадает необходимость также в их сортировке, трудоемкой и негигиеничной ручной операции.

Технологическая схема работы решеток и дробилок показана на рис. 24.

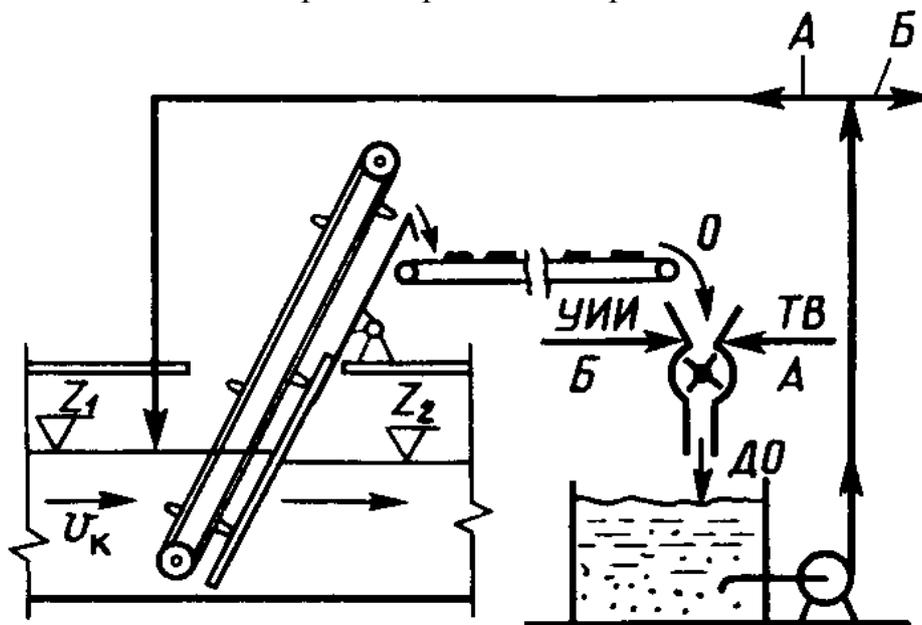


Рис. 24. Схема узла решеток:

А – возврат дробленых отбросов перед решеткой; Б – направление отбросов в метантенк; ДО – дробленые отбросы; О – отбросы; ТВ – техническая вода; УИИ – уплотненный избыточный активный ил

Измерением средней скорости движения воды в канале v_k определяют скорость в прозорах решетки ($v_p = v_k \cdot w_k / w_p$, где w_k и w_p — живое сечение канала и прозоров решетки). По перепаду уровней z_1 и z_2 автоматизируют запуск в работу грабельного аппарата. Отбросы O направляются на дробилку (дробленые отбросы ДО направляются в канал перед решеткой (случай А), и в этом случае в дробилку подают техническую воду ТВ) либо в метантенк для сбраживания (случай Б), но при этом в качестве транспортной воды используют уплотненный избыточный активный ил УИИ. Контроль морфологического и элементного состава отбросов проводят в пробах, отобранных до дробилки.

В обязанности эксплуатационного персонала входит наблюдение за работой механизмов, проверка целостности рабочих органов, своевременное включение и выключение рабочих и резервных агрегатов. Включение и выключение решеток может производиться с местного диспетчерского пункта по изменению притока сточных вод.

Проводя осмотры, мелкий ремонт, ликвидацию закупорок, персонал обязан выключить решетки из работы во избежание получения травм. Правила техники безопасности усложняются при удалении отбросов контейнерами, поскольку появляются работы, связанные с эксплуатацией грузоподъемного оборудования, прессов.

Решетки-дробилки, в особенности на средних и крупных очистных станциях, устанавливают на открытом воздухе, их эксплуатация усложняется в зимний период. Решетки-дробилки рассчитаны на круглогодичную работу с минимальными по времени остановками для осмотра и ремонта. На безотказную их работу серьезно влияют твердые механические примеси (песок, металлические предметы и т.д.) и пластмассовые изделия в виде пробок бутылок и туб, волокнистые материалы. Наиболее часто происходят поломки режущих кромок, забивание пазов (прозоров), износ трущихся частей. Грубая очистка сточных вод от упомянутых примесей улучшает условия работы решеток-дробилок, но в свою очередь требует надлежащей эксплуатации. В частности, устанавливают решетки с ручной очисткой, простые ловушки для задержания твердых тяжелых примесей и плавающих отбросов. Решетки-дробилки проверяются и осматриваются в часы минимального притока воды при выключенном приводе. Все виды профилактических работ на решетках-дробилках проводят при соответствующем обеспечении техники безопасности.

При составлении графика планово-предупредительных работ руководствуются указаниями о составе операций, периодичности осмотров оборудования, трудоемкости осмотров и ремонтов.

2. Эксплуатация песколовков

Песколовки должны обеспечить выделение из сточных вод 85–90 % песка и других минеральных примесей с заданной гидравлической крупностью фракций.

При эксплуатации песколовков персонал обязан:

- вести контроль за расходом поступающих на песколовки сточных вод и регулировать нагрузку на отдельные песколовки;
- измерять слой задержанного песка;
- удалять из песколовков песок (по мере его накопления, но не реже чем через 1–2 суток) и контролировать его транспортировку с территории очистных сооружений;
- следить за подачей воздуха в сооружение и интенсивностью аэрации (при использовании аэрируемых песколовков);
- контролировать величину напускаемого на песковые площадки слоя песка и обеспечивать своевременную вывозку подсушенного песка;
- следить за полнотой отмывки органических загрязнений (при наличии устройства для промывки песка);
- содержать в исправном состоянии оборудование песколовков, поддерживать чистоту и порядок на прилегающей территории.

Для осмотра, очистки и ремонта оборудования песколовки опорожняют не реже 1 раза в 1–1,5 года.

Во время комплексного испытания сооружений механической очистки при пропуске через песколовки сточной воды в количествах, равных проектному расходу, в песколовке должна установиться расчетная скорость протока, при этом весь песок фракцией более 0,25 мм должен быть задержан. Наладка работы песколовков состоит в том, чтобы обеспечить в них течение воды с расчетными параметрами по всей длине песколовки. При повышенных скоростях движения воды при входе в песколовку струя воды продолжает двигаться с повышенной скоростью до тех пор, пока поток не займет всего поперечного сечения. При этом на участках песколовки, не занятых струей потока, возникают водовороты, способствующие осаждению органических веществ.

Наличие поворотов на подводящих каналах перед песколовками также приводит к тому, что струя отжимается к одной из сторон сооружения, а взвесь, находящаяся в воде, – к противоположной стороне. Это способствует тому, что часть песка не успевает осесть на дно и выносится из песколовков.

Устранить вынос песка из песколовков можно, установив в месте входа воды в песколовку подвесную плоскую решетку, перераспределяющую воду по всему сечению сооружения.

Решетку изготовляют из параллельных вертикальных досок или труб, свободные концы которых погружены в воду на расчетную глубину, чтобы

обволакивающие их взвешенные вещества могли сползать на дно песколовки.

Зольность задержанного в песколовке осадка должна быть не менее 70 %. Если она меньше, т.е. в осадке содержится недопустимо большое количество органических веществ, нужно увеличить скорость потока в песколовке. Это возможно сделать, уменьшив глубину или ширину потока в ней.

Критерием эффективности работы песколовков является качество осадка первичных отстойников. Песка в этом осадке должно быть не более 5–6 % зольной части сухого вещества осадка, а фракции песка должны быть размером менее 0,25 мм.

Горизонтальные песколовки с прямолинейным и круговым движением воды. В песколовках данного типа ограничивается скорость движения воды диапазоном 0,15–0,3 м/с. При скорости менее 0,15 м/с происходит выпадение органических примесей, зольность песка снижается, происходит загнивание его на песковых площадках. Верхняя граница скорости обусловлена гидравлическими условиями осаждения частиц песка. Регулирование гидравлической нагрузки производится путем включения и выключения отдельных секций песколовков в зависимости от расхода воды, зарегистрированного измерительным устройством. В пусконаладочный период проводят измерение скорости движения воды по живому сечению песколовки и устраняют причины образования транзитных струй и водоворотных зон. Степень приближения гидравлического режима работы песколовки к нормальному (равномерному) распределению потоков воды проводят трассированием. Сравнивают кривые отклика сооружения на импульсный ввод трассера при обычном и улучшенном распределении жидкости по живому сечению. Для улучшения распределения воды применяют краткосрочную (на период испытаний) установку гидравлических решеток на входе в песколовку.

Схема работы узла песколовков с прямолинейным движением воды показана на рис. 25.

На входе в песколовку измеряется расход воды Q (в период наладки средняя скорость v_s) содержание песка $C_{вх}$, на выходе — содержание песка $C_{вых}$. Эффект задержания песка должен быть порядка 75 %. Песок удаляется гидроэлеватором при подаче технической воды (ТВ) с напором не менее 0,2–0,3 МПа. Пескопульпа (ПП) направляется на песковые площадки. После обезвоживания песка проводят его анализ на содержание органической C_o и минеральной C_m частей. Обычно зольность песка колеблется в пределах 55–60%.

Дренажная вода (ДВ) с песковых площадок отводится вновь на очистку перед песколовками.

Особое внимание следует уделить монтажу, наладке и эксплуатации скребковых устройств. Некачественный монтаж приводит к перекоосу

скребков, разрыву цепей, заклиниванию всей системы. Разрывы цепей происходят также при нерегулярном удалении песка вследствие слеживания и уплотнения.

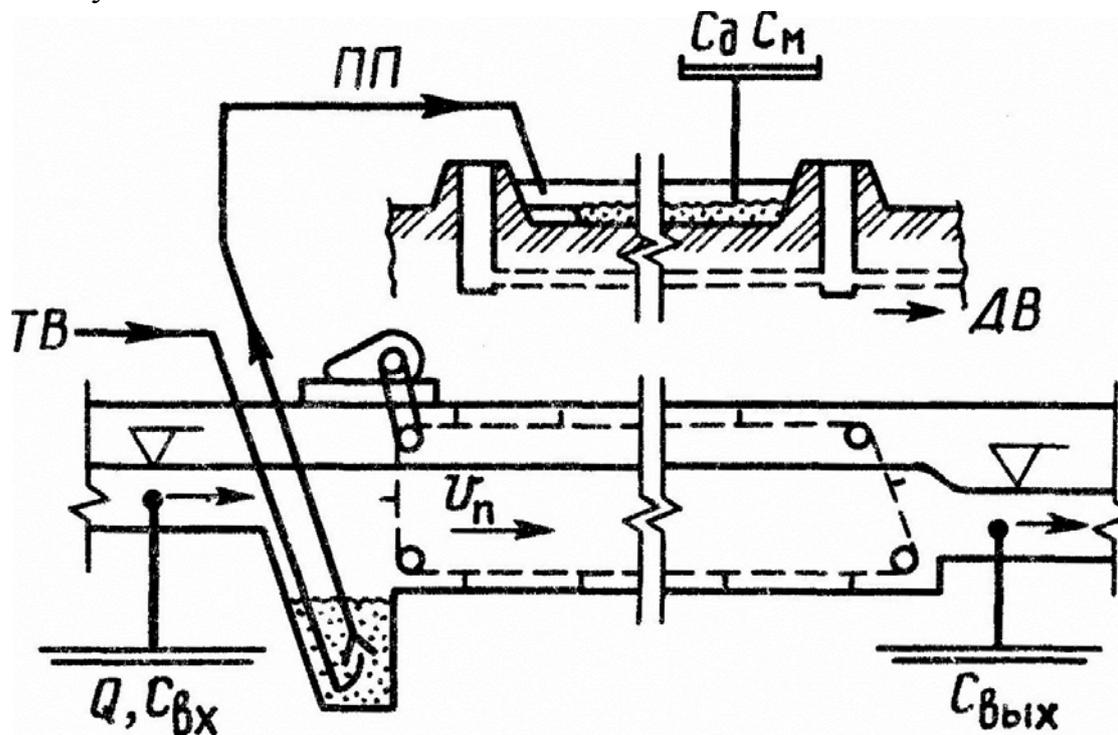


Рис. 25. Схема узла песколовки:
 ДВ – дренажные воды; ПП – песковая пульпа (пескопульпа);
 ТВ – техническая вода

В песколовках с круговым движением воды необходимо тщательно проверить условия ввода стоков. Высокие скорости движения воды в подводящих лотках затрудняют гашение энергии потока, и в начальной части кругового лотка создается некоторый подпор, вследствие чего часть потока через щель в днище проходит в песковую зону, а из нее через такую же щель попадает в отводящий лоток. Во избежание таких явлений целесообразно ставить гасители напора на входе в песколовку. Фактически продолжительность пребывания воды в песколовках, распределение потоков (проходящего по круговому лотку и проникающего через щели) уточняются путем трассирования сооружения.

Существенным недостатком круговых песколовков является большой объем центрального приемка для песка, в котором происходит осаждение органических примесей. В некоторых случаях предусматривают аэрацию пескового приемка (периодическую либо постоянную), благодаря чему органические примеси выносятся из песка.

Аэрируемые песколовки. В аэрируемых песколовках достигается частичное разрушение агрегатов, содержащих связанный песок, осаждение песка в условиях постоянства скорости движения воды в придонном слое, отмывка песка от органических примесей. Аэрация призвана создать вра-

щательно-вытеснительное движение воды со скоростью не более 0,2 м/с вблизи дна сооружения. Наклон днища обеспечивает смыв песка в транспортный желоб. Равномерность аэрации, создание надлежащего гидравлического режима проверяют в период проведения пусконаладочных работ. Неравномерный выход воздуха из аэрационной системы, образование зон интенсивной и слабой аэрации искажают формирование потока жидкости в песколовке и снижают эффективность ее работы.

На рис. 26 показана схема работы аэрируемой песколовки. Регулируемыми параметрами являются расход $Q_{\text{в}}$ сжатого воздуха (СВ) и расход сточных вод Q , эффективность работы песколовки определяется количеством песка в сточных водах до ($C_{\text{вх}}$) и после ($C_{\text{вых}}$) песколовки, а также по содержанию песка заданной гидравлической крупности в осадке первичных отстойников. Зольность песка, задерживаемого в аэрируемых песколовках, достигает 90–95 %. В приведенной схеме показана система гидромеханического удаления песка. Успешная эксплуатация такой системы возможна при равномерном распределении транспортной воды (ТВ) по всей длине пескового лотка и создании расчетной скорости восходящего потока в транспортном лотке порядка 0,0065 м/с. Полноту смыва песка из лотка и равномерность распределения воды по отверстиям (насадкам) распределительной системы проверяют при опорожнении песколовки. Расход транспортной воды Q , определяется также по условию недопущения выноса песка при его выгрузке, что устанавливается путем отбора проб воды на выходе из песколовки.

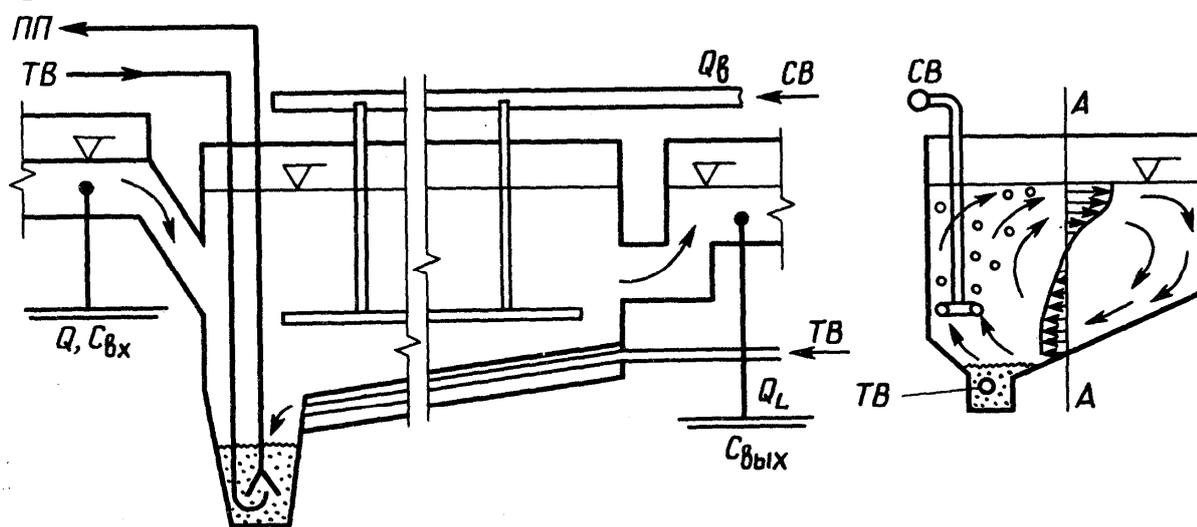


Рис 26. Схема аэрируемой песколовки:
ПП – пескопульт; СВ – сжатый воздух; ТВ – техническая вода

Тангенциальные песколовки. Выделение песка из воды в песколовках данного типа происходит за счет центробежной силы, возникающей при вращении жидкости при тангенциальном ее вводе. На эффективность их работы существенно влияют неравномерность притока сточных вод (неста-

ционарность условий, влияющих на создание центробежных сил и сепарацию тяжелых примесей), формирование потоков внутри песколовки. Известно, что резкий поворот канала (либо трубы) вызывает деформацию потока, его закручивание относительно геометрической оси, образование местных вихрей. В период пусконаладочных работ следует устранить несовершенства ввода и сбора сточных вод, которые могут привести к появлению отмеченных выше неблагоприятных воздействий. Желательны успокоение потока в лотках перед песколовками (с целью стратификации тяжелых примесей), отсутствие возмущений на входе в песколовку, плавное сопряжение канала с цилиндрической поверхностью песколовки. Поворотная перегородка, призванная обеспечить постоянство скорости ввода жидкости в сооружение, также не должна создавать возмущение потока на вводе.

Как в вертикальных, так и в горизонтальных песколовках перед включением гидроэлеватора для откачки слежавшийся осадок разрыхляют. Для этого в зону приямка под напором подают воду по специальным трубам. Процесс разрыхления длится 5–10 мин. Затем включают гидроэлеватор и разжиженную массу песка перекачивают на песковые площадки или в сооружения отмывки песка от органических загрязнений. В горизонтальных песколовках со скребковым механизмом последний включают на 30–40 мин за 15–20 мин до начала работы гидроэлеватора.

Правильная работа гидроэлеватора, используемого для откачки песка из песколовки, может быть достигнута лишь в том случае, если соблюдена соосность сопла трубопровода рабочей воды и диффузора гидроэлеватора.

При наличии на станции нескольких песколовочек осадок из них откачивают последовательно без перерыва работы пескопровода во избежание его засорения. По окончании откачки песка из песколовочек пескопровод интенсивно промывают осветленной сточной водой. Продолжительность промывки зависит от местных условий. Засоры пескопровода чаще всего образуются на поворотах, особенно если это повороты с малым радиусом закругления. В таких случаях рекомендуется либо изменить трассу трубопровода, либо перед поворотами пескопровода устроить ревизии, через которые можно его прочистить.

Отмывку песка от органических загрязнений производят обработкой в гидроциклонах, шнековых промывателях и его рециркуляцией, а также их комбинацией. Если в первых двух случаях требуется специальное оборудование, то метод рециркуляции осадка песколовочек достаточно просто реализуется на любых очистных сооружениях. Метод основан на том, что поток сточных вод поступает в песколовку и движется по ней слоем, иногда достигающим 2–2,5 м. Следовательно, каждая частица с одинаковой гидравлической крупностью в потоке находится в разных условиях. Частицы, находящиеся ближе ко дну, быстро осаждаются, а частицы, находящиеся у поверхности воды, проходят по расчетной траектории, где,

собственно, и происходит классификация частиц по удельной массе. Таким образом, если осевший и уловленный в песколовке осадок откачать и снова направить строго на поверхность воды в начале песколовки, то каждая частица пройдет расчетную траекторию, что обеспечит удаление органических частиц из осадка песколовки.

3. Эксплуатация первичных канализационных отстойников

Процесс седиментации в отстойниках для некоторых суспензий протекает длительное время, поэтому практически оседающими взвешенными веществами считают то количество грубодисперсных примесей, которое осаждается в течение 2 ч.

Для определения количества осаждаемых веществ используют сосуды Лисенко, которые представляют собой стеклянные колбы различного объема, нижняя часть которых выполнена в виде узкого удлиненного градуированного наконечника. При отстаивании сточных вод в течение 2 ч через одинаковые периоды времени замеряют объем осадка, образовавшегося в градуированном наконечнике. По результатам замеров строят график, по которому и определяют эффективность процесса седиментации (или аналитическим путем определяют содержание взвешенных веществ в осветленной сточной воде после определенного времени отстаивания). Освободиться от неосаждаемой части взвешенных веществ можно, применяя только коагулирование или биологическую очистку. Обычно для городских сточных вод коагулирование не применяют, а оставшуюся в них часть взвешенных веществ удаляют в сооружениях биологической очистки. Однако из-за повышенного содержания взвешенных веществ в воде, поступающей на сооружения биологической очистки, требуются большие объемы этих сооружений и увеличивается прирост избыточного активного ила. Соответственно, возрастают и размеры сооружений для обработки осадков сточных вод. Поэтому необходимо добиваться максимального эффекта очистки сточной воды еще на стадии механической очистки, а концентрация взвешенных веществ в воде после первичных отстойников не должна превышать 100–150 мг/л.

При эксплуатации первичных отстойников персонал обязан:

- обеспечивать равномерное распределение поступающей сточной воды между отстойниками;
- очищать лотки и каналы, подводящие воду к отстойникам, от отложения тяжелого осадка и отбросов;
- удалять с кромок водосливов сборных лотков задержавшиеся на них загрязнения;
- своевременно удалять с поверхности отстойников плавающие вещества;

- контролировать эффект осветления жидкости и предупреждать вынос осадка;
- содержать в исправном состоянии и чистоте задвижки, илоскребы, шиберы и прочее оборудование и прилегающую территорию;
- обеспечивать удаление осадка не реже 2 раз в сутки – из вертикальных и горизонтальных отстойников, не оборудованных скребковыми механизмами; не реже 1 раза в смену – из радиальных и горизонтальных отстойников, оборудованных скребковыми механизмами;
- вести визуальный контроль за влажностью выгружаемого осадка, не допуская чрезмерного его разжижения.

Горизонтальные отстойники. Технологическая схема контроля за работой горизонтальных отстойников показана на рис. 27.

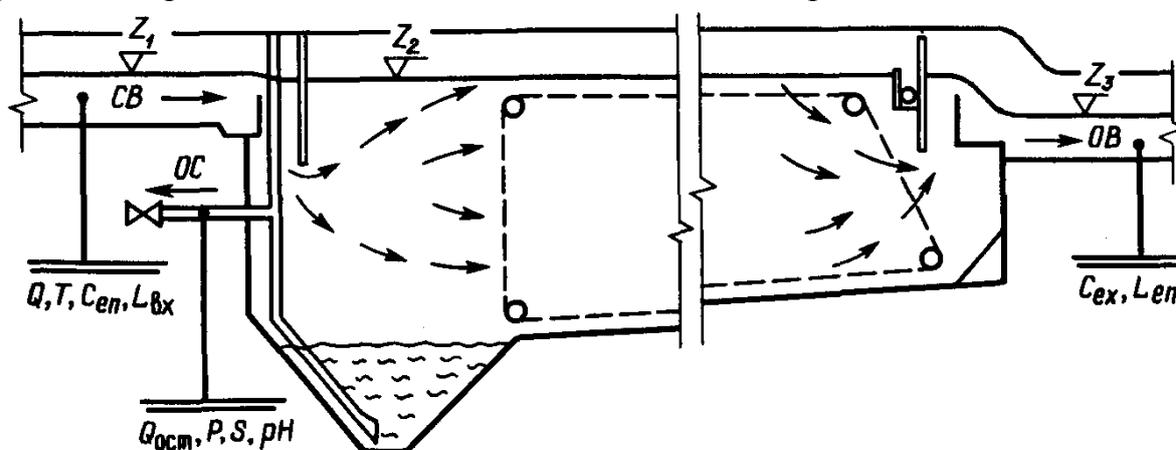


Рис. 27. Схема первичного горизонтального отстойника:
 ОВ – осветленная вода; ОС – осадок; СВ – сточные воды

По расходу Q сточных вод (СВ) устанавливается необходимая продолжительность отстаивания и скорость движения воды. Измеряя температуру воды T , вносят поправку на влияние вязкости воды в соответствии с рекомендациями [2]. По величинам концентрации взвешенных веществ C_{en} и C_{ex} вычисляют эффект осветления; одновременно ведут выборочный контроль за величиной биологического потребления кислорода (БПК) на входе $L_{вх}$ и выходе L_{en} из отстойника. Эффект очистки по БПК согласуют со степенью снижения концентрации взвешенных веществ. Выпуск осадка очистной станции (ОС) осуществляют по графику, согласованному с узлом обезвреживания и обезвоживания осадков. Замеряют расход $Q_{ос}$ осадка (или его объем за разовый выпуск), влажность p и зольность S . Контроль за степенью загнивания осадка возможно вести по рН: для сырого свежего осадка характерны значения рН в пределах 7,2–7,4, а для загнивающего, в котором развиваются процессы кислого брожения, рН снижается до 6,7–7,0. Брожение осадка сопровождается выделением газов, всплывающие пузырьки которых просматриваются на поверхности воды в отстойнике. Газовыделение усиливается в теплый период года и способствует

выносу частиц взвеси из отстойника, поэтому летом осадок выгружают чаще, нежели зимой. При выгрузке осадка под гидростатическим напором (см. рис. 27) либо при помощи центробежного насоса происходит подсос воды через воронку, образующуюся над отверстием выпускной трубы, и влажность осадка составляет 95–96 %. Дробный выпуск осадка, с остановками для сползания его в приямок, либо применение плунжерных насосов снижают влажность до 93–94 %. Скребокное устройство либо скребки на тележках должны быть подогнаны по профилю днища отстойников во избежание накопления осадка в пазухах и его последующего загнивания. Сгребание осадка в приямок производят за 1–1,5 ч до его выгрузки.

Всплывающие примеси удаляются с поверхности при помощи полупогруженных щитов, устанавливаемых на тележках, либо гидравлическим способом (повышением уровня воды в отстойнике и переливом ее в лоток для плавающих веществ).

Радиальные отстойники. Технологическая схема контроля за работой радиального отстойника показана на рис. 28. Измеряемые параметры и показатели те же, что и для горизонтальных отстойников. Ферму со скребками приводят в действие на 1,5–2 ч до выгрузки осадка; приямок для хранения осадка при механизированном его удалении рассчитывают на 8 ч, что предопределяет как минимум трехкратную выгрузку его в течение суток. Для сбора плавающих веществ обычно применяются сборные бункеры на поворотном шарнирном устройстве, которые подтапливаются под уровень воды при проходе над ними фермы скребка.

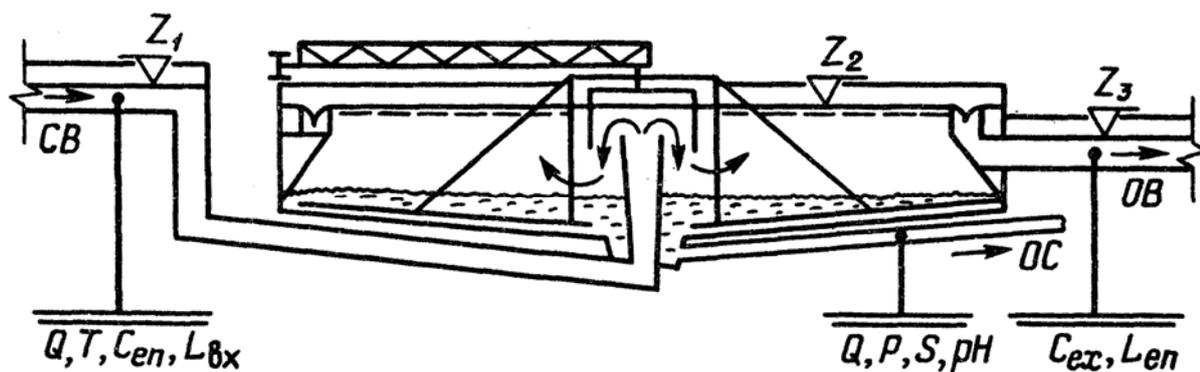


Рис. 28. Схема первичного радиального отстойника:
ОВ – осветленная вода; ОС – осадок; СВ – сточные воды

Вертикальные отстойники. Характерным недостатком традиционных вертикальных отстойников с центральной трубой и отражательным щитом является несовершенство распределительной системы. Поток воды, выходящий через зазор между центральной трубой и отражательным щитом, создает зоны транзитных струй вблизи стен сооружения и водоворотные зоны по периферии центральной трубы, в связи с чем коэффициент объемного использования вертикальных отстойников имеет наименьшее значение ($K_{set} = 0,35$). Если же система распределения воды

разветвлена, как в отстойниках с нисходяще-восходящим движением жидкости, коэффициент объемного использования возрастает до 0,6. Следует заметить, что даже небольшие неточности в монтаже распределительной системы весьма существенно снижают коэффициент объемного использования (до 0,45–0,5).

Необходимо уделить внимание выгрузке осадка из вертикальных отстойников: скольжение осадка в центральной зоне конической части отстойников происходит легче и быстрее, чем по плоскости днища, в связи с чем образуется воронка, через которую подсасывается вода. Практикуют дробную выгрузку осадка, давая возможность пристенному слою сползть в приямок. Кроме того, применяют разрушение слоя осадка в пристенной части различными приспособлениями, чередуя периоды выпуска осадка и разрушения уплотненного слоя на коническом днище.

Технологическая схема контроля за работой вертикальных отстойников аналогична схемам для горизонтальных и радиальных отстойников.

Тонкослойные отстойники. Осветление воды в тонком слое происходит значительно быстрее, нежели в обычном отстойнике. В качестве первичных отстойников тонкослойные модули могут применяться только при надлежащей защите от забивания отбросами.

Основными элементами в устройстве и эксплуатации тонкослойных модулей являются распределение и сбор воды, отвод осадка и всплывающих примесей. Неудачно запроектированные либо некачественно выполненные системы распределения и сбора воды приводят к появлению транзитных струй и застойных зон, вследствие чего снижается коэффициент объемного использования с 0,7–0,8 до 0,4–0,5; уменьшается продолжительность отстаивания в блоках с высокой гидравлической нагрузкой. Следует отдавать предпочтение развитым сборно-распределительным системам с малой гидравлической нагрузкой на единицу длины водосливов, избегая одностороннего расположения лотков.

Часто применяют тонкослойные модули в качестве средства интенсификации работы отстойников, устанавливая их вблизи сборных лотков, где возможность их засорения минимальна. Эффективность осветления воды при этом можно установить по кривой кинетики отстаивания сточных вод в покое.

Отстойники с преаэраторами. Эффективность работы отстойников с преаэраторами зависит от степени соответствия параметров (подачи активного ила, интенсивности и продолжительности аэрации) оптимальному сочетанию их. В разбавленных, низкоконцентрированных стоках предварительная аэрация малоэффективна и в какой-то мере вредна, поскольку лишает активный ил аэротенков части легкоусвояемого высокопитательного субстрата. В концентрированных сточных водах с высоким содержанием взвешенных веществ преаэрация наиболее эффективна. Следует обратить внимание на то, что бытовые сточные воды являются

своеобразными в смысле отношения количества взвешенных веществ (65 г/чел.·сут) к количеству коллоидных систем и истинно растворенных веществ (50–55 г/чел.·сут), приближающегося к 1:1. Именно в таких стоках эффективна преаэрация. Количество подаваемого активного ила соотносится с общим содержанием взвешенных веществ и той частью их, которая осаждается в лабораторных цилиндрах за период от 20 мин до 2 ч (диапазон от 1200 до 3200 с). По отношению к общей концентрации взвешенных веществ количество подаваемого ила составляет 25–30 %, а по отношению к части медленно осаждающихся взвесей – 120–150 %. При оценке работы отстойников необходимо учитывать изменение кинетики отстаивания смеси взвешенных веществ и активного ила, изменение показателя степени агломерации частиц.

Интенсивность аэрации выбирается по количеству растворенного кислорода, поддерживающегося в сточных водах на уровне 0,5–2,0 мг/л. Прекращение аэрации либо недостаточная ее интенсивность довольно резко снижают эффективность преаэрации.

В отстойниках, заблокированных с преаэраторами, наблюдается режим работы, близкий к осветлителям, и поэтому следует принимать во внимание правила эксплуатации упомянутых сооружений. Взвешенные вещества, выносимые из отстойников с преаэраторами, состоят из консервативных элементов (частицы примесей воды) и живых клеток активного ила. Отличить ту и другую части примесей возможно по содержанию дезоксирибонуклеиновой кислоты (хромосомный аппарат клеток) либо по изменению ферментативной активности. Вынос клеток бактерий не влияет на работу аэротенков и биофильтров.

Для перегруженных илов аэротенков, работающих в режиме неполной очистки без нитрификации, устраивают регенераторы для избыточного ила перед подачей в отстойники. Продолжительность регенерации возможно определить по формулам и графикам для расчета аэротенков; обычно объем регенератора назначают равным 0,25 от объема преаэратора, и в этом случае избыточный активный ил вторичного отстойника с концентрацией 4–5 г/л регенерируют 24 ч. Активный ил из аэротенков на полную очистку с развитой нитрификацией и регенерации не нуждается. Избыточную биопленку из биофильтров регенерируют в течение суток для интенсивного развития аэробных микроорганизмов, обладающих зооглейной оболочкой.

На работу крупных отстойников (диаметром 24 м и более) большое влияние оказывают нагонные волны, образующиеся на водной поверхности при сильных ветрах. Такую неравномерность удастся значительно уменьшить при устройстве зубчатого водослива в виде треугольников (с углом 90° при вершине). Скрепки для удаления осадка не должны цепляться за неровности дна отстойника и отстоять от дна более чем на 30–40 мм.

Интенсифицировать работу первичных отстойников можно несколькими путями. Одним из них является коагуляция мелких взвешенных частиц в более крупные аэрацией или аэрацией с избыточным илом, позволяющая задерживать больше взвешенных частиц. Аэрация сточной воды в течение 10–20 мин увеличивает агломерационную способность взвесей и повышает эффективность отстаивания на 10–15 %.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные неполадки, возникающие при эксплуатации решеток.
2. Каким образом оценивается эффективность работы решеток в процессе эксплуатации?
3. Какие вы знаете способы повышения эффективности работы решеток при их эксплуатации?
4. Перечислите мероприятия, осуществляемые персоналом канализационных очистных сооружений при эксплуатации песколовков.
5. Каким образом оценивают эффективность работы песколовков?
6. Каким образом осуществляют откачку осадка с песколовков?
7. Перечислите мероприятия, осуществляемые персоналом канализационных очистных сооружений при эксплуатации первичных отстойников.
8. Каким образом осуществляется выпуск осадка из отстойников?

Лекция №8

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СООРУЖЕНИЙ И АППАРАТОВ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

1. Эксплуатация сооружений биологической очистки в естественных условиях.
2. Эксплуатация био- и аэрофильтров.
3. Эксплуатация аэротенков-смесителей и вытеснителей.
4. Эксплуатация вторичных отстойников.

1. Эксплуатация сооружений биологической очистки в естественных условиях

К данным сооружениям относятся поля орошения и фильтрации, биологические пруды и циркуляционные каналы.

Поля орошения. По санитарным условиям допускается направлять на поля орошения сточные воды только после биологической очистки. Режим работы полей орошения определяет агрохимическая служба агропромышленного предприятия, в ведении которого находятся орошаемые угодья. По графику севооборота устанавливаются порядок орошения, требуемые среднегодовые расходы сточных вод, количество вносимых со сточными водами удобрительных веществ (азота, фосфора, калия). Конкретные сроки полива и объемы сточных вод назначают в зависимости от погодных условий. В межполивной период стоки подлежат хранению в полевых накопителях. Избыток воды, собранный открытой либо закрытой дренажной сетью, собирается в буферные емкости (накопители) и направляется вновь на орошение. В зонах с избыточной влажностью вода из дренажной системы сбрасывается в водоем, и при этом качество ее должно отвечать требуемым нормативам.

Распределение воды на орошаемых участках, способ полива (напуском, дождеванием) и другие элементы орошения определяются службой агрокомплекса. При невозможности приема воды на орошение она должна направляться на поля фильтрации, служащие аварийным резервом полей орошения. Поля фильтрации могут находиться в ведении управления ВКХ либо служб агрокомплекса (по договоренности). Площадь полей фильтрации должна обеспечивать прием всего расхода сточных вод в течение двух-трех месяцев в году; за этот период могут быть восстановлены дефектные участки сети, поврежденные насосные станции и т.п.

Поля фильтрации. Являются самостоятельным сооружением для биологической очистки сточных вод. Принцип работы сообщества почвенного биоценоза и высшей растительности заключается в окислении органических загрязнений гетеротрофными микроорганизмами, фиксации и

использовании продуктов окисления, включая соединения азота и фосфора, автотрофными микроорганизмами и культивируемой растительностью. Выращиваемые культуры необходимы для выноса из почвы излишнего количества биогенных элементов, накапливающихся в почве, сохранения морфологических свойств почв. На полях фильтрации не достигается баланс между количеством вводимых со стоками биогенов и выносимых с урожаем, поэтому очищенная вода может содержать остаточные их количества. Для защиты подземных вод при высоком уровне их стояния устраивается дренажная система, осуществляющая сбор подземных вод с верхнего горизонта и профильтровавшихся с поверхности сточных вод. Качество дренажных вод считается удовлетворительным, если оно приближается к качеству воды после биологической очистки с последующей фильтрацией на песчаных фильтрах.

Перегрузка полей фильтрации приводит к резкому ухудшению фильтрационных свойств грунта вследствие интенсивного роста грибов и размножения факультативных микроорганизмов, нарушению кислородного режима, закисанию почвы и в конечном итоге к потере аэробных окислительных свойств почвы. Восстановлению свойств почвы способствует периодическая вспашка полей, которую проводят от 1–2 до 2–3 раз в год, в зависимости от характера биоценоза и морфологических свойств почвы, предотвращая развитие факультативно-анаэробной флоры и фауны, улучшая кислородный режим и структуру почвы.

В зимний период проводят намораживание на картах до 80 % общей площади, создавая условия для подледной фильтрации воды. В период снеготаяния принимают меры для интенсивного отвода с карт талой воды с целью быстрого осушения почвы и интенсивного прогревания ее для развития полноценного почвенного сообщества микроорганизмов, способных ликвидировать накопившиеся в почве за зиму загрязнения.

Аэробные биологические пруды с естественной аэрацией. Биологические пруды, в зависимости от нагрузки по БПК и продолжительности очистки, могут включать процессы полной либо частичной трофической схемы, проходящие параллельно либо последовательно. Полный цикл трансформации загрязнений включает деструкцию органических веществ гетеротрофными микроорганизмами, изъятие минеральных примесей (азота, фосфора) и воспроизводство органических веществ автотрофными микроорганизмами, изъятие «вторичной» биомассы рачками и простейшими организмами, потребление рачковых организмов и других представителей этого трофического уровня рыбами, насекомыми, земноводными организмами. Если процесс разрывается на уровне развития гетеротрофных либо автотрофных микроорганизмов, то необходимо предусмотреть ликвидацию прирастающей биомассы во избежание образования донного ила и вторичного загрязнения воды. Качество очищенной воды будет определяться двумя процессами – окисления органических веществ и их

воспроизводства, в связи с чем образуется остаточное фоновое загрязнение L_{fin} на уровне БПК 1–2 мг/л зимой и 2–3 мг/л летом. Если же пруды работают в режиме развития автотрофных микроорганизмов, то БПК L_{fin} воды возрастает до 5–8 мг/л. При определении БПК воды эвтрофированных прудов следует учитывать потребление кислорода растительными формами в темноте и выделение его на свету; целесообразно поставить склянки для определения БПК в термостатах, воспроизводящих условия темноты и освещенности наиболее ответственного периода работы прудов.

Ход процесса очистки описывают аналогично самоочищению водоемов, разбивая период очистки на отдельные стадии для секционированных прудов. В одиночных прудах процесс описывают как одностадийный ввиду наличия перемешивания воды ко всему объему пруда.

Аэрация прудов рассчитана на интенсивность переноса кислорода 3–4 г Q на 1 м² поверхности, характерную для усредненных условий (небольшая интенсивность ветров, отсутствие значительных масс высшей водной растительности, небольшое простираие водных объемов, относительно слабое перемешивание жидкости). Проверку достаточности кислородного обеспечения ведут методом постоянного контроля в наиболее характерных местах, избегая помех. Помехи и ошибки возникают при отборе проб (или установке датчиков) на мелководье, в заросших участках пруда, в малопроточных зонах. Существенную ошибку могут создать водоросли, если отбор проб осуществляется в условиях сильной освещенности. С этой точки зрения более рационально производить измерение концентрации кислорода рано утром, отдельно в пробах из придонного и приповерхностного слоя и в средней части толщи воды. Допускается полный дефицит кислорода в придонном слое, но в условиях полного штиля, летом, ранним утром. В остальных случаях должно быть зафиксировано наличие растворенного кислорода, иначе возможно развитие анаэробных процессов вблизи дна. При наличии в воде нитритов и нитратов дыхание микроорганизмов обеспечивается путем денитрификации, а концентрация кислорода может быть снижена до 0,1–0,5 мг/л в придонной области.

В обязанности эксплуатационного персонала входит постоянное наблюдение за развитием донных отложений. При небольшом объеме донных отложений они перерабатываются сообществом организмов донного слоя, преобладающими в котором являются личинки комаров. Увеличение интенсивности отложений приводит к подавлению сообщества, развитию анаэробного брожения, выделению газов и вторичных загрязнений. Непринятие мер по удалению осадков и очистке прудов неизбежно приводит к резкому ухудшению качества воды, вплоть до более высоких концентраций, чем на входе в сооружения (за счет выноса осадка).

Перегруженные пруды возможно отладить за счет применения искусственной аэрации в первых секциях, что увеличивает константу

скорости очистки в 7–10 раз. Однако следует иметь в виду, что искусственная аэрация способствует также интенсивному росту микроорганизмов, и в этом случае следует производить глубокое осветление воды в отстойниках после аэрируемых секций, выводя тем самым из системы избыток биомассы.

Аэрируемые биопруды. Система аэрации может быть пневматической либо механической, но в любом случае активной частью пруда будет та часть, которая интенсивно перемешивается за счет движения воды со скоростью более 0,05–0,1 м/с. Перемешивание воды несколько увеличивает теплопотери, что нежелательно в холодные периоды года. С этой точки зрения полезно увеличивать глубину прудов, обеспечивая процесс очистки за счет усиленной аэрации и перемешивания. С другой стороны, в глубоких прудах резко ослабляется деятельность автотрофных микроорганизмов, вследствие чего возрастает вынос азота и фосфора с очищенной водой. По этой причине рекомендуется применять посадки высшей водной растительности в заключительной секции прудов либо сочетать аэрируемые и неаэрируемые биопруды водной цепи сооружений.

Циркуляционно-окислительные каналы. Они рассчитаны на полное окисление загрязнений, находящихся в различном агрегатном состоянии, включая взвешенные вещества, которые при отсутствии первичного отстойника должны полностью минерализоваться в сооружении. Искусственная аэрация и постоянная циркуляция жидкости со скоростью не менее 0,3 м/с обеспечивают надлежащий кислородный режим. Наиболее ответственным моментом является сохранение температуры воды на уровне 6–8 °С в зимний период (эта граница обусловлена прекращением деятельности нитрифицирующих бактерий при более низкой температуре).

В теплых районах аэрируемые каналы строят таким образом, чтобы максимально использовать развитую водную поверхность для снижения затрат на обеспечение кислородом. В условиях более холодного климата целесообразны глубокие каналы с минимально открытой водной поверхностью, которые в период сильных холодов утепляются различными подручными средствами. Значительная продолжительность (более суток) должна обеспечивать минерализацию активного ила, с тем чтобы избыток его, выводимый на иловые площадки, не загнивал при сушке.

В каналах возможно вести денитрификацию путем периодического снижения подачи кислорода, что решается в зависимости от конструкции аэратора. Снижение кислородной обеспеченности при продолжающемся поступлении сточных вод и перемешивании жидкости в канале способствует денитрификации.

2. Эксплуатация био- и аэрофильтров

Основными условиями нормальной работы био- и аэрофильтров являются: соответствие нагрузок по органическим загрязнениям проницаемости (вентиляции) воздухом массы загрузочного материала, равномерность распределения очищаемой сточной воды по поверхности и в массе загрузочного материала.

Загрузочный материал должен быть [2]:

- прочным (механическая прочность кусков загрузочного материала не менее 1 кгс/см^2);
- морозоустойчивым (выдерживать не менее 10 циклов испытаний);
- щелочеустойчивым, т.е. выдерживать не менее чем 5-кратную пропитку насыщенным раствором сернокислого натрия;
- кислотоустойчивым, т.е. выдерживать кипячение в течение 1 ч в 5%-м растворе соляной кислоты, количество которой по массе должно быть в 3 раза больше количества испытуемого материала.

Материал считается пригодным, если после всех указанных испытаний он не получил заметных повреждений и масса его не уменьшилась более чем на 10 % от первоначальной [17].

В реактивных оросителях, используемых для распределения воды по поверхности фильтра, плечо оросителя должно быть расположено выше поверхности загрузочного материала на 0,2 м, а напор воды для работы оросителя должен составлять не менее 0,5 м.

При использовании спринклерной системы сточная вода из дозирующего бака периодически поступает в распределительную сеть спринклеров и разбрызгивается последними на поверхность загрузочного материала фильтра. Дозирующий бак оборудован специальным сифоном, который автоматически обеспечивает заданную периодичность разлива воды. Объем дозирующего бака рассчитывают на максимальный приток сточных вод в течение 5–6 мин, а для небольших установок – до 15 мин.

Головки спринклеров устанавливаются на одном уровне так, чтобы они находились на 0,15–0,2 м выше поверхности загрузочного материала. Трубопроводы распределительной системы зарастают биологической пленкой, в результате чего увеличиваются потери напора и снижается пропускная способность системы. В связи с этим системы трубопроводов нужно периодически промывать водой, содержащей 5–10 мг/л избыточного хлора. Однако если такая вода попадет на загрузочный материал, то погибнут микроорганизмы биопленки. Поэтому на распределительных трубах должны иметься самостоятельные спускные задвижки для вывода промывной воды за пределы фильтров.

Площадь окон в междонное пространство должна составлять не менее 1 % площади фильтра, чтобы обеспечивалась естественная вентиляция.

Во время пускового периода биофильтров образование биологической пленки достигают постепенным увеличением нагрузки по загрязнению, поступающим со сточной водой. Сначала сточную воду подают небольшими порциями, при этом суточный объем поданной на фильтр воды не должен превышать 10–20 % объема фильтрующего материала. Расход сточной воды должен составлять 30–40 % проектного расхода. Цикл орошения не должен составлять менее 50 мин, а интервалы между орошением не более 1 ч. Процесс ежедневно контролируют, производя анализы проб воды на содержание аммонийного азота и нитратов. Когда содержание нитратов в воде составит 50 % азота аммонийных солей, нагрузку на биофильтр увеличивают и доводят постепенно до расчетной величины.

В теплое время года пусковой период длится 1–1,5 месяца в зависимости от местных условий. Решающее значение для правильной эксплуатации биофильтров имеет равномерность распределения воды между несколькими рабочими сооружениями, так как перегрузка какого-либо из них быстро приводит к его заилению.

В био- и аэрофильтрах избыточный ил состоит из биопленки, смываемой с загрузочного материала сооружений. Этот ил представляет собой смесь, состоящую из аэробных бактерий, отмерших тел микроорганизмов, продуктов их жизнедеятельности, мелких частиц загрузочного материала и выноса мельчайших взвешенных частиц, не задержанных первичными отстойниками.

Капельные биофильтры. До пуска биофильтров в работу и в пусконаладочный период необходимо выполнить комплекс мероприятий по проверке отдельных элементов биофильтра. Проверке подлежат: крупность, прочность и стойкость материала загрузки; работоспособность системы орошения – дозирующего бака, трубопроводов, спринклеров; равномерность и периодичность орошения; система вентиляции загрузки; элементы конструкции вторичных отстойников; насосная станция рециркуляции очищенной воды (при ее наличии).

Отклонения в крупности материала загрузки существенно отражаются на результатах очистки. Более крупная, чем требуется, загрузка не обеспечит расчетный эффект очистки, а более мелкая будет способствовать заилению тела биофильтра вследствие интенсивного развития биопленки. Расчет дозирующего бака обычно выполняют из условия перерыва между орошениями 5–8 мин, благодаря чему биофильтр меньше остывает в зимний период, происходит вентиляция загрузки. Непрерывная подача воды через дозирующий бак в часы максимального поступления сточных вод также нежелательна, поскольку при этом сокращается продолжительность контакта воды с биопленкой, ухудшаются условия аэрации.

Интенсивность и равномерность орошения поверхности биофильтра определяют с помощью мерных бачков, устанавливаемых вровень с поверхностью загрузки в различных местах. При любом расположении

спринклеров неравномерность орошения будет обусловлена наложением струй на отдельные участки поверхности. Частично она будет погашена растеканием воды внутри загрузки, причем распределение жидкости по отдельным сечениям приближается к нормальному распределению (кривая Гаусса). В наиболее неблагоприятных местах проверяют продолжительность протока воды в загрузке импульсным трассированием. Как показывает практика, продолжительность протока воды колеблется в пределах от 3 до 10 мин. Следует добиваться, чтобы продолжительность протока составляла 4–6 мин по любому из контролируемых участков. В общем виде продолжительность протока воды может быть выражена зависимостью типа $t = f(H_{bf} / q_{af}^m)$, в которой значение m колеблется в пределах от 0,4 до 0,5 ($H_{bf}=1,5-2,0$ м – высота загрузки $q_{af}=1-3$ м³/(м²·сут) – гидравлическая нагрузка).

Схема контроля за работой капельных биофильтров с вторичными отстойниками и рециркуляцией очищенной воды показана на рис. 29. По расходу $Q_{сут}$ устанавливают гидравлическую нагрузку. Концентрация взвешенных веществ C_{en} в сточных водах поддерживается на возможно низком уровне, не более 150 мг/л, что предохраняет биофильтр от заиливания. Отношение L_{en}/L_{ex} представляет собой кратность снижения БПК, регламентирующую нормами.

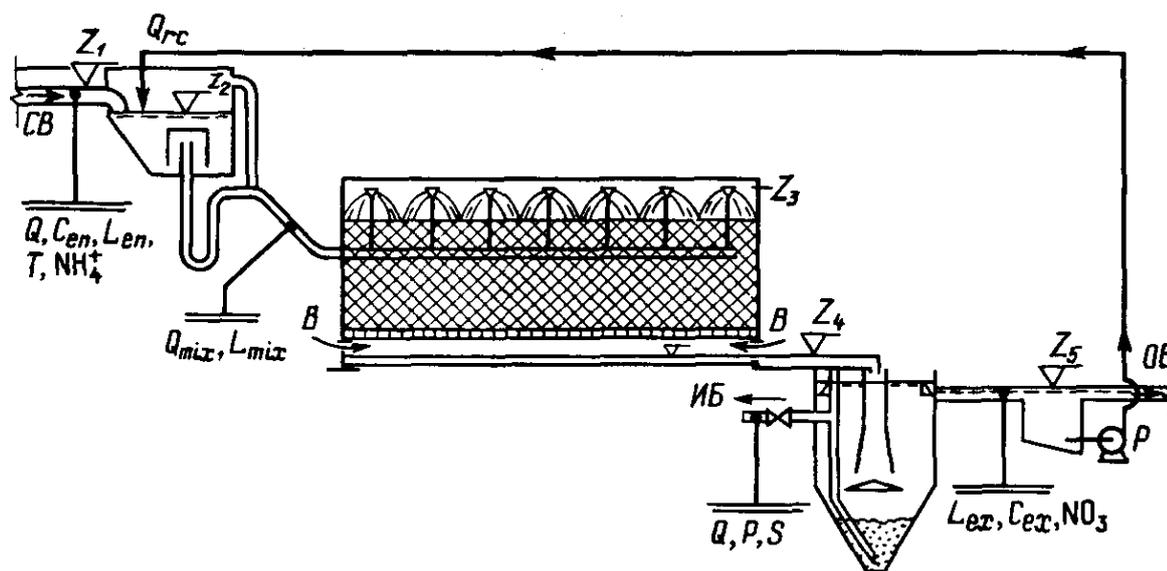


Рис. 29. Схема контроля за работой капельных биофильтров:
 В – воздух; ИБ – избыточная биопленка; ОВ – очищенная вода;
 Р – рециркуляция очищенной воды; СВ – сточные воды

Соотношение между K_{bf} и гидравлической нагрузкой q_{af} при различной температуре сточных вод (8–14 °С) и высоте загрузки H_{bf} (1,5 и 2 м) приведено в нормах [2].

Глубина очистки определяется значением БПК очищенной воды (12–18 мг/л) и степенью развития нитрификации (количество нитратов 3–5 мг/л). Расход воздуха q_a не регламентирован, поскольку естественный воздухообмен достаточен для нормального хода очистки.

Рециркуляция очищенной воды используется при избыточном заилении загрузки, ухудшении качества очищенной воды. При использовании рециркуляции следует иметь в виду сокращение продолжительности протока вследствие сложения расходов сточных вод и рециркулируемой жидкости; осуществлять рационально рециркуляцию в те часы, когда сумма расходов не будет превышать максимальный приток сточных вод.

Часто наблюдается ухудшение работы биофильтра при заилении загрузки. Биопленка наиболее интенсивно развивается вблизи поверхности загрузки, на глубине 0,4–0,6 м от поверхности. Периодическая проверка количества биопленки на загрузке осуществляется путем проходки шурфов на глубину до 1,0 м с определением объема и веса осадка в промывной воде, в которой проводят отмывку биопленки с зерен загрузки. Надвигающуюся угрозу заиления загрузки можно зафиксировать при трассировании биофильтра.

Высоконагружаемые биофильтры. Общие принципы проверки элементов конструкции те же, что и для капельных фильтров. Система орошения должна обеспечивать равномерное орошение по всей площади, без перегруженных участков. При регулировке вращающихся оросителей применяют либо способ расширения отверстий, через которые проходит недостаточное количество воды, либо закрывают часть отверстий, пропускающих избыточное количество жидкости. Равномерность орошения устанавливается мерными бачками. Лучи оросителя выравниваются при помощи тяг и прокладок во избежание перекосов и излишней нагрузки на ролики. Особое внимание следует обратить на защиту оросителей от попадания в них мелких животных (лягушек, мышей и т. п.), забивающих отверстия, в особенности в осенний период, когда эти животные ищут теплые укрытия на зиму. Регулировке подлежит система вентиляции: проверяется работоспособность вентиляторов, замеряется расход воздуха (на всасывающей линии). Соответствие крупности загрузки требуемым нормам [2] устанавливают путем выемки части загрузочного материала до глубины 1,0–1,5 м (устройство шурфов). Поскольку основная часть биомассы накапливается в верхней трети загрузки, в которой наиболее вероятно заиление, тщательная проверка нужна именно там.

Влияние рециркуляции на эффективность очистки неоднозначно. В часы максимального притока сточных вод вследствие наложения расходов резко сокращается продолжительность протока жидкости и эффект очистки снижается. Введение рециркуляции в часы малых расходов играет положительную роль. При полной очистке влияние рециркуляции негативно, а

в случае неполной очистки существенно улучшает показатели качества очищенной воды.

Биофильтры с листовой и рулонной пластмассовой загрузкой. В блоках загрузки из листовых и рулонных материалов в отличие от объемных элементов обычно отсутствуют места скопления биопленки, плохо промываемые потоком воды. Высокая порозность в сочетании с плоскостными элементами загрузки исключают заиливание загрузки, но основной задачей становится равномерное орошение и ликвидация проскока сточных вод. С этой целью проводят тщательное трассирование сооружения в целом и его отдельных частей, выясняя и устраняя причины малой продолжительности протока воды. Как правило, снимаются вопросы вентиляции биофильтра, так как большие сквозные зазоры между поверхностями загрузки обеспечивают надлежащий кислородный режим даже при естественной вентиляции.

Плоская однородная поверхность таких биофильтров снижает скорость массообмена, в силу чего для глубокой очистки сточных вод необходима рециркуляция очищенной воды, гидравлическая нагрузка при этом увеличивается до 20–70 м³/м²·сут. Плоские элементы допускают рециркуляцию как очищенной воды, так и смеси очищенной воды с избыточной биопленкой (рециркулируемая вода забирается до вторичного отстойника, что снижает нагрузку на него). Плоские и рулонные загрузки имеют малый вес, для них нехарактерна тепловая инерционность, в холодный период остывание происходит довольно быстро. Такие биофильтры устраивают в шатрах (укрытиях), при необходимости отапливаемых.

При эксплуатации биофильтров всех типов персонал обязан:

- обеспечивать равномерное распределение сточной воды по площади фильтра;
- контролировать подачу воздуха при искусственной вентиляции и следить за правильной работой вентиляторов;
- регулярно осматривать и очищать водо- и воздухораспределительные устройства;
- обеспечивать своевременную промывку поддонного пространства и каналов;
- принимать меры к устранению образования на поверхности биофильтров заболоченных мест;
- поддерживать нормальную циркуляцию сточных вод (для высоконагружаемых биофильтров);
- контролировать состояние загрузочного материала.

Температура подаваемой на биофильтры сточной воды должна быть не менее 8 °С, поэтому зимой в помещении биофильтров необходимо регулярно подавать теплый воздух.

В открытых биофильтрах перерывы в орошении зимой не должны быть более 2 ч.

При появлении на поверхности биофильтров мест застаивания жидкости следует:

- немедленно разрыхлить загрузочный материал на заболоченном участке и промыть поверхность биофильтра чистой водой, удалив из поддонного пространства оседающие минеральные вещества, или снять верхний слой загрузочного материала и после этого промыть его. Промывку снятого загрузочного материала производят вне биофильтра;

- снятый верхний слой загрузочного материала заменить свежепромытым.

Промывку или замену верхнего слоя загрузки биофильтров осуществляют не реже 1 раза в 1,5–2 года, полную замену всей загрузки – один раз в 6–8 лет.

3. Эксплуатация аэротенков-смесителей и вытеснителей

Основная задача эксплуатации аэротенков заключается в культивировании сообщества микроорганизмов, обеспечивающего изъятие и окисление органических загрязнений. Регулируемые параметры процесса – нагрузка на активный ил (количество, мг, загрязнений по БПК на 1 г беззольного вещества в сутки), кислородный режим, возраст ила (отношение массы беззольного вещества активного ила в системе к такой же массе избыточного ила, выводимого из системы в сутки). Температурный режим, сезонность относятся к нерегулируемым параметрам, негативное влияние которых ликвидируется оперативными средствами (изменением соотношения объемов аэротенка и регенератора, возраста ила, кислородного режима).

При эксплуатации аэротенков в режиме полной биологической очистки персонал обязан:

- обеспечивать подачу в аэротенки заданных количеств сточных вод и воздуха;

- поддерживать заданную концентрацию растворенного кислорода, расчетную дозу активного ила и степень его рециркуляции, а также установленную проектом интенсивность аэрации;

- не допускать перерывов в подаче воздуха;

- контролировать состояние ила по его биоценозу и иловому индексу и своевременно принимать меры против вспухания активного ила;

- поддерживать в чистоте прилегающую территорию;

- вести надзор за бесперебойной работой механизмов, оборудования и измерительных устройств, принимая меры к устранению всех замеченных неисправностей.

Перед пуском в эксплуатацию до заполнения водой аэротенки тщательно осматривают и освобождают от посторонних предметов. Произ-

водят ревизию запорно-распределительной арматуры (щитовых затворов, задвижек трубопроводов опорожнения, на воздуходувках, на водовыбросных стояках и т.д.). В аэротенках с пневматической аэрацией аэраторы должны располагаться строго горизонтально (допускаемое отклонение не более ± 3 мм).

Проверяют равномерность выхода воздуха через аэраторы, для чего поочередно заполняют испытываемые аэротенки (или каналы, где установлены аэраторы) водой (желательно чистой) и включают воздух, постепенно увеличивая его подачу. Уровень воды в аэротенке должен находиться на 0,2–0,3 м выше поверхности аэраторов. Сначала воздух подают при открытых задвижках на водовыбросных стояках, чтобы предотвратить разрушение аэрационной системы гидравлическими ударами воды, проникшей под аэраторы. Затем после прекращения выброса с воздухом мелких капель воды задвижки закрывают и визуально убеждаются в равномерности выхода пузырьков воздуха по всей площади аэраторов и в надежности заделки аэраторов в конструкции сооружения. При некачественной заделке фильтросных пластин в фильтросные каналы возможен выход воздуха по периметру заделки или в стыках фильтросных пластин. В таких случаях в местах прорыва воздуха приходится счищать старую заделку цементного раствора и вновь перекладывать фильтросные пластины. Фильтросные пластины с трещинами заменяют новыми. В аэротенках с механическими аэраторами производят ревизию механизмов и их пробный пуск.

Только после окончания наладочных работ на аэротенках и вторичных отстойниках, когда уже включены системы циркуляции ила (насосы, эрлифты, трубопроводы) и воздуходувного хозяйства, можно приступать к работам по выращиванию аэробной микрофлоры – активного ила.

Активный ил аэротенков представляет собой суспензию, содержащую хлопья, образованные бактериями и простейшими совместно с мелкими частицами загрязнений сточных вод. Ил отличается от сырых осадков более высоким содержанием воды и отсутствием крупных частиц взвеси. Влажность активного ила до уплотнения 99,2–99,8 %; после уплотнения 97–98 %. По составу активный ил относится к мелкодисперсным суспензиям, состоящим на 98 % по массе из частиц размером менее 1 мм. Суспензия активного ила имеет светло-серый или бурый цвет. Активный ил легко взмучивается и быстро оседает при отстаивании. Свежий активный ил почти не имеет запаха, но при отсутствии кислорода быстро гнивает и приобретает резкий, неприятный запах из-за наличия сероводорода.

Обычно активный ил выращивают в самом аэротенке в теплый период года. При этом сначала в течение 2–3 суток через аэротенк пропускают осветленную в первичном отстойнике сточную воду с расходом 40–50 % расчетного значения, подвергая ее аэрации и добавляя в нее задержанные во вторичных отстойниках мелкие хлопья коагулируемой суспензии. Затем

подачу воды в аэротенк прекращают, а его содержимое продолжают подвергать непрерывной аэрации, в результате которой происходит развитие микроорганизмов, образующих активный ил.

Для питания микроорганизмов каждый день в течение 2–3 ч в аэротенк добавляют осветленную сточную воду. Количество добавляемой воды можно подсчитать исходя из массы (дозы) ила в сооружении и концентрации органических веществ в поступающей сточной воде. Нагрузка на 1 г беззольного вещества ила по БПК₅ должна составлять 250–350 мг.

За процессом выращивания ила ведут контроль, в ходе которого следят за исчезновением в иле аммонийного азота и за появлением нитратов и растворимого кислорода. Каждую смену, или 2 раза в сутки, в стеклянную мерную посуду берут воду из аэротенка, дают ей отстояться 30 мин, а затем определяют объем осевшего на дно ила. Когда объем ила достигнет 25–30 % объема набранной смеси и ил будет представлять однородную суспензию быстроосаждающихся хлопьев, можно начинать эксплуатацию аэротенка, постепенно доводя нагрузки до расчетных.

Аэрационное оборудование обеспечивает растворение кислорода в необходимом количестве, интенсивное перемешивание всего объема аэротенка без образования застойных, малоподвижных зон. Переносным кислородным датчиком проводят проверку равномерности распределения концентрации кислорода по объему коридоров аэротенков, уделяя особое внимание зонам с наименьшим содержанием кислорода. Обычно такие зоны расположены на наибольшем удалении (по линии движения воды) от зоны насыщения кислородом. В коридорных аэротенках с пневматическими аэраторами такими зонами являются придонные области перед аэраторами (рис. 30), места поворотов коридоров, в которых отсутствует аэрация. Малоподвижные, слабоаэрируемые зоны в аэротенке с механическим поверхностным аэратором на рис. 30 заштрихованы. Каждому типу механических аэраторов соответствует своя специфическая картина движения воды, что необходимо учитывать в работе.

Независимо от типов аэраторов следует обратить внимание на точную оценку фактического значения коэффициента q_0 , представляющего собой отношение расхода кислорода к величине снятой БПК. По нормативным данным ему присваиваются значения 0,9 и 1,1 при неполной и полной очистке и значения от 1,5 до 2,0 при минерализации ила непосредственно в объеме аэротенка (процессы продленной аэрации, полного окисления и т.п.). Фактическое значение его большей частью трудноопределимо вследствие необходимости точного измерения массы подаваемых загрязнений, прироста ила, производительности по кислороду аэрационного оборудования.

Расчетами установлено, что мелкопузырчатые и среднепузырчатые аэраторы будут близки по эффективности при заглублении на 10–15 м от уровня воды. Более рациональной выглядит замена дефектных

мелкопузырчатых аэрационных систем на тканевые аэраторы съемного типа, позволяющие регенерировать и обновлять тканевые чехлы.

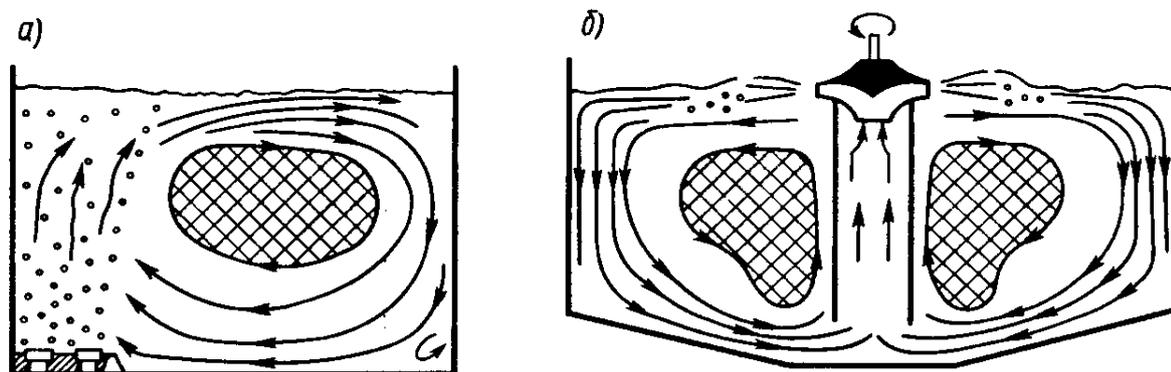


Рис. 30. Схема движения струй воды в аэротенках с пневматическими (а) и с механическими (б) аэраторами. Заштрихованы малоподвижные области со скоростью движения воды менее 0,1 м/с

В пневматических аэраторах функции насыщения кислородом и перемешивания жидкости взаимосвязаны. Если необходимо увеличение производительности аэраторов по кислороду, то стремятся к максимально возможному распределению аэраторов по всей площади аэротенка, увеличению площади аэрируемой зоны. Ухудшением условий движения воды в отдельных зонах аэротенка можно пренебречь. С другой стороны, если необходима организация движения воды с целью предотвращения образования застойных зон и отложений ила, следует максимально локализовать аэрационную систему в центре либо вблизи стен аэротенка. Например, при локализации распределенного пристенного аэратора в виде дырчатых труб в аэратор эрлифтного типа, располагаемый в центре аэротенка, скорости движения воды резко возрастают. Такой же эффект наблюдается при расположении аэраторов поперек коридора аэротенка.

4. Эксплуатация вторичных отстойников

Во вторичных отстойниках, установленных после аэротенков, осуществляют кратковременное уплотнение активного ила (не более 40 мин) и длительное и глубокое осветление воды (1,5–2 ч). Сбор и уплотнение ила происходят без доступа кислорода, свойства ила при этом несколько ухудшаются. В этом отношении флотационное отделение ила более предпочтительно, поскольку осуществляется в условиях интенсивного обогащения ила кислородом. Целесообразным представляется двухступенчатое илоотделение, когда проводят кратковременное илоотделение в отстойнике первой ступени (за 10–15 мин), а затем длительное осветление воды. Минимальная кратность рециркуляции принимается равной 0,3 при удалении ила илососами, 0,4 – при откачке насосами и эрлифтами

и 0,6 – в случае выпуска ила под гидростатическим напором, сопровождаемым подсосом значительной массы воды.

В пределах допустимых изменений дозы ила в аэротенке a_i (1,0–3,0 г/л) и илового индекса I_i (до 150 см³/г) минимально допустимая кратность рециркуляции R оценивается по формуле

$$R_i = \frac{a_i}{1000/I_i - a_i}. \quad (16)$$

В условиях динамических воздействий, обусловленных неравномерностью притока сточных вод, в особенности ливневых, следует провести проверку дозы ила в аэротенке, рассматривая его как усреднительное сооружение, взаимодействующее с регенератором:

$$a_i = 2a_r R_i / (2R_i + 1), \quad (17)$$

где a_r – доза ила в регенераторе (либо в потоке рециркулируемого ила), г/л.

Качество очищенной воды будет зависеть от глубины биологической очистки и условий осветления. Неполная очистка (БПК 25–30 мг/л) характеризуется интенсивным развитием свободноплавающих микроорганизмов и наличием мелких хлопьев в очищенной воде; полная очистка способствует ликвидации этих образований. В практике принято считать, что при глубоком осветлении БПК очищенной воды и количество взвешенных веществ численно равны (БПК 15 мг/л соответствует концентрация взвешенных веществ 15 мг/л). Интересна структура загрязнений в очищенной воде: так как масса микроорганизмов в очищенной воде потребляет до 0,6 мг кислорода на единицу веса, то на растворенную часть загрязнений приходится остаток ($L_{ex} - 0,6C_{ex}$, мг/л). Таким образом, выявляется способ глубокой очистки сточных вод путем удаления взвешенных веществ фильтрацией, прикреплением к поверхностям биообрастаний (затопленные биофильтры), коагуляцией либо флокуляцией очищенной воды.

Вторичные отстойники после биофильтров рассчитываются по гидравлической нагрузке, определяемой гидравлической крупностью частиц биопленки ($u_0 = 1,4$ мм/с), подлежащих задержанию. Проточная часть отстойников эксплуатируется в менее интенсивном режиме, нежели в первичных отстойниках, с чем связано снижение коэффициента объемного использования для горизонтальных и радиальных отстойников на 0,05. Иловая часть эксплуатируется аналогично первичным отстойникам.

При эксплуатации вторичных отстойников персонал обязан:

- обеспечивать заданный режим отстаивания;
- обеспечивать заданный режим выпуска активного ила;
- не допускать образования залежей и уплотнения активного ила в отстойниках;
- своевременно удалять с поверхности отстойников плавающую пленку или пену.

Контрольные вопросы

1. Основные принципы эксплуатации сооружений биологической очистки в естественных условиях.
2. Основные принципы эксплуатации сооружений биологических фильтров различной конструкции.
3. Перечислите мероприятия, осуществляемые персоналом канализационных очистных сооружений при эксплуатации биологических фильтров.
4. Перечислите мероприятия, осуществляемые персоналом канализационных очистных сооружений при эксплуатации аэротенков.
5. Какие требования предъявляются к аэрационному оборудованию?
6. Какие требования предъявляются к активному илу, используемому в процессе эксплуатации аэротенков?
7. Основные принципы эксплуатации вторичных отстойников.

Лекция №9

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СООРУЖЕНИЙ И АППАРАТОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

1. Эксплуатация сооружений по обезвреживанию осадков сточных вод.
2. Эксплуатация сооружений по обезвоживанию осадков сточных вод.

1. Эксплуатация сооружений по обезвреживанию осадков сточных вод

Обезвреживание осадков включает процессы ликвидации нестабильности, токсичности и других свойств, наносящих вред окружающей среде.

Метантенки.

Предназначены для сбраживания (минерализации органических веществ анаэробными микроорганизмами) сырого осадка из первичных отстойников и избыточного ила.

При эксплуатации метантенков основное внимание должно быть сосредоточено на обеспечении оптимальных условий анаэробного сбраживания осадков, которые в первую очередь обуславливаются дозами загружаемого осадка. Максимальные дозы загружаемого осадка должны составлять для метантенков с мезофильным процессом 9 % рабочего объема метантенка при влажности осадка 95 % или по беззольному веществу осадка $3,3 \text{ кг/м}^3$, для метантенков термофильного сбраживания – 18 % рабочего объема при влажности осадка 95 % или по беззольному веществу до $6,5 \text{ кг/м}^3$. Если фактическая влажность отличается от проектной, то делают перерасчет фактического объема на приведенный объем при влажности осадка 95 %.

Контроль за работой метантенков осуществляется следующим образом (рис. 31). По расходу Q осадка устанавливается доза загрузки, по влажности p и зольности S – нагрузка на единицу объема по беззольному веществу, величина распада; содержание жиров $Ж$, белков $Б$ и углеводов $У$ свидетельствует о теоретически возможной глубине распада веществ. Иногда в поступающем несброженном осадке определяют рН и летучие жирные кислоты, чтобы найти степень его загнивания перед сбраживанием (загнивший осадок сбраживается хуже, нежели свежий). По рН, NH_4^+ и летучим кислотам жирного ряда устанавливают глубину сбраживания осадка при его выгрузке. Вес выделившегося газа примерно равен весу сброженной части беззольного вещества, этим обстоятельством пользуются для проверки данных измерений. Обычно в газе содержится 60–70 % CH_4 и 30–35 % CO_2 ; остальные компоненты (H_2 , H_2S , NO и др.) в сумме составляют 3–4 % от общего количества.

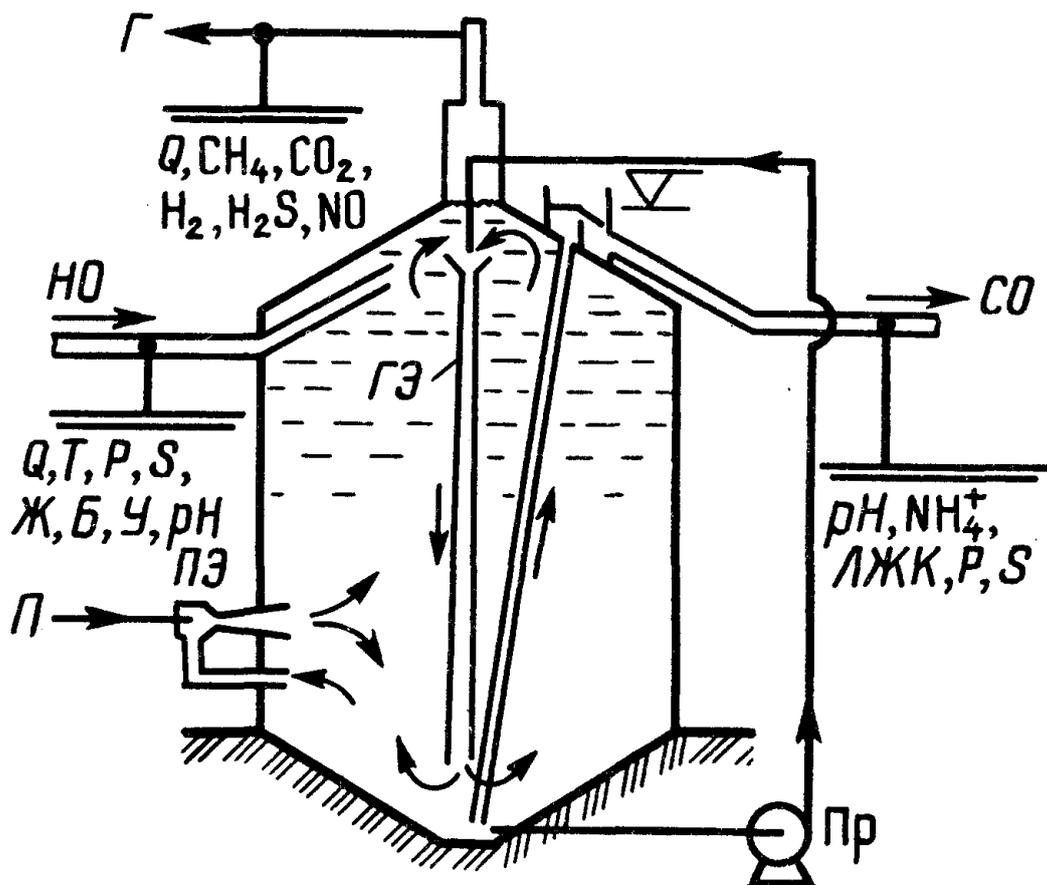


Рис. 31. Схема контроля за работой метантенков:
 Г – газ; ГЭ – гидроэлеватор; НО – несброженный осадок; П – пар; Пр – насос для перемешивания осадка; ПЭ – паровой эжектор; СО – сброженный осадок

Режим перемешивания, подогрева согласуют с подачей и выгрузкой осадка. Перемешивание должно обеспечивать равномерное распределение вновь загруженного осадка, предотвращать возможность местного перегрева (либо недогрева) осадка.

Эффективность работы метантенков определяется уменьшением количества сухого беззольного органического вещества, загруженного в метантенк. Уменьшение выражается в процентах и называется «распадом». Эту величину принято подсчитывать по количеству газа, выходящего из метантенка. Поскольку образующийся газ при сбраживании осадков насыщен влагой, на всех пониженных точках газопроводов устанавливают водоотделители. Эти устройства нужно регулярно (2–3 раза в неделю, в некоторых случаях и ежедневно) проверять и освобождать от скапливающейся в них влаги, отводя ее в систему канализации.

Осветлители-перегниватели.

Брожение осадка в камере перегнивания протекает так же, как в метантенках, но растянуто во времени — от 120 ч до 20 сут в зависимости от температуры бродящей массы, которая определяется теплопередачей

через стенки и днище осветлителя. Обычно температура бродящей массы на 2–3 °С ниже, чем воды в осветлителе.

Схема контроля за работой осветлителя-перегнвателя показана на рис. 32. Температуру поступающей воды измеряют, определяют в ней концентрацию взвешенных веществ, периодически БПК взболтанной пробы L_{en} ; в осветленной воде контролируют концентрацию взвешенных веществ C_{ex} , выборочно БПК L_{ex} . Порядок контроля за процессом брожения, установленный для метантенков, действителен для перегнвателей, за исключением контроля и регулирования температуры бродящей массы. Загрузку, перемешивание, выгрузку осадка ведут по графику, составленному на суточный либо на недельный цикл. Суточный цикл включает выгрузку сброженного осадка, загрузку свежего и перемешивание в течение 3–4 ч. В недельном цикле выгрузку ведут один раз в неделю, а загрузку и перемешивание – ежедневно. Возможны и другие варианты циклограмм.

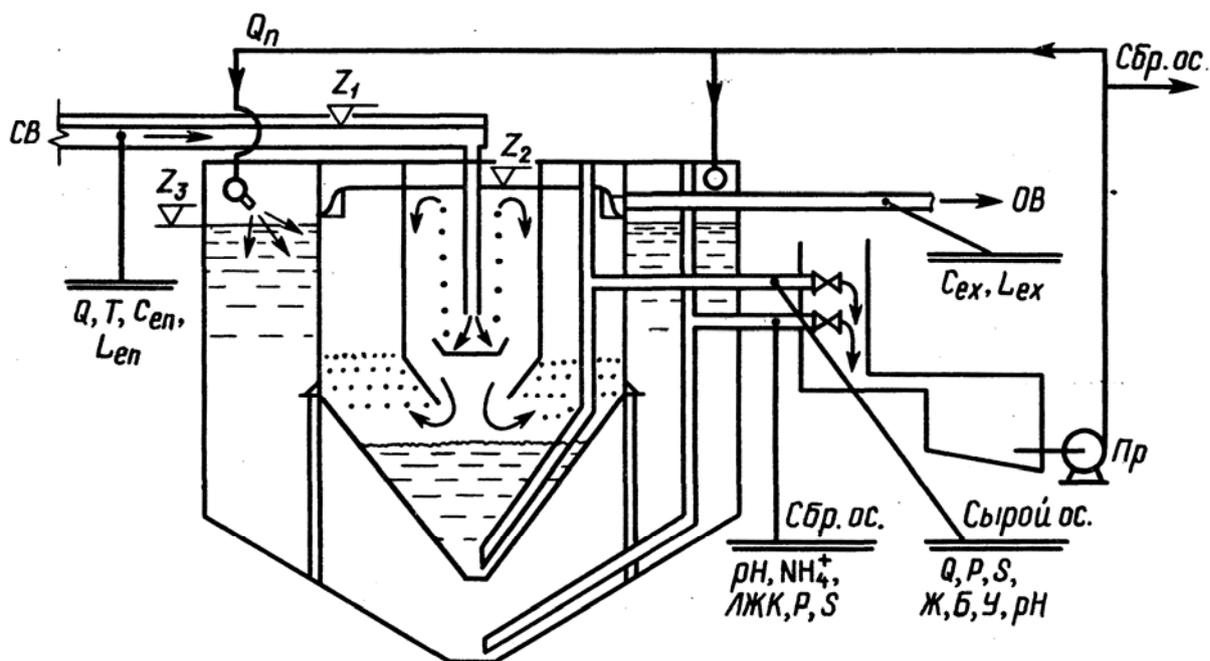


Рис. 32. Схема контроля за работой осветлителей-перегнвателей:
ОВ – осветленная вода; СВ – сточные воды

Для перегнвателей характерно коркообразование, в особенности при сбраживании осадков, содержащих значительное количество растительных остатков. Разрушение корки гидромеханическим способом путем подачи осадка через сопла не гарантировано в тех случаях, когда корка не подвергалась воздействию в течение длительного периода и подсохла. В таких случаях прибегают к использованию ручных шуровок, изготовленных из пластмасс и дерева (во избежание искрения).

Аэробные минерализаторы

Стабилизация осадка первичных отстойников с избыточным активным илом имеет некоторые отличия от стабилизации одного активного ила. Если избыточный активный ил минерализуется относительно монотонно и однообразно, то в присутствии осадка первичных отстойников проявляется в начальный момент стадия интенсивного размножения микроорганизмов; обусловленная наличием высокопитательного субстрата. Нитраты в иловой жидкости повышают срок хранения осадка (в неразделенном виде) без загнивания. Пока в осадке имеются нитриты и нитраты, не происходит его загнивание вследствие присутствия химически связанного кислорода, относительно легко изымаемого при денитрификации.

Контроль за работой аэробного минерализатора осуществляется следующим образом (рис. 33). По расходу осадка, влажности и зольности устанавливают продолжительность стабилизации, распад беззольного вещества. В иловой воде определяют содержание аммонийного азота, нитратов, фосфатов с целью определения глубины стабилизации и дополнительной нагрузки на очистную станцию от иловой воды. БПК и взвешенные вещества в иловой воде также создают дополнительные нагрузки на очистные сооружения. В самом минерализаторе контролю подлежат температура жидкости и содержание растворенного кислорода. В случае снижения температуры в отдельно стоящих минерализаторах применяют рециркуляцию очищенной воды по контуру «вторичный отстойник – минерализатор – аэротенк», и за счет тепла сточных вод достигается минимально допустимая температура иловой жидкости (8–10 °С).

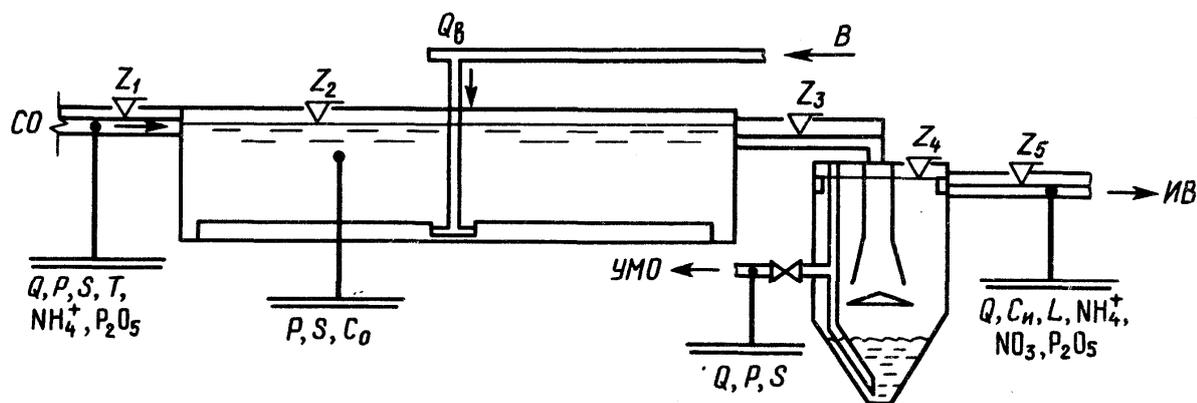


Рис. 33. Схема контроля за работой аэробных минерализаторов:
В – сжатый воздух; ИВ – иловая вода; СО – сырой осадок;
УМО – уплотненный минерализованный осадок

Минерализаторы с подачей осадка первичных отстойников (либо фугата от центрифугирования его) следует секционировать в сооружения вытеснительного типа, иначе вследствие доступа к обильному источнику питания минерализация активного ила будет сдерживаться.

При эксплуатации аэробных минерализаторов следует [7]:

- измерять температуру в минерализаторе;
- вести учет количества подаваемого и выгружаемого осадка, определять его влажность, зольность, концентрацию растворенного кислорода, соединений азота и фосфора в иловой воде;
- вести учет и регулировать расход воздуха.

2. Эксплуатация сооружений по обезвоживанию осадков сточных вод

Способы обезвоживания осадков многообразны, рассмотрим среди них те, которые получили широкое распространение в практике.

Подготовка осадков к обезвоживанию. До направления на обезвоживание осадок готовят (кондиционируют) с целью достижения требуемых свойств и интенсификации удаления воды. Уплотнение сырых осадков первичных отстойников и избыточного активного ила проводят обычно перед сбраживанием в метантенках, принимая во внимание целесообразность уменьшения количества воды в осадке и сокращения затрат тепла на подогрев бродящей массы. Длительное уплотнение перед обезвоживанием нежелательно ввиду развития процессов брожения и повышения удельного сопротивления фильтрации. Сохранение относительно благоприятных свойств смеси ила и осадка достигается при совместном уплотнении разбавленных компонентов. Осадок из первичных отстойников влажностью 99,4–99,6 % (концентрация 4–6 г/л) совместно с избыточным активным илом из вторичных отстойников (концентрация ила 4–6 г/л) совместно уплотняют в течение 5–6 ч, благодаря чему снижается на 25–30 % общий объем осадка и предотвращается загнивание смеси. Этот процесс интенсифицируется при добавлении коагулянтов (хлорного железа) и флокулянтов, при этом удельное сопротивление осадков фильтрации также снижается, в то время как общая доза реагентов (на уплотнении и обезвоживании в целом) не увеличивается. Расход реагентов – 40–50 % от суммарного количества. Влажность уплотненного осадка снижается с увеличением высоты уплотняемого слоя. Сбраживание и аэробная минерализация ухудшают влагоотдачу осадка. В сброженной смеси резко увеличивается тонкодисперсная фракция, увеличивается до –50 и –70 мВ дзета-потенциал частиц, возрастает щелочность. В аэробной минерализации благодаря развитой нитрификации задерживается повышение щелочности и сдвиг дзета-потенциала в область высоких отрицательных зарядов, но количество тонкодисперсных частиц также увеличивается. Промывка осадка становится неизбежной для сброженной смеси, в особенности при термофильном брожении. Следует учитывать, что с промывной водой в голову очистной станции будет возвращено значитель-

ное количество загрязнений, в том числе аммонийного азота. Например, если в сброженной смеси содержится 500–600 мг/л аммонийного азота, а количество осадка составляет 1 % от объема сточных вод, то в сточных водах количество NH_4^+ возрастает на 5–6 мг/л, или на 15–20 %, при содержании в исходной воде 30–40 мг/л. Для защиты очистной станции от дополнительных загрязнений целесообразна самостоятельная физико-химическая очистка сливной воды уплотнителей, в том числе от уплотнителей активного ила, сливная вода которых обогащается фосфатами.

На рис. 34 изображена технологическая схема контроля за узлом промывки и коагуляции сброженного осадка.

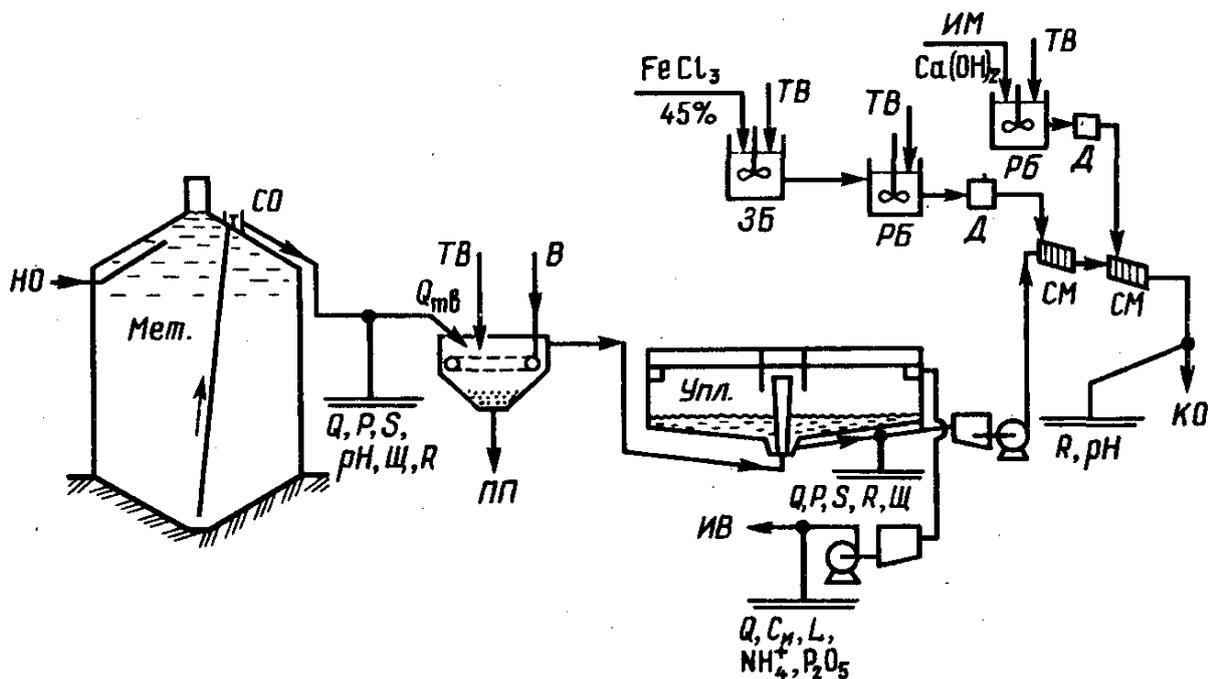


Рис. 34. Схема узла промывки и реagentного кондиционирования осадка после сбраживания в метантенках:

В – сжатый воздух; Д – дозатор; ЗБ – затворный бак; ИВ – иловая вода;
 ИМ – известковое молоко; КО – кондиционированный осадок;
 НО – несброженный осадок; ПП – пескопульпа; РБ – растворный бак;
 СМ – смеситель; СО – сброженный осадок; ТВ – техническая вода

Количество промывной воды $Q_{тв}$ назначают в зависимости от удельного сопротивления осадка R . Поскольку доза реагентов зависит от щелочности Щ , то определяют ее до и после промывки, корректируя расход промывной воды и по этому показателю. В иловой воде осадкоуплотнителя (ИВ) определяют БПК, концентрацию взвешенных веществ, аммонийного азота и фосфатов для оценки дополнительной нагрузки на сооружения. Уплотненный осадок влажностью 94–95 % коагулируют хлорным железом и известью. Подготовленный, кондиционированный осадок (КО) должен обладать необходимыми свойствами: удельным сопротивлением фильтрации не более $(50-60) \cdot 10^{10}$ см/г, способностью образовывать рыхлые, немажущиеся продукты (кек) после обезвоживания.

Жесткость хлопьевидных структур в кондиционированном осадке может контролироваться по косвенному показателю – рН иловой воды, величина которого должна быть в пределах 12–13.

Обезвоживание осадков на вакуум-фильтрах.

Соотношение между производительностью вакуум-фильтра L , кг/м²·ч, параметрами процесса обезвоживания и свойствами осадка определяется формулой

$$L = 0,24\rho\sqrt{\frac{tP(100 - p_u)(100 - p_k)}{\rho'\eta_0MR(p_u - p_k)}}, \quad (18)$$

где ρ и ρ' – плотность осадка и фильтрата, т/м³;

η_0 – вязкость фильтрата, сПз;

$R=r\cdot 10^{-10}$ – удельное сопротивление осадка фильтрации, см/г;

p_u, p_k – влажность исходного осадка и кека, %;

M – продолжительность одного оборота вакуум-фильтра, мин;

t – время действия вакуума, % от M .

Для анализа уравнения удобно представить его в виде

$$L = k\sqrt{P/R}, \quad (19)$$

где

$$k = \frac{100 - p_k}{100(p_u - p_k)}\sqrt{\frac{(100 - p_u)2t\rho}{\eta M}}. \quad (20)$$

Без учета сжимаемости осадка при фильтровании, при прочих постоянных условиях, возможно увеличить производительность вакуум-фильтра повышением давления либо снижением удельного сопротивления. Слой кека на поверхности ткани, через который осуществляется фильтрация иловой воды, обладает свойствами сжиматься и увеличивать сопротивление фильтрации. Изменение сопротивления за счет сжимаемости можно выразить в виде суммы $r = r_0 + \Delta r = r_0 + \alpha P^\varphi$, т.е. в виде постоянного сопротивления r_0 и добавки за счет сжимаемости кека αP^φ .

Коэффициент α характеризует тип осадка, а φ показатель сжимаемости. В этом случае

$$L = k\sqrt{\frac{P}{r_0 + \alpha P^\varphi}} \cdot 10^{10}. \quad (21)$$

Из формулы (21) следует, что если показатель сжимаемости осадка φ меньше единицы, то с увеличением давления производительность растет. В области $\varphi > 1$ имеется оптимум, зависящий от конкретных значений r_0 и φ , определяемых экспериментально в ходе наладки и эксплуатации вакуум-фильтров.

Влажность поступающего осадка и кека существенно влияет на производительность фильтра. В ходе фильтрования ткань постепенно засоряется осадком, скорость обезвоживания падает, повышается влажность кека. Закупорка порозного пространства фильтровальной ткани ликвидируется промывкой в чистой воде, промывкой с продувкой воздухом в растворе моющих средств, кислотной промывкой.

Грубодисперсный сырой осадок не закупоривает тонкие поры фильтровальной ткани, и для регенерации ее достаточно промывок водой с моющими средствами либо без них. Тонкодисперсный стабилизированный осадок, в особенности после метантенков, проникает в тонкие поры ткани, предопределяя необходимость разрушения минеральной структуры (скелета) осадка в порах. Ингибированная соляная кислота растворяет гидроокисный скелет осадка и твердые частицы извести, происходят снижение размеров частиц внутри пор и уменьшение силы их сцепления с тканью. Кислый раствор используют повторно до полной нейтрализации кислоты. Кислотную обработку завершают промывкой ткани чистой водой. Частоту промывки назначают по результатам наладочных работ, в ходе которых устанавливают специфические свойства обезвоживаемых осадков. В этой ситуации становится очевидной необходимость эксплуатации сооружений по обезвреживанию и подготовке осадка в проектном режиме, иначе свойства осадков будут нестабильными и непредсказуемыми.

Обезвоживание осадков на фильтр-прессах. В отличие от вакуум-фильтров на фильтр-прессах применяют статическое либо динамическое прессование намывтого на фильтровальной ткани слоя осадка. Влияние сжимаемости осадка на процесс фильтрования, в особенности при отжиге, становится еще более ощутимым. Показатель сжимаемости сырого осадка и уплотненного активного ила при добавлении реагентов и без них колеблется в пределах 0,8–1,3, в среднем приближаясь к 1,0. Уменьшения показателя достигают добавкой извести, присадочных структурных материалов.

Подготовка осадка имеет свои особенности. Камера реакции (структурообразования) выполняется в виде сосуда с мешалкой, выгрузка осадка из него и подача в фильтр-прессы осуществляется при помощи сжатого воздуха, что предотвращает разрушение сформировавшихся хлопьев. Относительно небольшие размеры впускных отверстий требуют предварительного извлечения либо дробления грубых примесей в осадке.

Фильтр-прессы рассчитывают по удельной производительности, уточняемой в ходе пусконаладочных работ. Соотношение между производительностью, удельным сопротивлением и давлением при фильтрации осадка может быть определено по формулам, применяемым для вакуум-фильтрации осадка. Особенности режима отжима изучают в лабораторных условиях на наливных воронках, снабженных поршнем. После отладки

отдельных операций пресс-фильтры переводят в режим автоматического управления.

Обезвоживание осадка на центрифугах.

В пусконаладочный период проводят отладку рабочих параметров центрифуг с учетом специфических особенностей осадков. При этом руководствуются общими соотношениями между свойствами осадков и параметрами центрифугирования.

В зависимости от эффекта разделения Φ от расхода осадка по объему (объемной производительности) наблюдается обычно сначала слабое, а затем резкое снижение эффекта разделения. Приводимая в литературе производительность центрифуг охватывает диапазон относительно высоких значений фактора разделения; увеличение расхода осадка сверх указанного связано с падением эффекта разделения. Эффект разделения существенно зависит от диаметра ротора и скорости его вращения. Осадки, подготовленные к разделению реагентной обработкой флокулянтами, реагентно-тепловой обработкой, центрифугируют при меньших факторах разделения.

Изменение эффекта разделения осадка отражается на свойствах кека. Плотный, комковатый кек влажностью 75–80 % получают при низком эффекте разделения. Включение в кек тонкодисперсных обводненных частиц осадка, сопровождающее повышение эффекта разделения, приводит к росту влажности кека, появлению текучести, мажущести, способности к прилипанию. Высота слоя жидкого осадка в роторе, определяемая установкой сливных отверстий фугата, влияет на продолжительность пребывания осадка в поле центробежных сил. Увеличение объема полезно используемой части ротора, заполненной жидкостью, позволяет либо увеличить производительность центрифуг (при постоянном эффекте разделения), либо повысить эффект разделения при постоянной производительности.

Свойства осадков и их подготовка заметно изменяют параметры центрифугирования. Лучше всех обезвоживается сырой осадок первичных отстойников, несколько хуже – сырой активный ил. Сбраживание их в метантенках ухудшает влагоотдачу, особенно при термофильном брожении.

Аэробная стабилизация продуцирует осадок, приближающийся по свойствам к активному илу. Из практики известно, что возможно подобрать режим неполной стабилизации, в котором плотность ила наибольшая (по иловому индексу) и результаты центрифугирования более высокие.

Обезвоживание осадка на иловых площадках. Иловые площадки могут иметь дренажную систему для сбора и отвода профильтрованной воды либо располагаться на хорошо фильтрующих грунтах (пески, супеси). Часть конструкций площадок не имеет дренажных систем и предполагает искусственный сбор и отвод иловой воды. Комбинированные площадки располагают теми и другими устройствами для удаления иловой воды. Конструкция иловых площадок должна быть согласована со свойствами осадка и технологией обезвоживания.

Если рассматривать процесс удаления воды из осадков во времени, то можно выделить три преобладающие стадии обезвоживания. Вначале происходит простое уплотнение осадка с разделением его на сгущенный осадок и иловую воду. В сгущенном осадке за 2–3 сут уплотнения снижается влажность до уровня 92–93 %. Иловая вода располагается сверху, в ней содержится от 1 до 3 г/л взвешенных веществ. Несброженные осадки и сырой активный ил способны всплывать на поверхность вследствие интенсивного брожения, протекающего в благоприятных условиях (в теплый период года). Возможно образование нескольких прослоек осадка и иловой воды, что затрудняет их разделение. Возможно уплотнение сброженных осадков до влажности 86–88 %, для чего требуются уплотнители большой высоты (до 8–10 м) и относительно большая продолжительность уплотнения (месяц и более).

Отделяющаяся иловая вода фильтруется через слой уплотненного осадка в основание площадки либо отводится. Уплотненный осадок создает достаточно высокое сопротивление фильтрации, поэтому разовый напуск осадка малой высотой (20–25 см), который при уплотнении образует слой сгущенного продукта высотой 8–10 см, не создает чрезмерного сопротивления фильтрации. Удалением иловой воды с поверхности, из прослоек либо со дна (при его всплывании) интенсифицируют обезвоживание, сокращая продолжительность второй стадии – фильтрации воды из осадка в дренажную систему.

Фильтрация свободной воды из осадка под действием силы гравитации происходит медленно – от 5–7 сут до месяца при слое напуска 20–25 см, она существенно зависит от способа сбора и отвода воды. Наиболее благоприятные условия создаются при наличии под осадком слоя фильтрующего материала, сокращающего путь фильтрации воды. Для этой цели используют устройство намывных либо насыпных фильтрующих слоев из песка, опилок, отходов производства или природных материалов. Частично слой выносится вместе с подсушенным осадком, и его возобновляют. Улучшаются сбор и погрузка подсушенного осадка, поскольку фильтрующий слой снижает сцепление осадка с днищем площадки. В зарубежной практике применяют фильтрующие пористые подстилки (ткани), пригруженные слоем грунта или песка. Дренажная система иловых площадок подвержена кольматации. Верхний слой засыпного фильтра часто приходится заменять, но и эта мера не всегда защищает от проникновения загрязнений в тело фильтра. Рационально устраивать заменяемую систему неглубоко заложенных дренажных труб, засыпанных слоем крупнозернистого материала, допускающего проникновение мелких частиц осадка в трубы. Загрязненный дренажный сток подвергают отстаиванию (с добавкой коагулянтов либо без них), фильтрации на свободных иловых картах с мелкозернистой дренажной засыпкой.

Прочистку и промывку заменяемых мелкозаложенных дренажей проводят ежегодно либо один раз после 2–3 напусков, по мере их кольматации.

Сушка осадков. Для сушки осадков применяют прямоточные сушилки либо сушилки со встречными струями. Барабанные сушилки применяются значительно реже ввиду низкой производительности.

Уточнение параметров сушки проводят в пусконаладочный период на реальном осадке (для учета специфических особенностей осадка, обусловленных местными условиями). В лабораторных и производственных условиях изучают условия комкообразования (в частности, определяют требуемое количество сухого осадка (ретура), подмешиваемого к кеку для получения комковатой структуры) в зависимости от влажности кека и ретура, продолжительность и интенсивность перемешивания ретура с кеком. Разовые наблюдения систематизируют с целью выявления допустимых отклонений структуры и влажности осадка, вводимого в сушилку. В прямоточных сушилках применяют ввод кека под давлением через эвольвентные и тангенциальные форсунки без подмешивания ретура. Давление осадка создают винтовыми насосами.

Режим сушки и конечную влажность осадка выбирают с учетом условий очистки и обезвреживания газов. Если влажность осадка снижается до 20–25 %, то наблюдаются подгорание с образованием дурнопахнущих газов, интенсивная отгонка из осадка аммонийного азота (из сброженного осадка). При отсутствии установок для обезвреживания и очистки газов появляются жалобы населения из близрасположенных районов. С этой точки зрения целесообразно установить интенсивность выделения запахов в зависимости от влажности подсушенного осадка и внести коррективы в режимные параметры сушки. Возможен перевод части сушилок на режим с глубокой сушкой (для обеспечения установок ретуром), а другой части – на режим с недосушиванием (по сравнению с проектной влажностью) осадка.

Контрольные вопросы

1. Основные принципы эксплуатации метантенков.
2. Особенности эксплуатации осветлителей-перегнивателей.
3. Эксплуатация аэробных минерализаторов.
4. Какие мероприятия осуществляются при подготовке осадков к обезвоживанию?
5. Расскажите об эксплуатации вакуум-фильтров.
6. Основные принципы эксплуатации фильтр-прессов.
7. Особенности эксплуатации центрифуг.
8. Эксплуатация иловых площадок.
9. Особенности эксплуатации сооружений по сушке осадков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Водоснабжение и канализация являются крупнейшими отраслями жилищно-коммунального хозяйства страны. На их долю приходится значительная часть основных фондов, и от того, на каком уровне названные системы будут эксплуатироваться, зависит решение не только экономических, но и социальных вопросов, непосредственно связанных с благосостоянием населения.

Интенсивное развитие техники относительно быстро старит конструкции сооружений и применяемое оборудование, и только прочные знания могут служить базой для плодотворной деятельности и самосовершенствования.

В настоящем пособии отражены принципы работы сооружений водоснабжения и водоотведения. Освещены правила приема систем водоснабжения и водоотведения в эксплуатацию, а также способы производства работ при эксплуатации водозаборных сооружений, водопроводных и канализационных сетей, насосных станций, сооружений по очистке воды для питьевых целей и очистки сточных вод.

Данное учебное пособие призвано помочь студентам, обучающимся по направлению 08.03.01 «Строительство» в изучении дисциплины «Эксплуатация систем и сооружений водоснабжения и водоотведения».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 2.04.02-84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения [Текст]. – М: ФГУП ЦПП, 2006.
2. СНиП 2.04.02-85*. Канализация. Наружные сети и сооружения [Текст]. – М: ОАО «ЦПП», 2008.
3. СНиП 3.05.04-85* Наружные сети водоснабжения и канализации [Текст]. – М: Госстрой, 1990.
4. СНиП 3.01.04-87 Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов. Основные положения (с изм. 1988 г.) [Текст]. – М.: Стройиздат, 1987.
5. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
6. СанПиН 2.1.4.027-95 Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения. Санитарные правила и нормы.
7. Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации [Текст]. – М.: Гос. комитет РФ по строительству и жилищно-коммунальному комплексу, 2000.
8. Рекомендации по нормированию труда работников водопроводно-канализационного хозяйства [Текст]. – М.: ЦНИС, 1999.
9. Эксплуатация внешних систем водоснабжения и водоотведения [Текст]: методическое пособие по сертификации специалистов жилищно-коммунального хозяйства России. – М., 1997.
10. Волоховский, Г.А. Эксплуатация и ремонт систем сельскохозяйственного водоснабжения: Справочник [Текст] / Г.А. Волоховский. – М.: Россельхозиздат, 1982.
11. Пособие по наладке и эксплуатации водопроводных сетей [Текст]. – М.: Стройиздат, 1974.
12. Шабалин, А.Ф. Эксплуатация промышленных водопроводов [Текст] / А.Ф. Шабалин. – М.: Metallurgizdat, 1963.
13. Эксплуатация систем водоснабжения, канализации и газоснабжения [Текст]: справочник под ред. В.Л. Дмитриева, Б.Г. Мишукова. – 3-е изд. – Л.: Стройиздат, 1988.
14. Годес, И.Г. Правила технической эксплуатации водопроводов и канализаций [Текст] / И.Г. Годес, А.С. Коган. – М.: Стройиздат, 1965.

15. Яковлев, С.В. Водоотведение и очистка сточных вод [Текст] / С.В. Яковлев, Ю.В. Воронов. – М.: АСВ, 2004.
16. Кульский, Л.А. Технология очистки природных вод [Текст]: учебник для вузов / Л.А. Кульский, П.П. Строкач. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Вища шк., 1986.
17. Жмаков, Г.Н. Эксплуатация оборудования и систем водоснабжения и водоотведения [Текст] / Г.Н. Жмаков. – М.: ИНФРА, 2005.
18. Эксплуатация систем водоснабжения, канализации и газоснабжения [Текст]: справочник / под ред. С.М. Шифрина. – Л.: Стройиздат, 1981.
19. Алексеев, М.И. Эксплуатация систем водоснабжения и канализации [Текст] / М.И. Алексеев, Б.Г. Мишуков, В.Д. Дмитриев, Ю.С. Сергеев. – М.: Высшая школа, 1993.
20. Шестопап, А.Н. Проектирование, строительство и эксплуатация труб из полимерных материалов [Текст] / А.Н. Шестопап, В.С. Ромейко, В.Е. Бухин. – М.: Стройиздат, 1985.
21. Орлов, К.С. Монтаж и эксплуатация санитарно-технических, вентиляционных систем и оборудования [Текст] / К.С. Орлов. – М.: Транспорт, 2001.
22. Фрог, Б.И. Водоподготовка [Текст] / Б.И. Фрог, А.П. Левченко. – М.: МГУ, 2003.
23. Порядин, А.Ф. Водозаборы в системах централизованного водоснабжения [Текст] / А.Ф. Порядин. – М.: НУМЦ Госкомэкологии России, 1999.
24. Перешивкин, А.К. Монтаж систем внешнего водоснабжения и канализации [Текст] / А.К. Перешивкин, А.А. Александров, Е.Д. Булынин и др.; под ред. А.К. Перешивкина. – 4-е изд. – М.: Стройиздат, 1988.
25. Брежнев, В.И. Эксплуатация водопроводных сооружений [Текст] / В.И. Брежнев, В.Ф. Воробьев, В.К. Кедровский. – М.: Стройиздат, 1983.
26. Ильин, Ю.А. Надежность водопроводного оборудования и сооружений [Текст] / Ю.А. Ильин. – М.: Стройиздат, 1985.
27. Репин, Б.Н. Справочник. Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения [Текст] / Б.Н. Репин, С.С. Запорожец, В.Н. Ереснов. – М.: Высшая школа, 1995.
28. Гороновский, И.Т. Эксплуатация станций подготовки хозяйственно-питьевой воды [Текст] / И.Т. Гороновский, Г.Г. Руденко; под общ. ред. Л.А. Кульского. – Киев: Будевельник, 1975.

29. Эль, М.А. Наладка и эксплуатация очистных сооружений городской канализации [Текст] / М.А. Эль, Э.Ф. Эль, И.Ф. Вебер. – М.: Стройиздат, 1982.

30. Яковлев, С.В. Совместная обработка осадков сточных вод и осадков, образующихся на водопроводных станциях [Текст] / С.В.Яковлев, Б.А. Ганин, А.С. Матросов, Б.М. Кальчугин. – М.: Стройиздат, 1990.

31. Дзиминскас, Ч.А. Опыт эксплуатации и реконструкции очистных сооружений канализации в Нижнем Новгороде [Текст] / Ч.А. Дзиминскас, М.С. Шмелев, Е.А. Горбачев // Водоснабжение и санитарная техника. – 2008. – №7.

32. Костюченко, С.В. Опыт эксплуатации УФ-оборудования на Люберецких очистных сооружениях Москвы [Текст] / С.В. Костюченко [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 2012. – №5.

О Г Л А В Л Е Н И Е

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
Лекция №1 ОРГАНИЗАЦИЯ И ЗАДАЧИ СЛУЖБЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ.....	5
Лекция №2 ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ...	14
Лекция №3 ЭКСПЛУАТАЦИЯ СЕТЕЙ И НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ВОДОПРОВОДА И КАНАЛИЗАЦИИ	29
Лекция №4 НАЛАДКА И ПРИЕМ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ВОДОПРОВОДНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ	40
Лекция №5 ЭКСПЛУАТАЦИЯ СООРУЖЕНИЙ И АППАРАТОВ ДЛЯ КОАГУЛИРОВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ	56
Лекция № 6 ЭКСПЛУАТАЦИЯ СООРУЖЕНИЙ И АППАРАТОВ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ	72
Лекция № 7 ЭКСПЛУАТАЦИЯ СООРУЖЕНИЙ И АППАРАТОВ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД.....	81
Лекция №8 ЭКСПЛУАТАЦИЯ СООРУЖЕНИЙ И АППАРАТОВ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД	96
Лекция №9 ЭКСПЛУАТАЦИЯ СООРУЖЕНИЙ И АППАРАТОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД.....	111
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	122
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	123

Учебное издание

Сафронов Максим Александрович

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ И СООРУЖЕНИЙ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ**
Курс лекций

Редактор Н.Ю. Шалимова
Верстка Н.В. Кучина

Подписано в печать 09.02.2015. Формат 60x84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 7,44. Уч.-изд.л. 8,0. Тираж 80 экз.
Заказ № 52.

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.

