



Д.А. Бутко, А.В. Бутко, Е.Е. Щуцкая

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ



Ростов-на-Дону
2020

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Д.А. Бутко, А.В. Бутко, Е.Е. Щуцкая

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Учебное пособие

Ростов-на-Дону
ДГТУ
2020

УДК 628.16

Б93

Рецензенты:

доктор технических наук,
профессор кафедры «Водоснабжение и водоотведение»
Донского государственного технического университета *Н.С. Серпокрылов*;
начальник технологического департамента
АО «Ростовводоканал» *И.А. Тронь*

Бутко, Денис Александрович.

Б93 Эксплуатация систем водоснабжения : учеб. пособие / Д.А. Бутко, А.В. Бутко, Е.Е. Щуцкая ; Донской гос. техн. ун-т. – Ростов-на-Дону : ДГТУ, 2020. – 217 с.

ISBN 978-5-7890-1732-6

Рассмотрены основные вопросы организации служб эксплуатации систем водоснабжения и способы производства важнейших работ при эксплуатации водозаборных сооружений, напорных водоводов и распределительных сетей водоснабжения, насосных станций, сооружений по очистке воды для хозяйственно-питьевых и производственных целей. Приводятся общие положения взаимодействия между абонентами и поставщиками систем водоснабжения.

Предназначено для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, профиль «Водоснабжение и водоотведение».

УДК 628.16

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Донского государственного технического университета

© Бутко Д.А., Бутко А.В.,
Щуцкая Е.Е., 2020

© Донской государственный
технический университет, 2020

ISBN 978-5-7890-1732-6

Введение

Системы водоснабжения населенных пунктов предназначены для удовлетворения потребностей населения и промышленных предприятий в воде питьевого качества. Основные требования, предъявляемые к работе системы водоснабжения, – выполнение заданных функций при соблюдении высоких показателей надежности работы системы, а также организация охраны окружающей среды в вопросах подготовки воды для хозяйственно-питьевых, производственных и других целей.

Уровень эксплуатации зависит от многих обстоятельств, в том числе от степени подготовленности технического персонала.

Основой успеха эксплуатации служат систематизированные знания устройства всех систем, объектов и сооружений, динамики их взаимосвязи и взаимного влияния, принципов управления и автоматизации. Необходимы четкие представления о существе протекающих гидравлических, физических, химических и технологических процессов, связанных с транспортировкой, очисткой, хранением и использованием всех видов вод.

Эксплуатация систем водоснабжения и устранение потерь воды находятся на стыке техники и экономики. И только прочные знания могут служить базой для плодотворной деятельности и совершенствования систем водоснабжения.

1. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Эксплуатирующая систему водоснабжения и водоотведения организация должна обеспечивать бесперебойную и надежную работу всех сооружений и оборудования при высоких технико-экономических и качественных показателях с учетом требований охраны водоемов от загрязнений сточными водами и рационального использования водных ресурсов.

Основные задачи эксплуатации системы водоснабжения:

- обеспечение оптимального режима работы сооружений, оборудования, сетей, а также качества воды, соответствующего нормативным требованиям;
- борьба с утечками воды и её нерациональным использованием, а также с потерями электроэнергии и реагентов при очистке воды;
- систематические проверки работы и планово-предупредительные осмотры всех сооружений и устройств;
- текущий и капитальный ремонт сетей, сооружений и оборудования.

Указанные задачи по эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения планируются и осуществляются соответствующими службами эксплуатации (управление, трест, контора, отдел, участок, группа), которые должны быть обеспечены эксплуатационным персоналом, транспортом, механизмами, инструментом, соответствующим инвентарем и материалами.

1.1. Нормативно-правовая основа деятельности предприятия по эксплуатации системы водоснабжения и водоотведения

Деятельность по эксплуатации системы водоснабжения и водоотведения регламентируется следующими основными документами:

- Водный кодекс РФ;

- Градостроительный кодекс РФ;
- Гражданский кодекс РФ;
- МДКЗ-02.2001. Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации;
- МДС 40-1.2000. Правила пользования системами коммунального водоснабжения и канализации в Российской Федерации;
- Федеральный закон № 416-93 «О водоснабжении и водоотведении» регулирует отношения в сфере водоснабжения и водоотведения. Статья 2 ФЗ № 416-93 дает понятия: водопроводная сеть, водоподготовка, гарантирующая организация, организация, осуществляющая холодное водоснабжение и (или) водоотведение и т.д. Законом о водоснабжении и водоотведении в главе 8 устанавливается порядок осуществления горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и водоотведения; обеспечение эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения; обеспечение безопасности эксплуатации. Вывод объектов централизованных систем в регион и из эксплуатации, а также особенности договорных отношений по водоснабжению и водоотведению. Особенно важной для эксплуатации систем водоснабжения является глава 4 Федерального закона 416-ФЗ «Обеспечение качества питьевой воды, горячей воды». Весьма важными для функционирования эксплуатирующей организации являются вопросы регулирования тарифов в сфере водоснабжения и водоотведения (глава 6), планирования и развития централизованных систем водоснабжения и водоотведения (глава 7). Обращаем внимание на статью 38, посвященную составлению схем водоснабжения и водоотведения, как основу для долгосрочного развития централизованных систем водоснабжения и водоотведения, а также планирования развития эксплуатирующей организации;

– Федеральный закон №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»;

– Нормативы качества питьевой воды и требования к сбросу очищенных сточных вод в водоемы – СанПиН 2.1.4.1974-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения».

Статья 14 Федерального закона № 131-ФЗ от 6 октября 2003 года [1] относит вопросы организации водоснабжения и водоотведения для населения к компетенции местного самоуправления. Имущество предприятия, эксплуатирующего систему водоснабжения и водоотведения, может находиться в собственности муниципалитета. С 1 января 2010 г. Деятельность по снабжению водой населения и промпредприятий, а также отводу стоков не подлежат лицензированию, а осуществляется под надзором саморегулирующего профиля деятельности.

1.2. Взаимоотношения между абонентом (потребителем) и поставщиком услуг

Взаимоотношения между потребителем и поставщиком услуг водоснабжения и водоотведения осуществляются в соответствии с договором, заключенным между ними. При отсутствии договора пользование системами водоснабжения и водоотведения будет считаться самовольным. Содержание договора не должно противоречить действующему законодательству и учитывать все аспекты взаимоотношений абонента (потребителя) и снабжающей организации. Правила пользования системами коммунального водоснабжения [2] устанавливают перечень документов, предоставляемых абонентом (за-

казчиком) в организацию, эксплуатирующую систему водоснабжения и водоотведения:

- заявка с указанием объектов, непосредственно присоединенных (присоединяемых) к системам водоснабжения и канализации, данных о субабонентах, а также объемах водопотребления и водоотведения сточных вод абонента и субабонентов;

- документы, подтверждающие право собственности на устройства и сооружения для присоединения;

- разрешительная документация на присоединение;

- схемы водоснабжения и канализации;

- баланс водопотребления и водоотведения;

- план мероприятий по рациональному использованию питьевой воды и сокращению сброса сточных вод.

В тексте договора указывается предмет договора (отпуск (получение) питьевой воды и (или) прием (сброс) сточных вод) и предусматриваются следующие существенные условия [2]:

- режим отпуска (получения) питьевой воды, в том числе при пожаротушении, и приема (сброса) сточных вод;

- лимиты на отпуск (получение) питьевой воды и прием (сброс) сточных вод;

- качество питьевой воды и нормативные требования по составу сточных вод;

- условия прекращения или ограничения отпуска (получения) питьевой воды и приема (сброса) сточных вод;

- осуществление учета отпущенной (полученной) питьевой воды и принятых (сброшенных) сточных вод;

- порядок, сроки, тарифы и условия оплаты, включая сверхлимитное водопотребление и превышение норматива сброса сточных вод и загрязняющих веществ;

- границы эксплуатационной ответственности сторон по сетям водоснабжения и канализации;

- права и обязанности сторон в соответствии с положениями раздела VIII Правил [2];
- неустойка (штраф, пени) и другие виды ответственности, предусмотренные законодательством Российской Федерации и Правилами [2] за несоблюдение условий договора или ненадлежащее исполнение обязательств сторон;
- другие условия, относительно которых по заявлению одной из сторон должно быть достигнуто соглашение.

Как неотъемлемую часть договора следует приложить акт разграничения эксплуатационной ответственности сторон по водопроводным и канализационным сетям и сооружениям на них, так как при его отсутствии граница эксплуатационной ответственности будет установлена по балансовой принадлежности [2]. Обычно в качестве границы принимается колодец присоединения абонента к уличной сети.

1.3. Присоединение объектов к системам коммунального водоснабжения

Присоединение новых (реконструируемых) объектов капитального строительства к централизованным системам холодного водоснабжения и (или) водоотведения осуществляется на основании заявления, подаваемого юридическим или физическим лицом в организацию, осуществляющую холодное водоснабжение и (или) водоотведение. При заключении договора о подключении (технологическом присоединении) к централизованной системе холодного водоснабжения и (или) водоотведения вносят плату за подключение (технологическое присоединение) к централизованной системе холодного водоснабжения и (или) водоотведения в порядке, установленном федеральным законом 416-ФЗ.

Согласно пункту 90 федерального закона 416-ФЗ для заключения договора о подключении и получения условий под-

ключения юридическое или физическое лицо направляет в организацию водопроводно-канализационного хозяйства, определенную органом местного самоуправления, заявление о подключении, содержащее полное и сокращенное наименование заявителя (для физических лиц - фамилия, имя, отчество), его местонахождение и почтовый адрес, наименование подключаемого объекта и кадастровый номер земельного участка, на котором располагается подключаемый объект, данные об общей подключаемой нагрузке с приложением следующих документов:

а) копии учредительных документов, а также документы, подтверждающие полномочия лица, подписавшего заявление;

б) нотариально заверенные копии правоустанавливающих документов на земельный участок;

в) ситуационный план расположения объекта с привязкой к территории населенного пункта;

г) топографическая карта участка в масштабе 1:500 (со всеми наземными и подземными коммуникациями и сооружениями), согласованная с эксплуатирующими организациями;

д) информация о сроках строительства (реконструкции) и ввода в эксплуатацию строящегося (реконструируемого) объекта;

е) баланс водопотребления и водоотведения подключаемого объекта в период использования максимальной величины мощности (нагрузки) с указанием целей использования холодной воды и распределением объемов подключаемой нагрузки по целям использования, в том числе на пожаротушение, периодические нужды, заполнение и опорожнение бассейнов, прием поверхностных сточных вод, а также с распределением общего объема сточных вод по канализационным выпускам (в процентах);

ж) сведения о составе и свойствах сточных вод, намеренных к отведению в централизованную систему водоотведения;

з) сведения о назначении объекта, высоте и об этажности зданий, строений, сооружений.

Срок, установленный законом для рассмотрения представленных документов и направления заявителю подписанного договора о подключении (технологическом присоединении) с приложением условий подключения (технологического присоединения) и расчета платы за подключение (технологическое присоединение), составляет не более 20 рабочих дней при условии наличия технической возможности (или наличия в инвестиционных программах организации водопроводно-канализационного хозяйства мероприятий, обеспечивающих техническую возможность) и полноты представленных документов.

Согласно пункту 98 Правил холодного водоснабжения (№644 от 29.07.2013), внесение заявителем платы за подключение (технологическое присоединение) по договору о подключении осуществляется в следующем порядке:

а) 35 процентов платы за подключение вносится в течение 15 дней со дня заключения договора о подключении;

б) 50 процентов платы за подключение вносится в течение 90 дней со дня заключения договора о подключении, но не позднее даты фактического подключения;

в) 15 процентов платы за подключение вносится в течение 15 дней со дня подписания сторонами акта о присоединении, фиксирующего техническую готовность к подаче ресурсов на объекты заказчика, но не позднее выполнения условий подачи ресурсов.

В технических условиях на подключение к централизованной системе холодного водоснабжения отражается следующая информация:

а) срок действия условий подключения;

б) точка подключения с указанием адреса (места нахождения точки подключения);

в) технические требования к объектам капитального строительства заявителя, в том числе к устройствам и соору-

жениям для подключения, а также к выполняемым заявителем мероприятиям для осуществления подключения;

г) гарантируемый свободный напор в месте подключения и геодезическая отметка верха трубы;

д) разрешаемый отбор объема холодной воды и режим водопотребления (отпуска);

е) требования по установке приборов учета воды и устройству узла учета, требования к средствам измерений (приборам учета) воды в узлах учета, требования к проектированию узла учета, месту размещения узла учета, схеме установки прибора учета и иных компонентов узла учета, техническим характеристикам прибора учета, в том числе точности, диапазону измерений и уровню погрешности (требования к прибору учета воды не должны содержать указания на определенные марки приборов и методики измерения);

ж) требования по обеспечению соблюдения условий пожарной безопасности и подаче расчетных расходов холодной воды для пожаротушения;

з) перечень мер по рациональному использованию холодной воды, имеющий рекомендательный характер;

и) границы эксплуатационной ответственности по водопроводным сетям организации водопроводно-канализационного хозяйства и заявителя.

При отсутствии у организации, эксплуатирующей систему водоснабжения, технической возможности подключения вследствие отсутствия свободной мощности (пропускной способности сетей и сооружений) и при отсутствии резерва мощности по производству соответствующего ресурса, необходимых для осуществления холодного водоснабжения, и при отсутствии в инвестиционной программе мероприятий, обеспечивающих техническую возможность подключения (технологического присоединения), в течение 30 дней со дня поступления заявления юридического или физического лица направляется обращение в уполномоченный орган исполнительной вла-

сти субъекта Российской Федерации (орган местного самоуправления – в случае передачи полномочий по утверждению инвестиционных программ) с предложением о включении в инвестиционную программу мероприятий, обеспечивающих техническую возможность подключения объекта капитального строительства заявителя, об установлении индивидуальной платы за подключение и об учете расходов, связанных с подключением, при установлении тарифов этой организации на очередной период регулирования.

В случае отсутствия на дату обращения заявителя утвержденных в установленном порядке тарифов на подключение (технологическое присоединение), но при включении мероприятий по увеличению мощности и (или) пропускной способности сети инженерно-технического обеспечения в утвержденную инвестиционную программу организации водопроводно-канализационного хозяйства, заключение договора о подключении откладывается до момента установления указанных тарифов.

2. ФУНКЦИИ И ОБЯЗАННОСТИ АДМИНИСТРАЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Руководство организации, эксплуатирующей системы водоснабжения и водоотведения:

а) доводит до сведения всех исполнителей понимание необходимости выпуска качественной продукции – питьевой воды и очищенной сточной воды;

б) анализирует деятельность всех подразделений организации с точки зрения обеспечения требуемого качества питьевой воды и очищенной сточной воды, услуг;

в) своевременно корректирует работу подразделений, допускающих снижение исполнительской ответственности;

г) совместно с инженерным персоналом выявляет критические точки (узлы) технологического, эксплуатационного процесса и устанавливает параметры и правила неукоснительного наблюдения за ними.

Для обеспечения эффективной работы администрация организации, эксплуатирующей системы водоснабжения и водоотведения, обязана [1]:

а) требовать от персонала безусловного выполнения возложенных на него обязанностей и распоряжений администрации, не оставляя без рассмотрения и дисциплинарных мер воздействия нарушения технической и производственной дисциплины;

б) способствовать повышению технических знаний эксплуатационного персонала путем организации технического обучения, инструктажа на рабочих местах, обмена передовым опытом, общественного разбора рационализаторских предложений и др.;

в) проводить анализ и обсуждение причин нарушений и аварий в работе сетей и сооружений и рассматривать мероприятия по их предотвращению с участием эксплуатационного персонала и ремонтных бригад;

г) проводить с эксплуатационным персоналом и ремонтными бригадами занятия по обнаружению, локализации и ликвидации наиболее характерных аварий и противоаварийные тренировки;

д) соблюдать установленные лимиты водопользования;

е) проверять знания правил технической эксплуатации и Правил техники безопасности рабочими и инженерно-техническим персоналом и проводить обучение;

ж) соблюдать лицензионные требования и условия осуществления эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации, в том числе экологические, санитарно-эпидемиологические, гигиенические, противопожарные нормы и правила, положения о лицензировании конкретных видов деятельности, требующих специальных условий для их осуществления.

В функции организации, эксплуатирующей систему водоснабжения и водоотведения, входит [1]:

а) административно-хозяйственное и техническое руководство всеми подразделениями и предприятиями, находящимися в ее ведении;

б) разработка планов организационно-технических мероприятий по повышению надежности, экономичности и качества представления услуг и систематический контроль за их выполнением;

в) содержание в исправном состоянии сооружений, коммуникаций и оборудования;

г) систематический контроль качества исходной и очищаемой воды на всех основных этапах ее обработки;

д) ведение учета забираемых, используемых и сбрасываемых вод, количества загрязняющих веществ в них;

е) разработка и осуществление мероприятий по предупреждению аварий и брака в работе, по улучшению состояния техники безопасности, производственной санитарии и охраны труда, учет неполадок, случаев травматизма и аварий;

- ж) организация планово-предупредительных ремонтов;
- з) обеспечение подразделений документацией: общей нормативной, специальной технической и технологической, инструкциями по эксплуатации приборов, механизмов и сооружений, рабочей документацией, документацией по охране труда, а также необходимыми материалами, запасными частями, механизмами, спецодеждой, инструментами и т.д.;
- и) технический надзор за строительством и реконструкцией и техническая приемка в эксплуатацию новых и реконструированных сооружений, коммуникаций и оборудования;
- к) хранение технической документации (материалов изысканий, проектов, исполнительных чертежей и пр.);
- л) проведение паспортизации и инвентаризации сооружений, коммуникаций и оборудования;
- м) составление эксплуатационных и должностных инструкций, оперативных схем управления и диспетчеризации;
- н) контроль состава и количества сточных вод абонентов, принимаемых в систему коммунальной канализации;
- о) первичный учет вод, забираемых из водных объектов и сбрасываемых в них, по формам и в сроки, согласованные с местными органами управления использованием и охраной водного фонда;
- п) составление и передача вышестоящим организациям отчетных документов по соответствующим формам;
- р) проведение оценки и контроля показателей надежности сетей, отдельных сооружений и оборудования ВКХ (водопроводно-канализационного хозяйства);
- с) разработка предложений по развитию систем водоснабжения и водоотведения.

Вопросы взаимодействия эксплуатирующей системы водоснабжения и водоотведения организации и Государственной противопожарной службы (ГПС) регламентируются соглашениями между соответствующими организациями ВКХ и тер-

риториальными органами управления ГПС МЧС РФ, ГУВД, УВД субъектов Российской Федерации [1].

Для своевременного и четкого решения вопросов использования систем водоснабжения для тушения пожаров и обеспечения максимальной водоотдачи сетей в районах возможного возникновения крупных пожаров организация ВКХ совместно с подразделениями противопожарной службы разрабатывает план взаимодействия, учитывающий местные условия [1].

При возникновении аварий на сооружениях, сетях, оборудовании систем водоснабжения и канализации организация ВКХ немедленно принимает меры для быстрого обнаружения, локализации и полной ликвидации возникших аварий и ликвидации их последствий [1], а также информирует соответствующие органы государственной власти, подразделения Государственной противопожарной службы, местного самоуправления и Роспотребнадзор в установленные сроки [1].

2.1. Эксплуатационный персонал и его подготовка

Состав, численность и квалификация эксплуатационного персонала устанавливается штатным расписанием и определяется производственным предприятием исходя из производительности и степени сложности сооружений, применяемых технологических процессов, с учетом объемов работ по обслуживанию и ремонту действующих сооружений сетей. Штатное расписание утверждается в соответствии с уставными документами эксплуатирующей организации.

Эксплуатационный персонал в зависимости от выполняемых служебных обязанностей подразделяется на административно-технический, оперативный и ремонтный [1].

В составе эксплуатационного персонала очистных сооружений водопровода и станции очистки сточных вод должно быть:

а) лицо, ответственное за общее состояние и работу очистных сооружений – *начальник очистных сооружений (группы сооружений)*;

б) лицо, непосредственно ответственное за качество питьевой и сточной воды, назначение технологического режима обработки воды, своевременный контроль технологического и санитарного режима работы очистных сооружений на всех стадиях водообработки, своевременный заказ и учет реагентов, организацию сменного дежурства, своевременный ремонт технологического оборудования и сооружений, охрану труда и технику безопасности – *главный инженер (технолог) очистных сооружений*;

в) лицо, ответственное за организацию и ведение лабораторных работ, своевременный контроль качества очистки воды, установление требуемых доз реагентов, своевременный заказ и контроль качества реагентов, поступающих на сооружения – *заведующий лабораторией*;

г) лица, несущие сменные дежурства на очистных сооружениях и ответственные за работу смены на подведомственном им участке – *старший дежурный (инженер, техник, мастер)*;

д) лица, осуществляющие посменно все необходимые технологические операции в цехах и контрольные функции в лаборатории – *операторы, коагулянтистики, хлораторстики, грузчики, лаборанты-химики и др.*;

е) лица, ответственные за техническую эксплуатацию электрического и механического оборудования, контрольно-измерительных приборов и т.д. – *инженеры, мастера, электрики, слесари и др. (ПТЭ)*.

В процессе эксплуатации каждый сотрудник должен руководствоваться своей должностной инструкцией, паспортом на отдельные аппараты и установки, регламентом на эксплуатацию отдельных сооружений, а также инструкциями, правилами по охране труда и техники безопасности.

Порядок эксплуатации сооружений и оборудования устанавливается руководством организации, эксплуатирующей системы водоснабжения и водоотведения, оформляется приказом и отражается эксплуатационными инструкциями. Таким же образом устанавливается порядок выполнения ремонтных работ: собственными ремонтными бригадами, ремонтными службами предприятий Водоканала (водопроводных станций, станций аэрации, насосных станций и т.п.) или субподрядными специализированными организациями.

Все оборудование предприятия закрепляется за службами (цехами, участками и т.п. подразделениями), осуществляющими профилактику и ремонт оборудования. Во всех случаях оперативное обслуживание этого оборудования осуществляется оперативным персоналом, который допускает ремонтный персонал к работе на оборудовании.

Порядок взаимоотношений ремонтного и оперативного персонала устанавливается приказом руководства предприятия или Водоканала и регламентируется соответствующими эксплуатационными инструкциями.

Руководство эксплуатирующей организации устанавливает потребность организации в специальной подготовке кадров. С этой целью разрабатываются планы подготовки, переподготовки исполнителей различных уровней, подготавливаются программы обучения исполнителей различных уровней и профилей [1].

Непосредственно в эксплуатирующей организации могут осуществляться следующие формы обучения производственного персонала:

- а) производственно-технические курсы;
- б) курсы обучения вторым и совмещенным профессиям;
- в) курсы целевого назначения;
- г) школы по изучению передовых методов труда;
- д) школы мастеров.

Обучение может быть организовано на базе средних и высших специальных учебных заведений.

На производственном предприятии должны быть созданы учебно-технические кабинеты с необходимым оборудованием,

инвентарем, учебно-наглядными пособиями, а также техническая библиотека. Особое внимание следует уделять регулярно-му пополнению и обновлению технической библиотеки вслед за изменением нормативных документов, а также поступлению в нее периодических изданий по вопросам водоснабжения и водоотведения, строительства, сметного дела и т.п.

При приеме на работу в организацию, эксплуатирующую системы водоснабжения и водоотведения, лица, работа которых связана с непосредственным обслуживанием, ремонтом, испытанием и наладкой работы сооружений, коммуникаций, оборудования, проходят освидетельствование в соответствии с Приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 12.04.2011 г. № 302н «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда».

Примечание. Персонал, связанный с эксплуатацией сооружений и установок, содержащих сжиженный или газообразный хлор (аммиак), в том числе связанный с перевозкой и сопровождением хлора (аммиака), персонал газоспасательных и аварийных служб должен проходить профессиональный отбор с обязательным психологическим тестированием по методикам, утвержденным Госгортехнадзором России.

На инженерно-технические должности назначаются специалисты и лица с высшим и средним специальным образованием.

До назначения на самостоятельную работу или при переводе на другую работу (должность) работники должны пройти:

- а) специальную подготовку;
- б) обучение на рабочем месте;
- в) проверку знаний правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и кана-

лизации, правил техники безопасности [4], производственных и должностных инструкций в объеме, обязательном для занимаемой должности.

Примечание. 1. Для лиц, обслуживающих электроустановки, обязательны знания соответствующих Правил [4].

2. Для лиц, связанных с эксплуатацией сооружений и установок, содержащих сжиженный или газообразный хлор (аммиак), в том числе связанных с перевозкой и сопровождением хлора (аммиака), персонала газоспасательных и аварийных служб обязательны знания Правил [1].

Первичной проверке знаний подлежит весь персонал производственного предприятия, включая руководящих и инженерно-технических работников. Каждому работнику, успешно прошедшему первичную проверку знаний, выдают удостоверение. Работники, связанные с обслуживанием электроустановок, получают специальное удостоверение о присвоении квалификационной группы согласно правилам техники безопасности.

Очередную периодическую проверку знаний проводят для рабочих ежегодно, для ИТП – один раз в 3 года. Проверку знаний осуществляет квалификационная комиссия, назначенная руководителем предприятия и состоящая не менее чем из трех человек.

Лицам, получившим при очередной проверке знаний неудовлетворительную оценку, назначают повторную проверку знаний не позднее чем через месяц после первой проверки. Работник, вторично получивший неудовлетворительную оценку, должен быть понижен в должности на срок до 3 месяцев с правом сдачи нового экзамена в течение этого срока.

Систематическую подготовку персонала организуют и лично контролируют руководитель и главный инженер производственного предприятия.

Лица, нарушающие ПТЭ [1], правила техники безопасности или производственные инструкции, подвергаются внеочередной проверке знаний, объем и сроки которой устанавливает руководитель предприятия.

2.2. Обязанности дежурного персонала

Обязанности дежурного персонала определяются должностными инструкциями, утвержденными администрацией эксплуатирующей организации.

Дежурный персонал отвечает за правильное обслуживание и бесперебойную работу сооружений и оборудования, а также за санитарное состояние на своем участке.

Во время дежурства персонал обязан:

а) обеспечить заданный режим работы сооружений и оборудования в соответствии с графиками, инструкциями и оперативными распоряжениями;

б) оперативно выполнять распоряжения дежурного из вышестоящего подразделения;

в) систематически проводить обход и осмотр сооружений и оборудования;

г) вести контроль за работой сооружений и оборудования по контрольно-измерительным приборам;

д) своевременно записывать в журналы эксплуатации показатели работы сооружений и оборудования, а также результаты обходов и осмотров;

е) докладывать вышестоящему дежурному обо всех отклонениях от заданных режимов работы сооружений и оборудования;

ж) строго соблюдать и требовать соблюдения другими установленных на данном участке правил и инструкций;

з) не допускать на свой участок лиц без специальных допусков или разрешения администрации.

При возникновении аварий дежурный персонал обязан:

а) немедленно доложить об аварии вышестоящему дежурному или диспетчеру;

б) принять меры по ликвидации аварии в соответствии с должностной инструкцией.

Дежурный персонал должен принимать и сдавать смену в соответствии с местными инструкциями. При этом он обязан:

а) ознакомиться с инструкциями и распоряжениями, вышедшими за время, прошедшее с его прошлого дежурства;

б) ознакомиться с состоянием и режимом работы сооружений и оборудования на своем участке путем личного осмотра;

в) проверить наличие инструмента и других необходимых эксплуатационных материалов, принять ключи от помещений, журналы и ведомости;

г) убедиться в исправности всех противопожарных средств, средств аварийного освещения и связи;

д) оформить приемку и сдачу смены записью в журнале или ведомости за подписями сдающего и принимающего;

е) сообщить вышестоящему дежурному о принятии дежурства и о недостатках, замеченных при приемке смены.

Уход дежурного без сдачи смены запрещается. В случае неявки очередной смены дежурный обязан сообщить об этом вышестоящему дежурному и продолжать исполнение обязанностей до особого распоряжения.

2.3. Обязанности инженерно-технического персонала

Обязанности административно-технического персонала регламентируются «Положением о подразделении», которое утверждается руководством организации.

Инженерно-технический персонал подразделений производственного персонала предприятия обязан:

а) руководить работой производственного и ремонтного персонала;

б) обеспечить рабочие места должностными и эксплуатационными инструкциями, правилами техники безопасности и пожарной охраны, указаниями по предотвращению аварий, инструкциями по гражданской обороне и ознакомить с ними каждого работника;

в) контролировать заданные режимы работы сооружений и оборудования;

г) разрабатывать дефектные ведомости по текущему и капитальному ремонту зданий, сооружений и оборудования,

составлять графики работ и обеспечивать их проведение в установленные сроки;

д) оформлять заявки на материалы, оборудование, запчасти и т.д;

е) следить за правильностью ведения журналов и ведомостей учета работы сооружений и оборудования, наличием паспортов и другой документации, своевременно их при необходимости корректировать;

ж) составлять отчеты о работе сооружений и оборудования.

Основные направления совершенствования эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения:

а) максимальная механизация и автоматизация трудоемкого и ручного труда;

б) совершенствование производства на основе интенсивных методов – модернизации и интенсификации существующего оборудования, сетей и сооружений, внедрения новых научно-исследовательских разработок;

в) внедрение бригадного подряда, принципа хозрасчета на всех уровнях;

г) разработка и осуществление мероприятий по резкому снижению размеров утечек и непроизводительного потребления воды;

д) укрепление производственной дисциплины и повышение качества эксплуатации и, в частности, ремонтных работ;

е) строгое соблюдение правил технической эксплуатации и правил техники безопасности и систематическое повышение квалификации работников;

ж) на средних и крупных предприятиях – разработка и внедрение автоматических систем управления (АСУ) технологическими операциями;

з) максимальное обеспечение всех абонентов приборами учета потребляемой воды и строгий контроль и анализ её потребления;

и) привлечение и модернизация сил и средств промышленных предприятий.

к) изучение работы отдельных сооружений и оборудования, внесение предложений по внедрению новой техники, усовершенствованию технологии процессов, улучшению конструкции сооружений и оборудования;

л) организация повышения квалификации персонала;

м) проведение занятий и инструктаж по технике безопасности с обслуживающим персоналом; постоянный контроль соблюдения правил по технике безопасности.

2.4. Диспетчерская служба

Общее оперативное руководство эксплуатацией систем водоснабжения и водоотведения и поддержание заданных режимов работы возлагается на диспетчерскую службу. Диспетчерская служба – это система централизованного управления и контроля под единым руководством, позволяющая в кратчайшие сроки согласовывать работу отдельных элементов и структурных подразделений предприятия.

Основными задачами диспетчерской службы являются:

а) руководство эксплуатацией систем водоснабжения и канализации в целом и отдельных цехов, сооружений и коммуникаций;

б) обеспечение заданных режимов работы систем водоснабжения и канализации, их корректировка и разработка новых эксплуатационных режимов;

в) контроль за исправным функционированием средств диспетчерского управления объектами Водоканала;

г) обеспечение оперативной связи с подразделениями Государственной противопожарной службы, городскими службами МЧС, газоспасательными службами и органами местного самоуправления;

д) контроль за ведением аварийных работ на сетях и сооружениях;

е) прием заявок на устранение повреждений и аварий, распределение аварийных бригад, автотранспорта и аварийных материалов, механизмов и оборудования;

ж) осуществление мероприятий по обеспечению необходимой водоподачи системой водоснабжения в районе возникшего пожара.

В зависимости от схемы и величины систем водоснабжения и водоотведения, технологических особенностей и других местных условий диспетчерская служба может выполняться:

- а) одноступенчатой;
- б) двухступенчатой;
- в) трехступенчатой.

Одноступенчатая схема применяется в населенных пунктах с протяженностью сети не более 50 км и представляет собой диспетчерский пункт, управляющий сооружениями, сетями и агрегатами.

Двухступенчатая система включает в себя два уровня управления: местный (местные диспетчерские пункты, управляющие работой отдельных сооружений, и сети отдельных районов) и центральный (центральный диспетчерский пункт), координирующий работу всех местных диспетчерских пунктов. Местные диспетчерские пункты (МДП) располагают на территории очистных сооружений с координацией работы сооружений и насосных станций первого и второго подъема или главных канализационных насосных станции, а также на территории базирования бригад обслуживания водопроводных и канализационных сетей района. В задачу МДП очистных сооружений входит управление работой насосных агрегатов, дозированием реагентов и оперативными задвижками. Центральный диспетчерский пункт обеспечивает контроль и корректировку предварительно разработанного режима работы сооружений с учетом возможных непредвиденных обстоятельств, а также использование резервов, для чего туда передаются

основные показатели работы сооружений (положение главных задвижек, аварийные участки, давление в основных контрольных точках и т.д.).

Трехступенчатая схема предусматривает наличие местных диспетчерских пунктов, координирующих их действие районных диспетчерских пунктов и центрального диспетчерского пункта. Данная схема организации используется только в исключительных случаях, для особо крупных городов и в сложных системах ВВ.

В диспетчерском пункте располагаются следующие помещения: зал (кабинет) дежурств, технические помещения, предназначенные для размещения различной аппаратуры, контрольно-ремонтная мастерская с дежурным персоналом и вспомогательные помещения. В зале (кабинете) дежурств располагается рабочее место диспетчера, которое оборудуется средствами связи (радио, телефонной проводной и сотовой), компьютерной техникой с программным обеспечением, позволяющим аудиовизуально контролировать рабочие параметры и управлять оборудованием, а также средствами визуализации для отображения в крупном масштабе всей схемы или отдельных ее элементов в виде схем или видеоизображения. Информация о состоянии оборудования, датчиков расхода, давления и т.д. передается на диспетчерский пункт через определенные промежутки времени (от нескольких секунд до одного часа), непрерывно в течение суток. В последнее время для данных нужд находят свое применение каналы GSM-связи, которые по сравнению с кабельными сетями обладают большей мобильностью и доступностью.

Находящийся на рабочем месте диспетчер в административно-техническом подчинении у начальника или главного инженера объекта, а в оперативном – у диспетчера вышестоящей диспетчерской службы или главного диспетчера. Распоряжения, отдаваемые диспетчером подчиненным, являются

обязательными к исполнению в кратчайшие сроки. В обязанности диспетчера входит:

а) контролировать поддержание заданных режимов работы сооружений и оборудования;

б) корректировать заданные режимы при необходимости повышения надежности работы сооружений и эффективности технологического процесса;

в) осуществлять оперативное руководство персоналом смен участков и подразделений по включению и отключению оборудования, сооружений, установок и сетей;

г) запрашивать сведения о состоянии оборудования и режимных параметрах сооружений у дежурных операторов;

д) своевременно сообщать руководству предприятия Водоканала сведения о нарушениях и авариях;

е) руководить действиями персонала по локализации и ликвидации аварий;

ж) вести оперативный журнал с регистрацией оперативных действий, замеченных во время дежурства отклонений и неполадок в работе сооружений, а также служебных переговоров с дежурным персоналом;

з) вести техническую отчетность по смене;

и) ставить в известность руководящих работников предприятия Водоканала об авариях и тяжелых несчастных случаях;

к) регистрировать в оперативном журнале аварийные случаи с указанием времени возникновения и характера аварии, а также оперативные мероприятия, принятые для локализации и ликвидации аварий;

л) систематически обобщать и анализировать опыт эксплуатации сооружений Водоканала для выявления наиболее экономичных и надежных эксплуатационных режимов;

м) участвовать в разработке и внедрении мероприятий по улучшению и совершенствованию режимов работы сооружений Водоканала;

н) анализировать причины аварий и неполадок и принимать участие в разработке мероприятий по повышению

надежности работы как всей системы, так и ее отдельных элементов;

о) осуществлять оперативную связь с подразделениями Государственной противопожарной службы, направлять представителя предприятия Водоканала на место возникновения пожара для оказания помощи пожарным подразделениям в обнаружении и использовании пожарных гидрантов;

п) информировать местные органы Государственного санитарно-эпидемиологического надзора об авариях на сооружениях и сетях водоснабжения и водоотведения;

р) ставить в известность об авариях на сооружениях и сетях систем водоотведения местные органы по регулированию использования и охране вод, а на водопроводных сетях – подразделения Государственной противопожарной службы.

В компетенцию диспетчера также входит оперативное решение вопросов и действий, связанных с обеспечением надежности, бесперебойности и экономичности работы отдельных сооружений или всей системы, требующих координации со стороны диспетчера.

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

а) оперативные схемы основных коммуникаций, сооружений и средств регулирования, управление которыми осуществляет диспетчер;

б) планшеты в масштабе 1:2000, каждый из которых охватывает территорию объекта управления площадью 1000 · 1000 м со всеми подземными коммуникациями и сооружениями, имеющимися в натуре. На планшетах должны быть указаны номера колодцев (камер), установленное в них оборудование и контрольно-измерительная аппаратура;

в) схемы коммуникаций и характеристики оборудования;

г) графики и режимные карты сооружений и оборудования;

д) планы текущего и капитального ремонтов сооружений;

е) полный комплект действующих эксплуатационных руководств, включая настоящие ПТЭ, правила техники безопасности и инструкцию взаимодействия службы сетей водоснабжения с органами пожарной охраны, а для оперативного персонала объектов (насосных станций и т.п.), обслуживающих электроустановок – действующие правила технической эксплуатации и правила техники безопасности электроустановок;

ж) список служебных и домашних телефонов руководящего персонала производственного предприятия водоснабжения и канализации и их адреса;

з) список и телефоны различных служб города – энергоснабжающей организации, горгаза, пожарной охраны, органов Министерства по чрезвычайным ситуациям, органов Государственного санитарно-эпидемиологического надзора, органов управления использованием и охраной водных ресурсов.

При оснащении диспетчерского пункта компьютерной техникой указанные оперативные материалы следует перевести на дискеты и занести в память компьютера.

Наибольшее внимание при рассмотрении схемы диспетчеризации следует уделить возможности создания автоматизированных систем управления (АСУ), которые должны охватывать все подразделения и виды деятельности предприятия. Внедрение таких систем должно происходить поэтапно с целью экономии средств и определения «узких» мест внедренного ранее продукта с внесением изменений в последующие. Разновидностью АСУ является автоматическая система управления технологическими процессами (АСУ ТП), предназначенная для повышения эффективности управления основной деятельностью. Эта задача решается путем оперативного контроля технологических режимов подъема воды, ее обработки, подачи и распределения или водоотведения и оптимального управления этими процессами с использованием средств вы-

числительной техники. Каждый технологический цикл производства имеет следующие функции:

– *информационно-вычислительные*: сбор и первичная обработка информации; контроль работы оборудования; контроль за состоянием технологических режимов, включающий контроль отклонения параметров, диагностику нарушений технологических режимов; выдача рекомендаций по исправлению того или иного нарушения;

– *управляющие*: регулирование отдельных технологических переменных; дистанционное управление основными агрегатами; прогнозирование хода технологического процесса; формирование и выдача рекомендаций по оптимальному ведению технологического процесса;

– *контроль оборудования*: расчет времени простоя оборудования за смену, сутки и т.д.; расчет времени работы оборудования до профилактического ремонта; формирование сводной информации о работе оборудования.

2.5. Должностные инструкции

Эксплуатация всех сооружений и оборудования осуществляется в соответствии с должностными и эксплуатационными инструкциями, разрабатываемыми производственным предприятием или его подразделениями (службами) на основе настоящих правил, других инструктивных документов, инструкций заводов-изготовителей с учетом местных условий.

Инструкции должны быть подписаны руководителем (технологом) подразделений (служб), утверждены администрацией предприятия и выданы под расписку лицам, для которых знание данных инструкций и сдача проверочных испытаний по ним обязательны.

В инструкциях должны быть четко определены:

а) права, обязанности и ответственность обслуживающего персонала;

б) последовательность операций по пуску, остановке и производству технологических процессов;

в) порядок обслуживания сооружения и оборудования в эксплуатационном режиме, а также при возможных нарушениях нормальной работы.

г) порядок технологического контроля работы сооружений;

д) порядок и сроки проведения осмотров, ревизий и ремонтов сооружений и оборудования;

е) меры по предупреждению аварий, а также действия персонала при их возникновении и ликвидации;

ж) меры по ТБ;

з) персональная ответственность за выполнение операций, предусмотренных должностными инструкциями, а также инструкциями по обслуживанию и ремонту оборудования.

2.6. Техническая документация

Обеспечение нормального процесса эксплуатации требует наличия технической информации по сетям и сооружениям как в исходном виде (после строительства), так и после выполнения ремонтных работ. Накопление и систематизация такой информации входит в задачу архива эксплуатирующей организации. В архив поступает техническая, эксплуатационная и исполнительная документация, а также материалы инвентаризации и паспортизации. Особое внимание следует уделять комплектности поступающих материалов и их актуализации, т. е. необходимо требовать от производственных и технических служб предприятия и подразделений своевременно вносить в документацию исправления, отражающие произведенные в процессе эксплуатации изменения конструкций, схемы, условий эксплуатации сооружений, оборудования, коммуникаций и средств контроля и автоматизации, электромонтажные и принципиальные схемы электрооборудования. Изменения следует вносить немедленно после оформления актов о приемке и пуске в эксплуатацию сооружений и оборудования, подвергшихся изменениям.

Всю документацию (схемы и чертежи) и внесенные в нее изменения необходимо оформлять в соответствии с действующей инструкцией по составлению, оформлению и хранению чертежей.

Техническая и эксплуатационная документация сооружений и установок, содержащих токсичные и (или) взрывопожароопасные вещества, порядок ее изменения и внесения изменений в технологию, аппаратурное оформление, системы управления, связи и оповещения, системы защиты должны соответствовать требованиям Правил (Правила безопасности производств хлора и хлорсодержащих средств: Приказ Ростехнадзора от 20.11.2013 г. № 554, СанПиН 2.1.5980-00.2.1.5 Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования и охрана поверхностных вод. Санитарные правила и нормы» и т. д.).

Подразделения и службы организации ВКХ должны быть обеспечены копиями документов, необходимых для повседневного пользования при эксплуатации находящихся в ведении этих служб сооружений, оборудования, коммуникаций и средств контроля и автоматизации.

Постоянному хранению в архиве организации ВКХ подлежат:

1. Полные комплекты утвержденных технических проектов на строительство (реконструкцию) систем водоснабжения и канализации со всеми приложениями.

2. Рабочие чертежи и исполнительная документация на строительство (реконструкцию) зданий, сооружений, оборудования, коммуникаций и др.

3. Оперативные схемы систем водоснабжения и канализации населенного пункта в целом или его обособленных районов с указанием расположения всех сооружений, основных коммуникаций, средств регулирования, автоматизации и диспетчеризации в масштабе 1:2000-1:5000. На схеме должна быть нанесена сетка с указанием номеров планшетов.

4. Планшеты в масштабе 1:2000, выполненные на геодезической подоснове размером 500×500 мм (1 км²). На планшетах должны быть нанесены все имеющиеся в натуре строения, подземные коммуникации и сооружения в них. При нанесении коммуникаций систем водоснабжения и канализации должны быть указаны диаметр, длина, материал и год постройки трубопроводов; полное оборудование и номера колодцев (камер) с отметками земли, трубы или лотка; пожарные гидранты – аварийные выпуски; абонентские присоединения и их регистрационные номера.

5. Акты приемки сооружений, коммуникаций и оборудования в эксплуатацию с приложением следующих документов:

а) актов на скрытые работы по устройству оснований, фундаментов, упоров, уплотнений грунтов, изоляции и др.;

б) сертификатов и паспортов на трубы, оборудование, конструкции;

в) ведомости испытаний бетонных кубиков на прочность, если применялся товарный бетон;

г) актов санитарной обработки магистралей и сооружений;

д) сварочной ленточки с указанием фамилии сварщика и номера его удостоверения;

е) актов гидравлических испытаний коммуникаций и сооружений на прочность и герметичность;

ж) актов испытаний пожарных гидрантов на исправность и водоотдачу;

з) актов на эффект действия выпусков и вантузов;

и) исполнительных чертежей, согласованных с организациями, эксплуатирующими инженерные коммуникации, подразделениями государственной пожарной службы и другими заинтересованными организациями;

к) ведомостей отступлений, согласованных с проектной организацией, организацией ВКХ, заказчиком, Ростпотребнадзором и другими заинтересованными организациями;

л) ведомостей недоделок и сроков их устранения;
м) гарантийных паспортов строительной организации на сдаваемый объект с указанием срока ответственности строительной организации за скрытые дефекты, которые могут обнаружиться при эксплуатации;

н) журнала производства работ.

6. Акты отвода участков под сооружения водоснабжения и канализации.

7. Полный комплект паспортов и инструкций заводоизготовителей на эксплуатируемое оборудование, агрегаты, механизмы, контрольно-измерительную аппаратуру должен храниться в службе, осуществляющей профилактику и ремонт.

8. Полный комплект технических паспортов (карт) на сооружения, оборудование, коммуникации, агрегаты, подъемно-транспортное оборудование и др.

Паспорт (карта) изделия должен содержать:

а) наименование завода-изготовителя и год изготовления изделия;

б) заводской и инвентаризационный (местный) номер;

в) год начала эксплуатации;

г) группу и шифр по номенклатуре основных фондов;

д) техническую характеристику, составленную на основе данных завода-изготовителя;

е) акт заводских испытаний;

ж) данные эксплуатационных испытаний;

з) акты и данные ревизии и ремонта, а также протоколы проводившихся во время ремонта испытаний;

и) акты имевших место аварий и материалы анализа причин, вызвавших аварию;

к) данные технической статистики о времени работы и нагрузке агрегата;

л) монтажные схемы оборудования;

м) монтажные схемы автоматизации работы агрегата;

н) перечень запасных частей;

о) основные регулировочные размеры и величины для разборки и сборки;

п) балансовую стоимость.

9. Годовые технические отчеты по эксплуатации систем водоснабжения и канализации в целом и отдельных сооружений.

10. Нормативные и конструктивные документы, регламентирующие Правила проектирования, строительства и эксплуатации систем и сооружений водоснабжения и водоотведения.

Примечания. 1. Регистрационная нумерация колодцев (камер), абонентских присоединений, выпусков и других сооружений должна быть идентична для всей вышеперечисленной документации.

2. Оперативные схемы систем водоснабжения и канализации и планшеты целесообразно внести в соответствующий банк данных компьютера, снабженный специальной защитой, и хранить на дискетах.

3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОЗАБОРОВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Надежное снабжение водой из поверхностных источников предполагает ряд мероприятий: проведение наблюдения за уровнями воды в источнике за многие годы, колебанием этого уровня по периодам года, прохождением паводков, ледоставом, ледоходом, шуголедовой обстановкой, изменением берегов, наносами, физико-химическими, бактериологическими и биологическими показателями качества воды.

При приемке водозаборных сооружений проверяется:

1. Наличие разрешения на специальное водопользование.
2. Определение границ первого пояса зоны санитарной охраны.

Перед пуском в эксплуатацию необходимо:

1. Обследование и сверка исполнительной документации с проектными решениями.
2. Замеры высотного расположения приемных отверстий, значений входных скоростей.
3. Проверка доступности к запорной арматуре и подъемным механизмам, правильности монтажа всасывающих линий.
4. Работа подъемных механизмов по подъему решеток и сеток, промывочных устройств сеток, обогревающих устройств для сеток и промывочных устройств самотечных линий.
5. Проверка возможности очистки решеток в различных условиях состояния водоисточника.

Для исключения образования воронок на поверхности воды во всасывающей камере колодца необходимо соблюдать определенное соотношение между расходом воды, размерами камеры колодца и диаметром всасывающего трубопровода:

$$\frac{W_0}{Q} \geq 30 \div 35,$$

где W_0 – объем воды в колодце, м³; Q – расход откачиваемой воды, м³/с.

Увеличение подачи воды через самотечные линии без изменения диаметров последних и размеров колодца (при сохранении уровней воды в нем) может быть достигнуто герме-

тизацией береговых колодцев и созданием в них вакуума. В этом случае расход воды ($\text{м}^3/\text{с}$) можно определить по формуле

$$Q = F \cdot \sqrt{\frac{2g(\Delta h + h_{\text{вак}})}{\zeta_{\text{сист}}}},$$

где F – площадь трубопровода, м^2 ; Δh – перепад в уровнях воды в водоеме и в приточной части колодца при отсутствии вакуума, м вод. ст.; $h_{\text{вак}}$ – величина вакуума, м вод. ст.; $\zeta_{\text{сист}}$ – коэффициент сопротивления системы;

$$\zeta_{\text{сист}} = \frac{\lambda l}{d + E \zeta_m}.$$

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

При эксплуатации сифонных водозаборов необходимо соблюдать герметизацию трубопроводов и арматуры, автоматизацию удаления воздуха из сифонных линий, исключение их вибрации, связанной с появлением кавитации в нисходящих участках трубопроводов при нарушении сплошности потока в нем. Меры борьбы с кавитацией – подбор соответствующего диаметра нисходящего участка при установке на нем местного сопротивления (задвижка, штативы и т.п.).

Для защиты водоприемных устройств от шуги применяют ограждения камерного типа или шпунтовые шугоотбойные запаны, дырчатые или щелевые короба, каменную наброску, ковши-шугоотстойники и т.п.

Очистка ковша от ила – не реже 1 раза в 2–3 года. При редких чистках (1 раз в 5–7 лет) ковши зарастают водорослями, травами, кустарником.

3.1. Борьба с льдообразованием на решетках

Подводное льдообразование начинается при переохлаждении воды до $-0,03^{\circ}\text{C}$. Для предупреждения льдообразования нужно повысить температуру стержней решеток до $+0,01^{\circ}$, чтобы частицы льда не прилипали к металлическим стержням.

Меры борьбы с льдообразованием – механическая очистка решеток и обогрев.

Механическая очистка производится скребками, баграми, обратной промывкой самотечных линий (в течение 10–20 минут через каждые 2–4 часа). Этот метод эффективен при заборе воды из водоисточников, в которых образование льда происходит в небольших количествах и на короткий срок.

При интенсивном образовании льда применяется обогрев решеток паром, горячей водой или электротоком. Парообогрев или обогрев горячей водой осуществляют пропуском пара и воды через трубчатую систему решетки либо путем отвода пара или воды и распределения их перед решеткой.

Расход тепла (кДж):

$$W = W_1 + W_2,$$

где W_1 – потери тепла в водоподводящих трубопроводах; W_2 – расход тепла на нагрев воды.

Расход тепла для подводной и надводной части трубопровода определяется самостоятельно по формуле

$$W_1 = K (t_1 - t_2) L,$$

где K – коэффициент теплоотдачи на 1 м трубопровода, кДж/м·ч·°С; t_1 – температура пара или воды °С; t_2 – расчетная температура наружного воздуха °С; L – длина трубопровода, м.

Для изолированных труб, уложенных на поверхность земли,

$$K = \frac{\pi \cdot \alpha \cdot d_{из} \cdot \lambda_{из}}{1.15 \cdot d_{из} \cdot \lg\left(\frac{d_{из}}{d}\right) + \lambda_{из}},$$

где $\lambda_{из}$ – коэффициент теплопроводности изоляции (асбеста), кДж/м·ч·°С, $\lambda_{из} = 0,75$; $d_{из}$ – диаметр трубопровода с изоляцией, м; d – наружный диаметр трубопровода, м; α – коэффициент теплоотдачи, $\alpha = 147$ кДж/м·ч·°С.

Принимая $d_{из}/d = 2$, имеем $K = 4,19–5,0$ кДж/м·ч·°С.

Для неизолированных труб, уложенных на поверхность земли, $K = 460$ кДж/м·ч·°С, а под водой $K = 12570$ кДж/м·ч·°С.

Расход тепла на нагрев воды (кДж/ч):

$$W_2 = 4190 Q (t_1 - t_2),$$

где Q – расход воды м³/ч; t_2 – расчетная температура переохлажденной воды: $t_2 = -0,03$ °С; t_1 – температура, до которой необходимо довести поступающую воду: $t_1 \geq 0,01$ °С.

Расход пара (кг/ч) по массе определяем по формуле

$$q = \frac{W}{i},$$

где i – полное теплосодержание пара, кДж/кг; ориентировочно расход пара на 1 м³ поступающей воды составляет 0,15 кг.

Расчет электрического обогрева решеток сводится к определению потребного количества тепла, напряжения, величины тока, мощности и сечения кабеля.

Часовой расход тепла

$$W_4 = Q_4 4190 \Delta t,$$

где Q_4 – часовой расход воды, м³/ч; $\Delta t = 0,04$ °С.

Мощность (кВт), подводимая к решеткам

$$N = W/3600.$$

Сопротивление решетки (O_m):

$$R = c \cdot r \cdot \frac{L}{F},$$

где c – удельное сопротивление стали при нулевой температуре воды, $c = 0.1$; r – коэффициент увеличения омического сопротивления решетки (по Альбергу), при переменном токе $r = 8$; L – длина стержня решетки, м; F – поперечное сечение стержня, мм².

Необходимый ток J (А) с учетом падения напряжения, равного 10%, в питающем решетку кабеле, $J/V + 0.1 V/R$.

Сечение подводящего кабеля

$$F = 2 L N 100 / V^2 p K,$$

где L – длина кабеля, м; N – мощность, Вт, V – напряжение, В; p – падение напряжения, %; K – проводимость меди, равная 57. Напряжение рекомендуется принимать равным 50–120 В.

На хозяйственно-питьевых водопроводах периодически следует проводить дезинфекцию водоприемной и водозаборной части самотечных всасывающих труб.

Способы очистки решеток: подъем из воды, граблями, с помощью водолазов.

Осадок из колодцев и другие скопления удаляют водолазы.

Элеваторы вследствие периодической работы скоро поражаются коррозией и через 2–3 года выходят из строя.

Способы промывки самотечных труб: при диаметре до 800 мм – обратным током от насоса; скорость обратного тока должна превышать в 4–5 раз скорость при нормальной работе и быть не менее 2–2,5 м/с. Можно промывать самотечные трубы, заполняя береговой колодец до уровня, превышающего уровень воды в реке не менее чем на 1,5–2 м, и быстро открывая шиберы на самотечных трубопроводах в береговом колодце. Галереи и трубы $d > 800$ мм очищают вручную.

На основании наблюдений за водоисточником служба эксплуатации устанавливает период напряженной работы водозаборного сооружения (осенний ледоход, зимний период, половодье и т.п.) и готовит его к эксплуатации в эти периоды.

3.2. Способы борьбы с шугой (эксплуатационные)

Образование шуги серьезно сказывается на работе водозаборов, поэтому данному вопросу уделяется особое внимание.

Перед вводом в эксплуатацию производится:

1. Установка перед водоприемником винтового судна на якорях; винтовой двигатель создает в речном потоке противоток, который отбрасывает в сторону верхние, набегающие на водоприемные слои воды с шугой.

2. Устройство наплавной направляющей запани, отводящей верхний слой потока на участке от берега до водоприемника.

3. Устройство на поверхности воды хвороста или матов, уменьшающих скорость течения поверхностного слоя воды и способствующих его замерзанию.

4. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОЗАБОРОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Водозаборы всех типов подземных вод (инфильтрационные, горизонтальные, шахтные и трубчатые колодцы, каптажи) после окончания строительства и оборудования их насосами и контрольно-измерительными приборами должны быть испытаны путем пробных откачек с целью проверки работы всех водозахватных сооружений, определения производительности водозабора в целом и установления оптимального режима его эксплуатации в пределах объемов забираемой воды, зафиксированных в разрешении на специальное водопользование.

После строительства производится пробная откачка с целью проверки работы, определения производительности водозабора и установления оптимального режима его эксплуатации.

Приемка сооружений производится рабочей комиссией:

1. Замер полной глубины колодца.
2. Определение статического и динамического уровня воды, а также удельного расхода воды или производительности сооружений.
3. Проверка расположения обсадных труб (отметки низа-верха). Вертикальность колодца.
4. Крепление насосного агрегата к нижнему фланцу опорной плиты колодца.
5. Комплектность водоподъемного оборудования с автоматикой и пуска.
6. Качество выполнения бетонного фундамента для опорной плиты.
7. Положение электропривода в колодцах и его крепление к водоподъемной трубе.
8. Правильность монтажа напорного трубопровода (на участке от водозаборного сооружения до сборного резервуара) и наличие на нем задвижки, обратного клапана, манометра, водомера и крана для взятия проб воды.

Эксплуатация заключается в постоянном контроле работы, регистрации времени пуска и остановки агрегата, замере расхода воды по водомеру, текущем и капитальном ремонте. При периодической эксплуатации скважины для сохранения требуемого качества воды в ней необходимо откачивать воду через 10–15 дней до полного исчезновения в ней мути, ржавчины.

Неполадки в работе колодцев устанавливаются по степени изменения производительности, статического и динамического уровней, удельного расхода и качества воды.

К основным причинам нарушения работы колодцев относятся:

- 1) износ фильтра породой по причине:
 - а) несоответствия конструкции фильтра гранулометрическому составу водоносных пород;
 - б) повреждения водоприемной поверхности фильтра-сетки, проволоочной обмотки или каркаса фильтра;
 - в) несоблюдения правил креплений колодца;
 - г) недоведения обсадных труб до водоупорных пород;
 - д) отсутствия сальника, наличия сальника низкого качества в кольцевом зазоре между потайной фильтровой и рабочей колоннами в колодце;
 - е) отсутствия или неправильного выполнения затрубной и межтрубной цементации;
 - ж) недостаточной длины надфильтрованных труб;
 - з) плохого качества монтажа блочных фильтров;
 - и) неправильной эксплуатации колодца;
- 2) коррозия фильтров и труб при воздействии агрессивных вод, а также электрохимическая коррозия блуждающими токами;
- 3) зарастание фильтров и труб продуктами коррозии в виде гидрата окиси железа, соединений кальция и др.

Состав работ по текущему и капитальному ремонту представлен в табл. 1.

Таблица 1

Текущий и капитальный ремонт

Текущий ремонт	Капитальный ремонт
Проверка состояния скважин; пробная откачка воды	Постройка и разборка буровой вышки при капитальном ремонте скважин
Смена изношенных деталей насоса, перебивка сальников, смена электротехнической аппаратуры	Обследование технического состояния скважины, обсадных труб фильтра и их замена
Установка пневматического (или другого типа) указателя для определения статического и динамического уровней	Чистка и замена обсадных труб и фильтров
Монтаж и демонтаж водоприемных или воздушных труб эрлифта и их замена	Чистка скважин от посторонних предметов и после обвалов, подъем опущенных насосов и их деталей
Определение величины и характера засорения водоприемной части скважины; чистка водоприемной части скважины от засорения и заилиения	Переход на эксплуатацию другого водоносного слоя этой же скважины Восстановление производительности скважины путем торпедирования или обработки соляной кислотой
Опускание водоприемных и воздушных труб на новую отметку. Хлорирование скважины с целью ее обеззараживания	Цементизация затрубного и межтрубного пространства и разбуривание цементной пробки. Замена глубоководного водоподъемного оборудования. Заделка /тампонаж/ скважины и хлорирование ее после ремонта

Основные признаки неисправностей и возможные причины уменьшения производительности трубчатых колодцев приведены в табл. 2.

Таблица 2

Основные признаки и причины уменьшения
производительности артезианских скважин

Признаки уменьшения производительности скважин			Возможные причины уменьшения производительности скважины
Статический уровень	Динамический уровень	Удельный дебит	
Без изменения	Выше, чем раньше	Без изменения	Неисправность водоприемника
Постоянное понижение	Постоянное понижение	Без изменения	Увеличение районной депрессии
Периодическое понижение	Периодическое понижение	Без изменения	Влияние работы соседних скважин
Без изменения	Ниже, чем раньше	Без изменения	Неисправность водоприемной части
Ниже, чем раньше	Без изменения	Почти без изменения	Утечка воды выше динамического уровня
Ниже, чем раньше	Ниже, чем раньше	Уменьшенный	Утечка воды ниже динамического уровня

Причины выхода из строя колодца устанавливаются путем его обследования, которое включает:

- 1) сбор, изучение и анализ всей предшествующей работы колодца, включая и процесс бурения;
- 2) сверку натуральных и паспортных данных;
- 3) уточнение статического и динамического уровней воды, удельного дебита колодца при пробной откачке в период эксплуатации;
- 4) систематизацию сведений по эксплуатации колодца (время эксплуатации, перерывы, причины остановок водоподъемного оборудования);

5) осмотр устья колодца, состояния водоподъемника, по возможности проверка цементации межтрубного пространства;

6) осмотр сборного резервуара с целью установления попадания в него взвеси и образования осадка и проведение анализов этого осадка;

7) вскрытие устья колодца;

8) извлечение из колодца водоподъемного оборудования.

Обследование состояния скважины. Все полученные данные сопоставляют с существующими записями в журнале эксплуатации колодца. Затем составляют отчет, устанавливают возможные дефекты колодца, определяют предварительный объем ремонтных работ.

Очистка стенок обсадных труб и фильтров от отложений солей и продуктов коррозии производится пауком с тупыми зубьями (на трубах, не разрушенных коррозией) или металлической щеткой (на трубах, частично разрушенных коррозией).

Отложения, осевшие в забое во время очистки скважин, извлекаются желонкой и эрлифтом или предварительно установленной трубой-ловушкой с закрытым дном, которая закрепляется в необходимом месте на колонне обсадных труб; ловушка периодически извлекается и очищается от осадка.

Для очистки неглубоких скважин от пробок в большинстве случаев применяют желонки с тарельчатым клапаном. Пробки больших размеров из разнородных материалов (песок, глина и т.п.) удаляют комбинированным способом: путем разрыхления долотом или пикой и желонкой, водяной промывкой. Пробки из песка различного гранулометрического состава и мелкой гальки вымывают с помощью эрлифта с одновременной подачей воды.

Причины образования пробок: неправильное размещение сальника на надфильтровой трубе, недостаточная длина этой трубы, плохое качество гравийной засыпки.

Предупреждение образования пробок. На надфильтровую трубу плотно надевают патрубков с сальником и заливают цементным раствором поверх сальника. Нарращивают патрубок

до соответствующей длины для предотвращения поступления песка в скважину через зазор между трубами. Дополнительно засыпают гравий в зазор потайной фильтровальной колонны.

Со временем фильтры закупориваются осадками и отложениями солей. Наличие отложений определяется путем промера глубины колодцев, который осуществляется с помощью штанг, снабженных на конце желонками. По образцу пробы, извлеченной желонками из фильтра, можно установить причины заноса фильтра и характер его повреждений.

Если в скважине мелкий песок с размером частиц, меньшим размера проходных отверстий фильтра, то это несоответствие номера сеток и гранулометрического состава гравийных обсыпок составу водоносных пород.

Если в скважине разнозернистый песок с частицами, диаметр которых превышает размер отверстий фильтра, то это свидетельствует о прорыве сетки или повреждении поверхности фильтра.

Если в скважине разнозернистый песок вместе с гравием и галькой, это говорит о поступлении породы по кольцевому зазору между надфильтровой и обсадной трубами.

Очистка от осадков может осуществляться с помощью желонки, эрлифта, путем размыва грунта водой, а также комбинированными способами.

Применение желонки может вызвать уплотнение и заклинивание отверстий фильтра.

При эксплуатации колодцев в напорных водоносных слоях из мелкозернистых песков применяют способ обратной промывки.

Использование эрлифта позволяет проводить очистку в короткие сроки и исключить повреждение фильтров независимо от материала, из которого они сделаны. Эрлифтом удаляется как мелкий песок, так и гравий и галечник.

Для очистки фильтров от механического засорения применяются устройства, в которых используются гидравлический удар и вакуумирование в колодце или фильтре. Таким устройством является поршень с манжетами. Эффективным

методом очистки фильтров и повышения производительности колодцев является кислотная обработка фильтра ингибированной соляной кислотой крепостью от 18 до 35%. Ингибированные кислоты способны растворять окислы металлов (ржавчину), но не воздействуют на чистые металлы (ингибитор ПВ-5). После обработки фильтра кислотами производят откачку воды из дорабатываемого колодца и действующих колодцев, находящихся вблизи, не сбрасывая воду в открытые водоемы.

Более перспективно, по сравнению с HCl , использование порошкообразных реагентов (тиосульфата и бисульфата натрия), в значительной мере лишенных недостатков, присущих соляной кислоте и не требующих специально оборудованного транспорта.

Для восстановления производительности скважин перспективным является импульсный метод с использованием энергии взрыва детонирующего шнура и электроудара.

После производства ремонтных работ осуществляется дезинфекция надводной и подводной частей колодцев путем заполнения их на 3–4 часа хлорной водой с концентрацией хлора 50–100 мг/л с последующей откачкой воды.

Замеры уровней воды в скважине производятся электроуровнемером или пневматическим способом.

Дебит скважины:

$$Q = \frac{W}{t} \text{ (м}^3\text{/ч)},$$

где W – объем откачанной воды за время t при данном динамическом уровне.

Удельный дебит – количество воды, получаемое из скважины при понижении уровня на 1 м; при откачках $q = Q/h$ м³/ч, h – понижение уровня в скважине, м

Приборы для исследования скважины: трубомер (с роликами), печать (коническая и плоская), металлическая щетка с ловушкой.

5. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОВОДОВ И ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

Состав работ по эксплуатации включает: профилактический осмотр сети; осмотр и ремонт пожарных гидрантов и арматуры сети; измерение давлений на сети манометром; соединение и разъединение фланцев; подчеканивание раструбов и чугунных труб; постановка седелок, смена хомутов у седелок в колодце под напором; утепление сетевой арматуры и пожарных гидрантов; разборка утеплений; отогревание замерзших участков водопроводной сети и арматуры; пуск и закрытие поливочных трубопроводов; промывка домовых вводов с промывкой фасонных частей в колодце и у водомера; ремонт кирпичных колодцев со сменой чугунного штока, очистка колодцев от грязи, очистка крышки от снега и скалывание льда во круг водозабора; ремонт и проверка водомеров.

Районирование водопроводной сети производится таким образом, чтобы протяженность сети района не превышала 300-360 км, а расстояние между самыми удаленными точками было не более 10 км.

Работы по содержанию и ремонту сетей. ППО и ППР проводятся с целью предотвращения повреждений, вызываемых естественным износом.

Основным трудоемким видом работ является прочистка от отложений участков трубопроводов, промывка и дезинфекция их.

Причины отложений:

- коррозия металла труб, приводящая к образованию $\text{Fe}(\text{OH})_3$;
- выпадение из воды при движении её по трубам случайно попавших механических примесей (песок, глина, ил и т.д.);
- жизнедеятельность бактерий (например, железобактерий);
- выпадение на стенки трубопровода солей железа и кальция.

Наличие в воде хлоридов и сульфатов, особенно при концентрации более 300–400 мг/л, стимулирует образование коррозионных отложений.

Способы прочистки водопроводных труб: гидравлический (промывка), механический, гидропневматический, химический.

Промывку участков труб осуществляют не менее двух раз в год, с целью удаления из них донных отложений. Длина участка –100–250 м. Скорость течения при промывке в 2–6 раз больше, чем обычная. Для повышения скорости в трубопровод вводят деревянные или резиновые шары на тросе. Диаметр шара равен 0,5–0,8 диаметра трубы.

Гидропневматическая промывка заключается в пропуске через трубы смеси воды и воздуха в пропорции 1:6 (на 1 м³ воды 6 м³ воздуха).

При совместном движении воды и воздуха резко меняется структура их потока, в результате чего создаются завихрения. Сжатый воздух расширяется и за счет своей энергии создает увеличение скорости воздушно-водяной эмульсии, размывающей уплотнение отложений. Промывку производят на участках длиной 200–500 м. Сжатый воздух может быть взят от передвижной или стационарной установки. Для очистки трубопроводов диаметром до 300 мм используют компрессоры $Q = 5\text{--}9 \text{ м}^3/\text{мин}$ при давлении 4–7 кг/см², которое на 2–3 кг/см² должно превышать давление воды.

Механическая прочистка осуществляется путем ввода в трубопровод скребкового или щеточного очистителя, протаскиваемого при помощи троса или лебедки. Тросы должны быть многожильные стальные эластичные сечением 3–5 мм (иногда применяют трубчатые сборные шланги). Применяются также самоходные очистительные снаряды, перемещаемые по трубопроводу под напором воды или с помощью электродвигателей. Скребки на очистителе могут быть раздвижными или нераздвижными. Скорость протаскивания очистителя не должна превышать 8–10 м/мин.

Химическая очистка заключается в наполнении очищаемого участка раствором 20 % ингибированной кислоты. Длина участка 200–600 м. Продолжительность – 15–18 ч.

Прочищенные участки должны быть промыты и продезинфицированы. Продолжительность промывки определяет-

ся количеством и характером отложений, напором воды в сети и т. п. Промывка заканчивается тогда, когда выходящая вода не будет содержать отложений или иметь нейтральную реакцию. Обеззараживание прочищенного участка осуществляется введением в него хлора.

Аварийный ремонт производится в случаях обнаружения повреждений, в результате которых нарушается режим работы водопроводной сети и системы водоснабжения в целом.

Причины аварийного состояния водоводов и сетей: гидравлические удары, вибрация стыков (особенно в зыбких грунтах); повышение напоров в сетях с целью поддержания расчетных расходов воды; электрохимическая и почвенная коррозия; блуждающие токи; недоброкачественное выполнение монтажных работ; повторное воздействие на трубопроводы. Установлено, что число повреждений увеличивается с октября до февраля, при замерзании насыщенного осенней влагой грунта. При нарушении цементной и асбестоцементной заделок раструбов старая заделка должна быть обязательно вырублена и заменена новой. При ликвидации аварии заделку стыков допускается производить свинцом, резиновыми кольцами или резиновым шнуром с устройством асбестоцементного замка путем послойной чередующейся зачеканки прядей льна и асбестоцемента.

При повреждении раструбов чугунных труб либо устанавливают специальные накладные муфты, либо вырубают дефектный раструб и гладкие концы труб закрепляют подвижной муфтой. Заделка трещин и раковин на внутренней поверхности бетонных, стальных, чугунных труб может осуществляться бетонным раствором из сульфатостойкого портландцемента, наносимого на стенки труб с помощью растворонасосов с распылительной головкой, передвигающихся внутри трубопровода с помощью лебедки или самодвижущихся механизмов. Ремонт водопроводных труб может осуществляться торкретированием цементным раствором для $\varnothing > 900$ мм. Для предохранения стальных болтов от коррозии их покрывают битумным лаком.

Трубопроводы, уложенные выше глубины промерзания грунта, дополнительно утепляют или обеспечивают в них непрерывную циркуляцию воды. Для утепления арматуры в колодцах используют солому, древесную стружку, минеральную вату, войлок, паклю и др., укладывая их на поддерживающие доски (крышки) в горловинах смотровых колодцев, расположенных на 0,4–0,5 м ниже крышки колодца. Толщина слоя утепляющего материала принимается: для соломы – 6 см; древесной стружки 25–30 см; минеральной ваты – 10–15 см; войлока – 10–12 см.

Перечень неисправностей в сетях и способы их устранения приведены в табл. 3.

Таблица 3

**Перечень неисправностей
в сетях и способы их устранения**

Неисправность 1	Способ устранения 2
Наличие продольных трещин в стенках труб	Для заделки небольших продольных трещин в стенках труб ставят накладные муфты или седелки. В чугунных трубах предварительно ударом молотка (массой 1 кг) проверяют, не увеличиваются ли трещины в длину; между поверхностью трубы и муфтой прокладывают эластичную листовую резину, посредством чего достигается герметизация дефектного места. Для того чтобы в дальнейшем трещина не увеличилась в длину, на концах её высверливают отверстие диаметром 1–3 мм, трещины на стальных трубах заваривают, предварительно освободив трубопроводы от воды. До начала сварочных работ устанавливают точные границы трещин. Для этого место трещины смачивают керосином, а через 20–30 мин тщательно вытирают, затем поверхность тщательно простукивают. В тех местах, где есть трещина, керосин выступает на поверхность в виде капель
Наличие свища в трубах	Свищи диаметром не более 25мм заделывают путем рассверливания стенок трубы и последующей постановкой стальной или бронзовой пробки, обмотанной прядью на суриковую замазку или белила; групповые и одиночные свищи диаметром более 25мм в стенах чугунных труб заделываются с помощью накладных муфт седелок с хомутами с прокладкой листовой резины для герметизации

1	2
Наличие поперечных переломов труб	Переломы чугунных труб устраняют установкой накладных муфт с резиновыми уплотняющими прокладками. Часть трубы у места перелома вырубает, затем ставят новый участок трубы и закрепляют выдвигной муфтой (или двумя муфтами)
Течь в соединениях труб	Течь в соединениях труб временно (до выключения поврежденного участка) устраняют заклиниванием образовавшегося отверстия мелкими деревянными клиньями; в случае утечки воды через прокладку между фланцами подтягивают болты. Если течь не прекращается, то старую прокладку заменяют новой, при неисправности болтового соединения производится его замена. Небольшие (волосные) трещины в стальных трубах устраняют зачеканиванием. Если зачеканка не достигает цели, то место повреждения обертывают тканью, брезентом, мешковиной, войлоком или резиной, затем листовой сталью и стягивают хомутами. В случае утечки воды через закрытые задвижки, вентильные и водоразборные краны уплотняют набивкой в сальниках или же заменяют сальники. Трещины в бронзовой или стальной арматуре заплавляют; в качестве припоя используют сплав свинца и олова в пропорции 2:1. Место припоя защищают и покрывают травленой соляной кислотой

Отогревание замороженных участков водопроводной сети производят с помощью горячей воды, пара и электрического тока. Горячей водой, как правило, отогревают трубопроводы небольших сечений и арматуру, располагаемую в смотровых колодцах или неотапливаемых помещениях. При этом отогреваемые участки обертывают ветошью и поливают горячей водой. Замерзшие водомеры снимают с места установки и отогревают в теплом помещении. Отогревание замерзших участков паром более эффективно, чем горячей водой. Для этого применяют передвижные паровые котлы с транспортировкой пара к местам разогрева с помощью прорезиненных шлангов диаметром 15–20 мм, длиной 50–60 м. Отогрев арматуры в смотровых колодцах осуществляется путем подачи па-

ра в колодец, который на это время закрывается (например, соломенными матами).

Для отогревания трубопроводов пар с помощью шланга подается в замерзший трубопровод через отверстие, образованное после снятия фасонной части, или специально проделанное отверстие. По мере прогрева шланг продвигается вперед по трубопроводу на всем прогреваемом участке.

При отогреве водоразборной колонки московского типа по шлангу в течение 5–10 мин – подается пар в кольцевое пространство между наружным корпусом и штангой.

При электроотогреве сила тока (А) должна быть: для вводов в здания – не менее 200, для труб $d \leq 150$ мм – не менее 300, для труб $d > 150$ мм не менее 500. Для чугунных труб со свинцовыми стыками сила тока не должна превышать 500А.

Применяя электрообогрев, необходимо учитывать:

– электротоком можно разогревать только стальные трубы или чугунные трубы со свинцовыми стыками;

– при подключении отогреваемого участка трубопровода к трансформатору один провод присоединяют к замороженному участку, другой – к незамороженному;

– электрический ток расплавляет только незначительный слой льда, прилегающий к внутренней поверхности трубы; дальнейшее его плавление осуществляется водой, подаваемой в трубопровод через пожарный гидрант или другие устройства.

Время, необходимое для обогрева трубопровода, приведено в табл. 4.

Таблица 4

Ориентировочное время, необходимое
для отогрева трубопровода, ч

Длина трубопровода, м	10	10–50	50–100
При $d = 50$ мм	0,3–0,7	1,5–2,5	3–4,5
При $d = 100$ мм	1–1,5	2,5–3,4	4–6

5.1. Техническая эксплуатация водопроводной сети

Техническая эксплуатация водопроводных сетей предусматривает проведение планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания водопроводных сетей [7, 9, 10]. Эксплуатация систем коммунального водоснабжения ведется в соответствии с «Правилами технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации».

Система планово-предупредительного ремонта (ППР) – это совокупность организационных и технических мероприятий по надзору и всем видам ремонта трубопроводов и связанных с ними сооружений с целью предупреждения преждевременного износа трубопроводов и поддержания надежности их работы.

Техническое обслуживание трубопроводов включает выполнение периодических осмотров (общих, частичных, внеочередных).

Периодические профилактические осмотры (ППО) представляют собой комплекс профилактических мероприятий, направленных на создание наиболее благоприятных условий работы сетей, предупреждение появления неисправностей, износа и других недостатков. Они проводятся по графику, утвержденному главным инженером предприятия.

Ремонтные работы на водопроводных сетях подразделяются на два вида – текущий и капитальный.

Текущий ремонт – осуществление профилактических мероприятий и устранение мелких повреждений. Затраты по нему относятся на эксплуатационные расходы предприятия.

Текущий ремонт включает в себя такие работы, которые проводятся лишь на небольшой части ремонтируемого сооружения или оборудования и выполнение их не требует сложных технических мероприятий и приспособлений или изменения конструкции данного сооружения и замены оборудования. Ка-

чественное и своевременное выполнение текущего ремонта – залог безаварийного функционирования сооружений и оборудования в течение нормативного срока эксплуатации. Следует также учитывать, что одним из важнейших факторов снижения затрат на капитальный ремонт является соблюдение нормативных сроков текущего ремонта. Основной задачей текущего ремонта необходимо считать предохранение частей сооружений и оборудования от преждевременного износа посредством профилактических мероприятий и устранения мелких повреждений и неисправностей.

В объем текущего ремонта включаются (положение о проведении планово-предупредительного ремонта):

- а) профилактические работы, заранее планируемые;
- б) дополнительные работы, выявленные в процессе эксплуатации (непредвиденные работы, аварийный ремонт).

Выполнение текущего ремонта производится в течение года по составленным службами эксплуатации графикам на основании планово-предупредительных осмотров, а также заявок работников, ответственных за эксплуатацию сооружений и оборудования.

Текущий ремонт осуществляется силами ремонтных цехов или постоянных ремонтно-строительных бригад, либо эксплуатационным персоналом предприятия. Финансирование текущего ремонта осуществляется за счет эксплуатационных расходов. Ремонтные работы в объеме текущего ремонта, производимые в процессе капитального ремонта, осуществляются за счет амортизационных отчислений на капитальный ремонт (положение о проведении планово-предупредительного ремонта).

В процессе эксплуатации происходит износ сооружений и оборудования, физическое и моральное старение, снижающее производительность и надежность, а также экономичность. Для восстановления первоначального состояния таких сооружений или оборудования, или их модернизации осуществляют капитальный ремонт.

Капитальный ремонт – комплекс технических мероприятий, направленных на восстановление или замену изношенных труб, арматуры сооружений и устройств; проводится за счет амортизационных отчислений.

Капитальный ремонт охватывает исправление и замену больших участков или крупных элементов сооружений, а также ремонтные работы, требующие сложных технических мероприятий или связанные с изменением конструкций.

Различают комплексный и выборочный капитальный ремонт. Комплексный – предусматривает ремонт оборудования и сооружений в целом, а выборочный – ремонт отдельных конструкций.

Выборочный капитальный ремонт проводится по мере износа отдельных конструкций и в случаях (положение о проведении планово-предупредительного ремонта):

а) когда комплексный ремонт может вызвать перебои в работе отдельного цеха или предприятия в целом;

б) при значительном износе отдельных конструкций, угрожающем сохранности всего сооружения;

в) при экономической нецелесообразности проведения комплексного ремонта (снос здания, прекращение эксплуатации предприятия, предполагаемая реконструкция и т.п.).

К работам, выполняемым за счет средств капитального ремонта, могут относиться:

а) наладочные работы по установке приборов учета расхода и измерения необходимых параметров воды, газа, осадка;

б) работы по автоматизации и переходу на дистанционное управление производственных процессов;

в) наладочные работы, проводимые в целях интенсификации и оптимизации технологического режима;

г) работы по реконструкции, расширению, благоустройству и техническому перевооружению, обновлению оборудования, заменяющие капремонт и повышающие эксплуатационную эффективность;

д) работы по переобушиванию малодебитных скважин;

е) работы по перекладке участков изношенных труб;

ж) работы по очистке внутренних поверхностей трубопроводов от обрастаний и защите их от коррозии.

Перечень основных работ и примерная периодичность проведения капитального ремонта сооружений даны в прил. 1.

Так же как и текущий ремонт, капитальный ремонт производится по годовым графикам, составленным на основании данных технических осмотров персоналом ремонтно-строительных организаций или ремонтных бригад предприятия ВКХ.

Отбор объектов для капитального и текущего ремонта производится главным инженером предприятия ВКХ на основе дефектных ведомостей, составленных в результате осмотров в натуре, записей в журнале дежурств, рапортов о дефектах, а также заключений специальных комиссий, результатов обследований наладочных организаций и проектов модернизации и технического перевооружения.

На основании вышеуказанного составляются годовые графики и планы, содержащие сведения, необходимые для определения сроков и видов ремонта. Формы годовых графиков и планов приведены в прил. 2.

Финансирование капитального ремонта осуществляется за счет амортизационных отчислений, предназначенных для этих целей.

Порядок выполнения ремонтных работ устанавливается руководством ВКХ, оформляется приказом: собственными ремонтными бригадами, ремонтными службами предприятий Водоканала (водопроводных станций, станций аэрации, насосных станций и т.п.) или субподрядными специализированными организациями.

Капитальный ремонт производят силами ремонтно-строительных организаций (подрядный способ) или ремонтных бригад производственного предприятия водоснабжения и водоотведения (хозяйственный способ).

Планирование работ по ППР подразделяется на перспективное, годовое и оперативное. Для этого составляются:

- перспективные планы капитальных и текущих ремонтов;
- сводные годовые планы ремонтных работ и профилактического обслуживания;
- годовые и месячные планы-графики капитального и текущего ремонтов.

Система ППР включает следующие практические мероприятия:

- составление перечня сетей и сооружений, подлежащих ремонту;
- определение вида и характера ремонтных работ;
- определение продолжительности межремонтных периодов;
- планирование ремонтных работ;
- обеспечение технической и сметной документацией;
- обеспечение материалами и запасными частями, необходимыми для ремонтных и эксплуатационных работ;
- организация производственной базы для осуществления ремонтных работ;
- применение новейших методов ремонта;
- внедрение правил эксплуатации и техники безопасности;
- организация контроля качества ремонта.

Современная эксплуатация водопроводной сети в условиях населенных пунктов и промышленных предприятий не может быть успешной без применения современных комплексов для диагностики состояния трубопроводов, арматуры, насосного оборудования. Заблаговременное обнаружение неполадок в работе сети и оборудования позволяет избежать или, по крайней мере, снизить убытки от аварий, исключить человеческие жертвы, оптимизировать режимы работы сети, снизить эксплуатационные расходы, особенно затраты на электроэнергию, избежать излишних расходов воды и, как

следствие, удерживать тариф на воду в приемлемом интервале цен, обеспечивая возможность оплаты его всеми категориями водопотребителей.

5.2. Контрольные испытания водоводов и сетей

В ходе контрольных гидравлических испытаний водопроводов производятся следующие работы: манометрическая съемка; измерение гидравлических сопротивлений трубопроводов; контрольные испытания на утечку; снятие фактических характеристик насосов.

При манометрической съемке измеряют свободные напоры в различных точках сети. Для этого используются образцовые манометры класса 0.4. Они устанавливаются в колодцах, наиболее близких к узлам сети, где есть пожарные гидранты или заранее предусмотрены штуцера для подключения манометров. Манометрическая съемка должна производиться одновременно во всех испытываемых точках, по возможности, при неизменных условиях работы сети и водоводов в часы максимального (с 11 до 15) и минимального (1–5) водопотребления.

Измерение гидравлических сопротивлений производят для того, чтобы определить степень зарастания труб и, соответственно, изменение их пропускной способности. Методика проведения испытаний зависит от диаметра трубопроводов и осуществляется следующими способами:

- сбросом воды через один пожарный гидрант (на линиях диаметром до 300 мм); при этом расход воды составляет не более 20-30 дм³/с;
- сбросом воды через несколько последовательно расположенных пожарных гидрантов или сбросом воды через стендер, снабженный специальной насадкой (для линий диаметром до 400 мм);
- способом трех манометров.

На рис. 1 схематично представлен участок трубопровода с установленными на нем тремя пожарными гидрантами. На двух пожарных гидрантах установлены стендеры с манометрами, третий стендер оборудован сбросной трубой и водомером (или насадкой). Перед началом испытаний определяют геодезические отметки установленных манометров и расстояния между гидрантами.

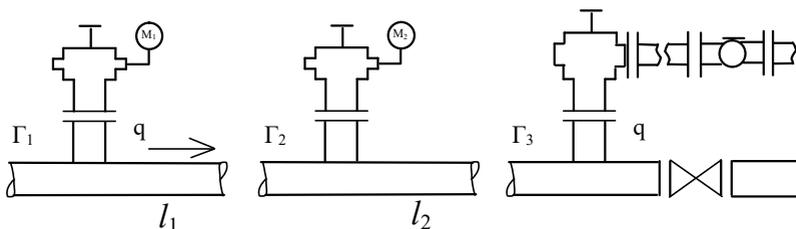


Рис. 1. Схема гидравлического испытания трубопровода

Порядок проведения работ: закрывается задвижка на водоводе, определяются показания манометров и водомера, затем производится сброс воды через третий стендер. Величину расхода определяют либо как разницу показаний водомера за период времени Δt , либо объемным способом по наполнению тарированной емкости (например, бака поливочной машины) за время t .

При закрытой задвижке и отсутствии сброса через гидрант Γ_3 показания манометров будут отличаться на величину разности их геодезических отметок.

Фактическое удельное сопротивление трубопровода определяется по формуле

$$A_{\text{факт}} = \Delta h / \ell \cdot Q^2,$$

$$\Delta h = (M_1 + Z_1) - (M_2 + Z_2),$$

где Q – расход воды, сбрасываемой при испытаниях, $\text{м}^3/\text{с}$;
 ℓ – расстояние между образцовыми манометрами (осями гидрантов), м; Z_i – геодезическая отметка точки, в которой установлен манометр.

Степень зарастания испытываемого трубопровода характеризуется соотношением

$$K_c = \frac{A_{\text{факт}}}{A_{\text{таб}}},$$

где K_c – коэффициент увеличения сопротивления; $A_{\text{табл}}$ – удельное сопротивление трубопровода данного диаметра; $A_{\text{факт}}$ – фактическое удельное сопротивление трубопровода.

Определение фактического сопротивления способом трех манометров заключается в том, что на участке трубопровода (рис. 2) с помощью образцовых манометров производится измерение давлений в трех точках: в начале, середине и в конце. Водоразбор отсутствует, а постоянство расхода подтверждается постоянством разниц показаний манометров. Затем в районе установки среднего манометра, в течение определенного времени организуется постоянный отбор воды с фиксированным расходом. Фиксируются показания манометров и приборов – измерителей расхода.

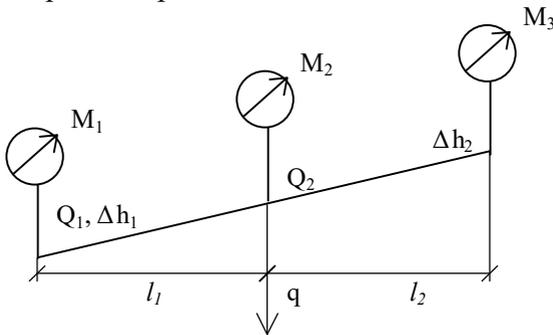


Рис. 2. Принципиальная схема испытания методом трех манометров

Удельное сопротивление $A_{\text{факт}}$ вычисляется с помощью уравнения баланса расхода воды в точке сброса, т.е. исходят из того, что на участке 1–2 расход воды составлял Q_1 , а на участке 2–3 – Q_2 , уменьшенный на величину q :

$$Q_1 = q + Q_2$$

или
$$Q = \sqrt{\frac{\Delta h_1}{A_{\text{факт}} \cdot \ell_1}} = q + \sqrt{\frac{\Delta h_2}{A_{\text{факт}} \cdot \ell_2}},$$

где Q_1 и Q_2 – расходы по участкам, $\text{м}^3/\text{с}$.

Отсюда
$$A_{\text{факт}} = \frac{1}{q} \left(\sqrt{\frac{\Delta h_1}{\ell_1}} - \sqrt{\frac{\Delta h_2}{\ell_2}} \right)^2,$$

где Δh_1 и Δh_2 – потери напора на участках длиной ℓ_1 и ℓ_2 соответственно, т.е.

$$\Delta h_1 = (M_1 + Z_1) - (M_2 + Z_2),$$

$$\Delta h_2 = (M_2 + Z_2) - (M_3 + Z_3).$$

Важным условием этих испытаний является предположение, что отсутствуют утечки (скрытые порывы) на обследуемых участках.

При испытаниях на участке между манометрами M_1 и M_3 все водопотребители должны быть отключены. Для получения результатов с погрешностью до 5% расход q должен составлять не менее 10-15% от транзитного расхода Q_1 .

Контрольные испытания на утечку могут быть проведены одним из следующих способов:

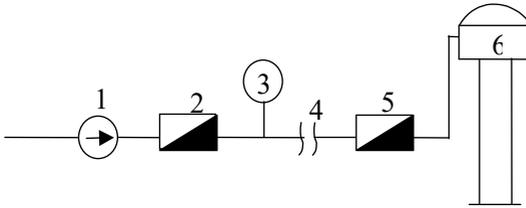
- с помощью водомеров;
- по падению уровня воды в баке водонапорной башни или в стояке;
- с помощью контактных индикаторов давления, действующих постоянно во время эксплуатации сетей;
- аналитически.

Варианты реализации способов определения величины утечки с помощью водомеров, водонапорной башни, манометров представлены на рис. 3.

Определение утечки с помощью водомеров заключается в следующем: величина возможной утечки составляет разницу

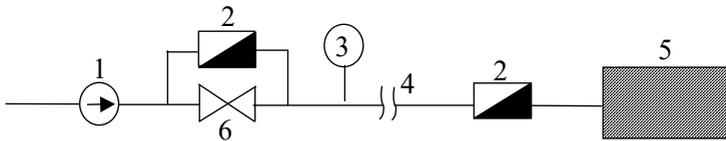
между показаниями водомеров (рис. 3, *a*, *б*), при отсутствии водоразбора на участке между водомерами.

Правильность показаний водомеров, располагаемых вблизи емкостей водонапорной башни и резервуара чистой воды, может быть подтверждена объемным способом, т.е. по объему воды, поступившему в емкости в течение времени испытаний, при условии отсутствия из них водоразбора.



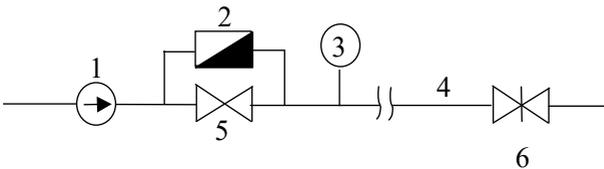
1 – насос; 2 и 5 – водомеры; 3 – манометры; 4 – трубопровод; 6 – башня.

a)



1 – насос; 2 – водомер; 3 – манометр; 4 – трубопровод; 5 – резервуар; 6 – задвижка.

б)



1 – насос; 2 – водомер; 3 – манометр; 4 – трубопровод; 5 и 6 – задвижки.

в)

Рис. 3. Схемы определения величины утечки воды:
a – водомерами; *б* – водомером, поставленным на обводной линии;
в – манометром

При выключении насоса (см. рис. 3) показания манометра, в случае отсутствия утечек, в течение определенного времени должно быть постоянным. Изменение показаний манометра (падение) говорит о наличии утечки, а ее величина может быть определена как разница объемов воды в баке водонапорной башни за выбранный нами промежуток времени (выбор промежутка времени зависит от скорости падения давления, т.е. изменения показаний манометра).

В случае, изображенном на рис. 3, в, величину утечки можно определить (при уверенности, что задвижки 5 и 6 герметичны) по величине дополнительного расхода, поданного в водовод через водомер 2 для восстановления показателей манометра 3 с M_2 (снизившийся) до M_1 (рабочего).

Наличие на сети контрольно-измерительных приборов, обеспечивающих снятие и передачу информации о состоянии сети, позволяет принимать правильные решения диспетчеру, инженеру эксплуатирующейся сети. Более того, анализ поступившей информации позволяет ЭВМ работать в качестве «советчика» или руководить режимом работы отдельных участков сети.

5.3. Теоретические основы моделирования систем подачи и распределения воды

Теория моделирования систем подачи и распределения воды подробно изложена в работах Н.Н. Абрамова, Л.Ф. Мошниина, М.А. Сомова, В.Я. Хаислева, А.П. Меренкова, С.В. Сумарокова, В.Р. Чупина, А.Г. Евдокимова, А.Д. Тевяшева и других ученых. Уже в 1970 гг. расчет установившегося потокораспределения в инженерных сетях, положенный в основу моделирования систем подачи и распределения воды (СПРВ), получил прочную теоретическую базу, позволившую создать программы для выполнения этих расчетов на ЭВМ.

В силу присущей современным программным комплексам высокой степени автоматизации может возникнуть впечатление, что специалисту достаточно ознакомиться с инструкцией и ввести исходные данные в компьютер. Однако опыт показывает, что для эффективного построения моделей СПРВ на ЭВМ, в особенности анализа полученных результатов, обязательно наличие определенных теоретических знаний.

Наиболее типичные ошибки в практике моделирования, связанные с пробелами в теоретической подготовке:

- попытки постановки задач моделирования, не имеющих решения;

- перегрузки модели элементами, не играющими существенной роли для расчета режима подачи и распределения воды;

- недопустимое упрощение модели путем исключения из нее значимых элементов.

Современный этап в развитии программных средств для моделирования систем подачи и распределения воды характеризуется тем, что математические проблемы, связанные с расчетом установившегося потокораспределения, успешно решены, и главенствующими стали нижеперечисленные факторы:

- повсеместное применение высокопроизводительных персональных компьютеров, обеспечивающих высокую эффективность расчетов и предоставляющих широкие возможности для визуальной интерпретации их результатов;

- развитие и повсеместное внедрение средств создания баз данных и управления ими, стремительное развитие геоинформационных систем;

- приоритетность задач моделирования реальных эксплуатируемых сетей на фоне сокращения проектной и строительной деятельности, выдвижение на передний план проблем повышения надежности водопроводных систем, снижения по-

терь воды в процессе ее транспортировки и потребления и сокращения расхода энергетических ресурсов.

В современных условиях, отличающихся динамичным изменением параметров и структуры водопроводной сети, эпизодические гидравлические расчеты не в состоянии удовлетворить информационные потребности эксплуатационного персонала. Традиционные технологии создания расчетных схем и выполнения многовариантных гидравлических расчетов с целью решения локальных задач уступают место комплексному моделированию систем подачи и распределения воды, позволяющему оперативно отражать изменения, происходящие в системе водоснабжения, и своевременно их анализировать.

Моделирование систем подачи и распределения воды можно определить как процесс, включающий создание модели, поддержание ее в актуальном (соответствующем накапливающимся изменениям) состоянии, выполнение гидравлических расчетов и анализ их результатов.

В общем виде программный комплекс представляет собой совокупность программ, обеспечивающих ввод информации, формирование систем уравнений, численное решение этих систем, вывод результатов в виде схем, отчетов и графиков и их анализ (рис. 4).

Этапы ввода данных в модель:

- ввод структуры сети;
- формирование графического отображения системы подачи и распределения воды;
- ввод технологических параметров узлов и участков;
- формирование графического отображения географических и градостроительных объектов.

В конечном итоге формируется изображение СПРВ, каждый элемент которого связан с одной или несколькими таблицами технологических данных. Изображение соответствует топологии сетей. Удаление или добавление изображения участка вызывает соответствующие изменения в файле описания структуры сети.

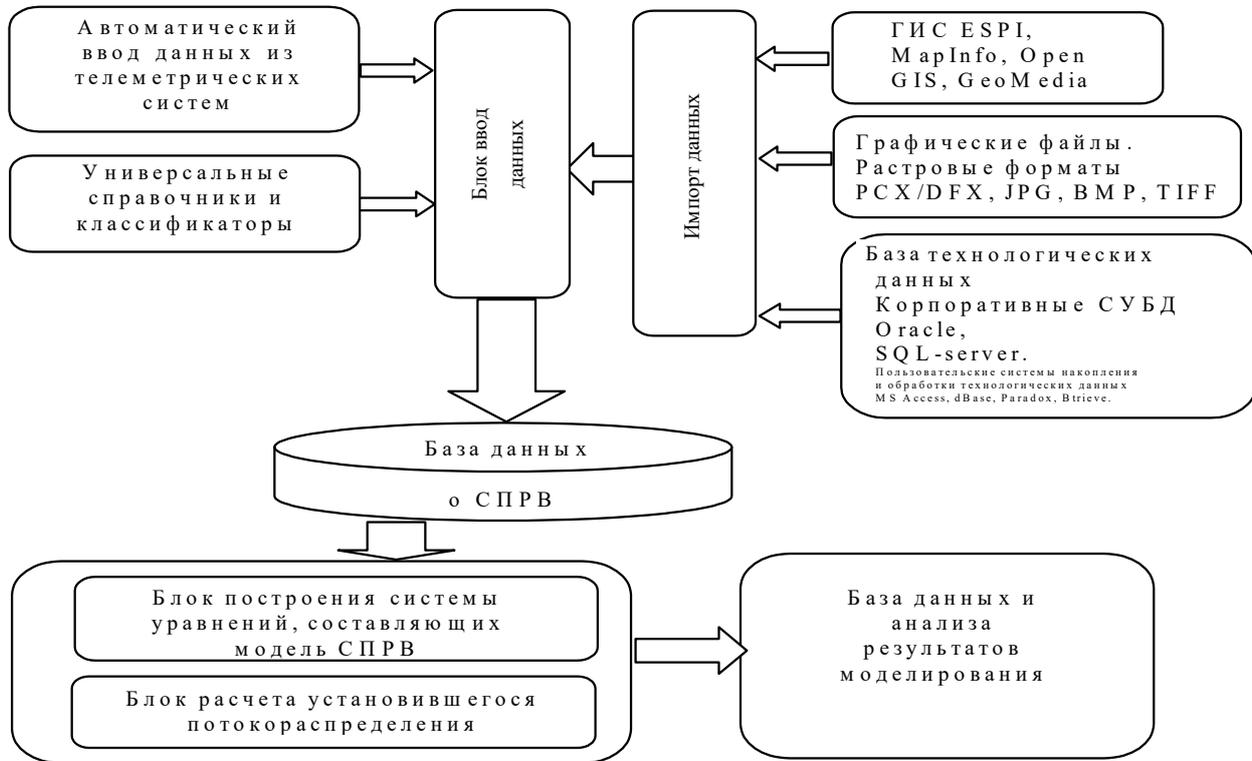


Рис. 4. Основные модули программного комплекса для систем подачи и распределения воды

Для автоматизированного ввода данных в модель широко используются встроенные универсальные справочники технических параметров насосов, труб, арматуры и других моделируемых элементов.

Разнообразную информацию о системе подачи и распределения воды можно взять из электронных баз данных, которые ведутся на предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ). Базы данных о водопроводной сети и сооружениях на ней (колодцев и камер с запорно-регулирующей арматурой, напорных и регулирующих резервуаров, насосных станций) имеются, как правило, в производственно-технических отделах предприятий. Во многих случаях информация о состоянии водопроводной сети и сооружений на них либо отсутствует, либо утеряна в результате многочисленных «волевых» передач водопроводного хозяйства из одних рук в другие. Поэтому создание баз данных о состоянии и работе сети является наиболее ответственным мероприятием. Данные о потребителях воды на большинстве предприятий ВКХ также накапливаются в электронном виде и импортируются в модель СПРВ.

5.4. Работа на водоводах и водопроводной сети

Водоводы и водопроводная сеть (далее – сеть) должны обеспечить бесперебойное и надежное снабжение потребителей водой, которая по своему качеству отвечает требованиям стандарта.

В задачи технической эксплуатации сети входят:

а) надзор за состоянием и сохранностью сети, сооружений, устройств и оборудования на ней, техническое содержание сети;

б) разработка совместно с другими подразделениями организации ВКХ мероприятий по совершенствованию системы подачи и распределения воды, а также мероприятий по предотвращению перерывов в подаче воды в неблагоприятно

расположенные районы и микрорайоны при аварийных ситуациях. Выполнение переключений на сети в соответствии с указанием диспетчера для установления оптимального режима работы системы при фактическом водопотреблении и его прогнозируемых изменениях в предстоящем периоде времени. Подготовка информации по техническому состоянию сети, требуемой для проведения на персональных ЭВМ гидравлических и оптимизационных расчетов взаимодействия сети, насосных станций и регулирующих емкостей при нормальных и аварийных режимах работы системы. Проведение натуральных измерений расходов воды и давлений. Сопоставление данных измерений с результатами расчетов для проверки соответствия расчетной схемы фактическому техническому состоянию системы и фактическому водопотреблению в период проведения натуральных измерений;

в) планово-предупредительный и капитальный ремонт на сети, ликвидация аварий;

г) ведение технической документации и отчетности;

д) надзор за строительством и приемка в эксплуатацию новых линий сети, сооружений на ней и абонентских присоединений, если они согласованы и утверждены в установленном порядке;

е) анализ условий работы сети, подготовка предложений по совершенствованию системы и управлению её работой, применению новых типов конструкций труб и трубопроводной арматуры, новых методов восстановления и ремонта трубопроводов;

ж) сбор, хранение и систематизация данных по всем повреждениям и авариям на сети, сооружениях на ней с целью анализа их причин, оценки и контроля показателей надежности;

з) обеспечение эффективного функционирования установок электрозащиты.

Эксплуатацию водопроводной сети производят службы, которые в зависимости от протяженности сети и объемов работ могут быть использованы в виде участков, управлений,

служб сети, а для особенно крупных городов – в виде самостоятельных производственных эксплуатационных управлений с подразделением на районные эксплуатационные участки водопроводной сети.

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

Надзор за состоянием и содержанием сети. Надзор за состоянием сети должен осуществляться путем осмотра трубопроводов и проверки действия сооружений и оборудования сети.

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.

Для производства эксплуатационных работ по надзору за состоянием и по содержанию сети должны быть созданы эксплуатационные (профилактические) и ремонтные (аварийно-восстановительные) дежурные бригады, количество и численный состав которых определяются местными условиями.

Все эксплуатационные работы на сети, за исключением работ по ликвидации аварий, бригады проводят по маршрутам, установленным планом эксплуатации сети, в зависимости от объема и характера заданий на день.

Каждой бригаде ежедневно выдают заготовленный накануне наряд обхода, без которого бригада не должна выходить на работу. Бригаде выдается необходимая техническая документация (схема обходных маршрутов, журналы для записи обнаруженных дефектов на сети), автотранспорт, инструменты, инвентарь, водоотливные средства, набор необходимых средств по технике безопасности и др.

Работу эксплуатационных бригад организуют в соответствии с должностной инструкцией, утверждаемой руководством организации ВКХ.

Наружный обход и осмотр каждой трассы линии водопроводной сети производят не реже одного раза в два месяца. При этом проверяют:

а) состояние координатных табличек и указателей гидрантов;

б) техническое состояние колодцев, наличие и плотность прилегания крышек; целостность люков, крышек, горловин, скоб, лестниц; наличие в колодце воды или ее утечки;

в) присутствие газов в колодцах по показаниям приборов;

г) наличие завалов на трассе и сети в местах расположения колодцев, разрытие на трассе сети, а также неразрешенные работы по устройству присоединений к сети;

д) действие уличных водозаборов.

Примечание. При наружном осмотре трасс линий сети спуск людей в колодцы не разрешается.

Общее профилактическое обслуживание сооружений и устройств сети проводят поочередно два раза в год. При этом выполняют следующие работы:

а) в колодцах и камерах – очистку и откачку воды, отколку льда в горловинах, профилактическое обслуживание раструбных и фланцевых соединений, разгонку шпинделей задвижек, проверку действия байпасов, регулировку электропривода, осмотр вантузов и других устройств, проверку работы пожарных гидрантов с установкой на них стендера, а также, в случае необходимости, замену скоб, ремонт лестниц, смену крышек.

Примечание. Ремонт пожарных гидрантов должен быть произведен в течение суток с момента обнаружения неисправности. Об обнаруженной неисправности и окончании ремонта гидранта организация ВКХ обязана поставить в известность местное подразделение Государственной противопожарной службы МВД России.

б) на дюкерах – проверку на утечку;

в) в проходных каналах и переходах (штольнях) под путями – проверку на загазованность, обход и осмотр каналов и переходов и устройств, в них расположенных;

г) на уличных водоразборах – проверку состояния колодца, отстойки и водоразбора, регулировку и проведение ремонтных работ с заменой износившихся деталей.

Дополнительное профилактическое обслуживание проводится при разработке и реализации мероприятий по обеспечению бесперебойности водоснабжения и устранению «узких мест» в системе подачи и распределения воды, в том числе и по замене устаревших типов и конструкций арматуры, а также мероприятий по предотвращению загрязнения воды в процессе ее транспортирования по водоводам и линиям сети. Планы мероприятий разрабатываются организацией ВКХ с привлечением, в необходимых случаях, специализированных организаций и представляются для утверждения в органы местного самоуправления.

Сроки локализации аварий (отключение поврежденных участков сети) устанавливаются регламентом ВКХ в зависимости от характеристики участка сети, диаметра, количества закрываемых задвижек, времени года и т.п.

При локализации аварии допускается прекращение подачи воды населению численностью до 1000 человек. В случае большей численности населения, обслуживаемого отключенными участками сети, а также при длительности ликвидации аварии более 24 часов должно быть организовано альтернативное (временное) водоснабжение.

К профилактическому обслуживанию относится проведение мероприятий по предохранению устройств и оборудования на сети от замерзания (постановка и снятие утепления, отколка льда).

Примечание. Для утепления колодцев могут быть использованы различные утепляющие материалы, применяемые в строительстве. Их укладывают или наносят на перекрытие на 0,4-0,5 м ниже крышки колодца

Совместно с абонентским отделом организации ВКХ эксплуатационная служба сети один раз в год выполняет техническое обследование абонентского присоединения и водомерных узлов. При этом проверяют техническое состояние

водопроводного ввода, водосчетчика, запорно-регулирующей и контрольно-измерительной аппаратуры, а также наличие утечки воды на внутренней сети. Замена водосчетчика новым производится при выходе его из строя и нецелесообразности ремонта.

При выполнении работ по профилактическому обслуживанию колодцев (камер), дюкеров, переходов под путями бригада должна руководствоваться правилами техники безопасности [9].

Проверка водопроводной сети на водоотдачу осуществляется совместно работниками организации ВКХ и местным подразделением Государственной противопожарной службы. Водоотдачу участка сети определяют одним из рекомендуемых способов (объемным, с помощью протарированной пожарной колонки, с помощью стволов водомеров). В соответствии с результатом такой проверки совместно с местным подразделением Государственной противопожарной службы устанавливается перечень закрытых задвижек (затворов), установленных на связках между линиями и на обводных линиях регуляторов давлений при нормальном техническом состоянии системы, при различных аварийных ситуациях, а также при подаче воды на нужды пожаротушения.

5.5. Планово-предупредительный и капитальный ремонт, ликвидация аварий

Данные осмотров и профилактического обслуживания с проверкой состояния сооружений, действия оборудования и устройств на сети используют при составлении дефектных ведомостей, разработке проектно-сметной документации и для производства планово-предупредительного и капитального ремонта.

К планово-предупредительному ремонту на сети относятся:

а) профилактические мероприятия – промывка и прочистка сети, оковка льда, очистка колодцев и камер от грязи,

откачка воды и другие мероприятия, перечисленные в разделе «Надзор за состоянием и содержанием сети» действующих ПТЭ;

б) ремонтные работы – замена люков, скоб, ремонт горловины колодца, подъем и спуск люков и т.д.

К капитальному ремонту на сети относятся:

а) сооружения новых колодцев (камер) либо полная или частичная реконструкция;

б) прокладка отдельных участков линий с полной или частичной заменой труб;

в) замена гидрантов, водоразборных колонок, задвижек, поворотных затворов, вантузов, другого оборудования или их изношенных частей;

г) ремонт отдельных сооружений на сети, устройств и оборудования по очистке и защите трубопроводов от обрастания внутренней поверхности труб;

д) защита сети от коррозии и электрокоррозии блуждающими токами;

е) ликвидация повреждений дюкеров и переходов под путями и др.

Авариями на водопроводной сети считаются повреждения трубопроводов, сооружений и оборудования на сети или нарушение их эксплуатации, вызывающие полное или частичное прекращение подачи воды абонентам, затопление территории.

Аварией на водопроводной сети не считается исключение из работы отдельных участков трубопроводов, сооружений или оборудования, произведенное:

а) для предотвращения аварии, если при этом не была прекращена подача воды абонентам;

б) для увеличения подачи воды на пожаротушение;

в) для проведения планово-предупредительного ремонта, дезинфекции или присоединения к действующей сети новых трубопроводов или домовых вводов с предварительным опо-

вещением абонентов о времени и продолжительности отключения.

Ликвидация аварий должна быть осуществлена в сроки, регламентированные предприятием.

В зависимости от характера производимой работы или размера повреждений на сети может возникать необходимость:

- а) немедленного выключения трубопровода;
- б) выключения трубопровода с момента начала работ.

Поврежденные трубопроводы подлежат немедленному выключению:

а) при повреждениях, носящих бедственный характер, когда вода, изливающаяся из поврежденного участка трубопровода, разрушает дорожное покрытие, трамвайные пути, затопляет улицу, подвалы зданий и т.п.;

б) при повреждениях, не носящих бедственный характер, но вызывающих необходимость выключения трубопровода в целях прекращения утечки воды, хотя и без нарушения нормального водоснабжения.

Во всех остальных случаях повреждений на сети выключение трубопроводов выполняют в момент начала работ, если такое выключение необходимо для производства работ.

В случаях, указанных в п.2.10.24 действующих ПТЭ, выключение производится без предварительного оповещения абонентов. В остальных случаях о выключении трубопроводов абоненты должны быть заранее предупреждены.

О выключениях на водопроводной сети, связанных с проведением текущего или капитального ремонта, организация ВКХ обязана поставить в известность местное подразделение Государственной противопожарной службы и местные органы Роспотребнадзора не позднее, чем за сутки до начала работ.

Примечания:

1. Об аварийных отключениях на водопроводной сети организация ВКХ должна немедленно поставить в известность

местное подразделение Государственной противопожарной службы и местный орган Госсанэпиднадзора.

2. В случае проведения работ, связанных с перекрытием улиц, необходимо немедленно проинформировать подразделения Государственной противопожарной службы.

Выключение трубопроводов производится по распоряжению диспетчера в соответствии с действующей инструкцией.

Примечание. При выключении трубопроводы начинают перекрывать с задвижек крупных диаметров.

После окончания ремонтных работ производят дезинфекцию восстановленного участка трубопровода в соответствии с п.2.11.19 действующих ПТЭ.

Для постановки под рабочее давление восстановленный и опорожненный участок трубопровода заполняют водой с одновременным удалением воздуха. Заполнение водой следует выполнять медленно, как правило, с низшей точки трубопровода. Выпуск воздуха осуществляют в повышенных точках трубопровода через вантузы, гидранты или другие устройства с установкой на них стендеров.

При заполнении трубопроводов водой для выпуска воздуха на каждый участок длиной 500 м при диаметре трубопровода до 300 мм устанавливают один стендер в конце или в повышенных точках трубопровода. Для трубопроводов диаметром более 300 мм порядок заполнения водой и выпуска воздуха разрабатывают в каждом конкретном случае с учетом местных условий.

Производство работ по аварийно-восстановительному ремонту сети входит в обязанности ремонтных бригад или эксплуатационного персонала (в зависимости от структуры организации).

Для накопления информации о выполненных ремонтных работах, в составе документации о сети целесообразно иметь карточки колодцев и ведомости участков между ними.

Места производства работ, связанных с установкой хомутов, накладкой заплат и заменой участков трубы, следует фиксировать в документации с обязательным указанием расстояния от ближайшего колодца до места производства работ.

Изменения, внесенные в ходе ремонтных работ, должны своевременно (в срок не более 10 дней) вноситься в соответствующие журналы.

5.6. Управление и разработка оптимальных режимов эксплуатации системы подачи и распределения воды

Управление работой сети (открытие и закрытие задвижек или затворов) является частью управления работой системы в целом как при ее нормальном техническом состоянии, так и при различных аварийных ситуациях. Для проведения гидравлических и оптимизационных расчетов на персональных ЭВМ, в соответствии с результатами которых производится управление работой системы, должна использоваться единая расчетная схема, включающая все линии сети, начиная от питающих сеть насосных станций или емкостей (резервуаров, водохранилищ) и до колодцев (камер) распределительной сети – мест присоединения к наружной сети вводов, по которым вода подается в системы внутреннего водоснабжения, а также линии, на которых установлены регуляторы.

В задачи службы сети входит проверка соответствия между фактическими и указанными на схеме длинами и диаметрами труб линии (а также материала труб), соединения линий в узлах пересечений, положения (открыто-закрыто) затворов (задвижек), их состояния (исправны-неисправны).

Определение расчетных расходов по линиям сети должно производиться по данным службы водосбыта о расходах воды потребителями и по данным проводимых службой сети выборочных круглосуточных записей приборов – самописцев, установленных на вводах, а также на линиях, по которым вода подается группам потребителей. На основании обработки данных этих измерений должны выявляться несоответствия меж-

ду расходами поданной воды и воды, полученной потребителями, устанавливаться причины несоответствия (неисправность или отсутствие счетчиков на вводах, неучет счетчиками расходов воды, которые в ночные часы снижаются до порога чувствительности).

При нормальных условиях работы системы все переключения на сети должны производиться только после их согласования с диспетчерской службой. Обо всех переключениях, которые оказалось необходимо произвести при аварийных ситуациях, немедленно должна уведомляться диспетчерская служба и местные подразделения Государственной противопожарной службы.

Перед сдачей приемной комиссии водопроводная сеть или трубопровод должны быть осмотрены представителями технического надзора, заказчика и строительной организации. Осмотру подлежат все камеры и колодцы, два-три стыковых соединения труб, находящихся в земле, выпуски и водостоки. При осмотре следует проверить, чтобы все монтажные (временно установленные) заглушки были удалены. Исключения составляют заглушки для разделения трубопровода на испытываемые участки и значащиеся на схеме испытаний. При обходе трассы устанавливается соответствие проекту выполненных работ по восстановлению нарушений и благоустройству.

Примечание. Перед сдачей трубопроводов диаметром 900 мм и более представители строительной организации и технического надзора осматривают трубы изнутри путем прохода по ним. При этом проверяют состояние внутренней поверхности труб, качество швов, отсутствие наплывов, раковин и других дефектов. Результаты осмотра оформляются актом.

До приемки построенного трубопровода в эксплуатацию строительная организация под руководством организации ВКХ и при контроле местного органа Госсанэпиднадзора осуществляет его промывку и дезинфекцию следующим образом:

а) сухая прочистка трубопроводов и предварительная промывка водопроводной водой;

б) дезинфекция хлорной водой в соответствии с требованиями Госсанэпиднадзора. Концентрацию активного хлора принимают 40-50 мг/л при суточном контакте;

в) окончательная промывка до получения двух удовлетворительных бактериологических и физико-химических анализов проб воды, отобранных в соответствии с указаниями местного органа Госсанэпиднадзора.

Акт о санитарной обработке построенного трубопровода предъявляется приемочной комиссии и является основанием для разрешения на его присоединение (врезку) к действующей сети и последующего пуска в эксплуатацию. Акт подписывают представители организации ВКХ, строительной организации и местного органа Госсанэпиднадзора.

Присоединение (врезку) построенного трубопровода к действующей сети выполняет по договору с заказчиком строительная организация под руководством и при участии представителей организации ВКХ. Врезки входят в проект и смету на строительство трубопровода. Порядок производства врезок должен быть регламентирован местной инструкцией, утверждаемой органом местного самоуправления.

Время проведения врезки назначает организация ВКХ после выполнения строительной организацией подготовительных работ:

а) раскопки котлована (с постановкой, при необходимости, крепления);

б) заготовки фасонных частей;

в) обеспечения производства работ рабочими требуемых специальностей и строительными механизмами.

При производстве врезок организация ВКХ обязана:

а) произвести все переключения на действующей сети;

б) осуществлять технический и санитарный надзор за проведением работ.

Все отключаемые на период врезки потребители воды должны быть предупреждены организацией ВКХ заранее.

Работы по присоединению трубопроводов выполняются по графику, составляемому организацией ВКХ и строительной

организацией за трое суток до начала работ. К графику прикладывается схема выключений на сети, подписанная ответственным лицом организации ВКХ, в соответствии с договором.

Строительная организация несет ответственность за качество работ, выполняемых при врезках. Организация ВКХ отвечает за своевременное выключение и включение действующей сети. К переключениям на водопроводной сети строительная организация не допускается.

При выборе способа присоединения водопроводных вводов следует учитывать необходимость обеспечения минимальной продолжительности выключения действующей сети из работы.

Новые трубопроводы ставят под рабочую нагрузку постепенно, чтобы избежать замутнения воды при измерении её расхода в действующей сети.

Новые и присоединенные к действующей системе трубопроводы наносят на планшеты, хранящиеся в техническом отделе, и на оперативные схемы, имеющиеся в диспетчерских пунктах, с указанием колодцев (камер), установленного в них оборудования и присвоением им соответствующих регистрационных номеров. На новые трубопроводы и сооружения заводят паспорта.

На пожарные гидранты заводят учетные карточки, в которых указывают их номер, адрес, дату установки и все виды произведённых работ по их обслуживанию.

При согласовании проекта организация ВКХ должна проверить соответствие проекта техническим условиям на присоединение, настоящим ПТЭ и нормативным документам.

Для ведения надзора за строительством новых водопроводных сетей и сооружений на них между заказчиком и организацией ВКХ должен быть заключен договор и предусмотрены соответствующие средства в смете на строительство.

6. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОПРОВОДНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Приемка в эксплуатацию сооружений осуществляется по окончании строительно-монтажных работ. Приказом руководителя предприятия или организацией заказчика создается рабочая комиссия для проведения пусконаладочных работ.

Предварительно рабочая комиссия осуществляет проверку соответствия всех сооружений, устройств, коммуникаций, контрольно-измерительной аппаратуры и т. п. проектным разработкам. Все изменения, произведенные в период строительства, должны быть согласованы с проектными организациями и отражены на исполнительных чертежах. Одновременно с проектно-сметной документацией и исполнительными чертежами проверяется наличие актов на скрытые работы и разрешение на специальное водопользование.

При проверке подлежат замеру все габаритные замеры очистных сооружений, их отметки, уклоны трубопроводов и их диаметры, наличие и расстановка арматуры, марки насосов, КИП и другой аппаратуры и оборудования заводского изготовления, а также горизонтальность стенок отстойных и фильтрующих сооружений и их элементов, например дырчатых труб или желобов с затопленными отверстиями для сбора отстойной воды в горизонтальных отстойниках, верхних кромок желобов в фильтрах и т. д.

Особое внимание при приемке необходимо обращать на распределительные и сборные трубопроводы в отстойниках, осветлителях со взвешенным слоем, фильтрах. Неравномерность расположения или отсутствие отверстий может привести к неравномерному распределению воды по сечению очистных сооружений и образованию «мертвых зон» и зон с повышенными скоростями движения воды. В процессе строительства нередко отверстия могут оказаться забитыми мусором, смолой, отложениями и т. п. При этом также требуется проверка проходимости воды во всех трубопроводах и исключение их засорения.

Перечень параметров, подлежащих замерам в процессе приемки очистных сооружений, приведен в табл. 5.

Таблица 5

Параметры, подлежащие замеру в процессе проверки
технической готовности сооружений к пуску

Сооружения	Размеры	Отметки и уклоны
1	2	3
Сооружения реагентного хозяйства	<p>Габаритные размеры затворно – растворных баков, сатураторов, гидроклассификаторов, дозирочных бачков и других установок по приготовлению и дозированию растворов, твердых реагентов (коагулянты, известь, сода, ПАА, угольный порошок, активированный уголь и др.).</p> <p>Диаметры (размеры лотков) основных и вспомогательных коммуникаций для:</p> <ul style="list-style-type: none"> – транспортировки растворов реагентов; – подачи воды и воздуха в реагентные баки; – циркуляции растворов реагентов с целью их лучшего растворения и поддержания во взвешенном состоянии активных нерастворимых частиц; – удаления осадка из баков; – промывки коммуникаций растворов реагентов. <p>Число и диаметры труб и отверстий распределительных систем для подачи воды и воздуха в реагентные баки</p>	<p>Отметки днищ и верхних кромок затворно-растворных баков.</p> <p>Отметка верхней плоскости колосниковых решеток.</p> <p>Отметки уровней поступления и отвода раствора реагентов.</p> <p>Уклоны и отметки трубопроводов (лотков) для транспортировки растворов реагентов и удаления осадка из баков.</p> <p>Отметка верхних кромок переливных труб (карманов).</p> <p>Отметки раствороотводных (желобов) сатураторов и гидроклассификаторов</p>

Продолжение табл. 5

1	2	3
Смесители	<p>Габаритные размеры смесителей. Ширина коридоров, размеры проходов и окон в перегородках (перегородчатые смесители).</p> <p>Расстояние между перегородками (смесители с дырчатыми перегородками и ершового типа).</p> <p>Шаг, число и диаметр отверстий в перегородчатом смесителе.</p> <p>Диаметры основных и вспомогательных трубопроводов (размеры каналов) для подачи и отвода обрабатываемой воды, сброса избыточной воды (переливные трубы и карманы), опорожнения смесителя.</p> <p>Диаметр смесительной диафрагмы (шайбовые смесители)</p>	<p>Отметки днищ и верхних кромок смесителей.</p> <p>Отметки верхних кромок переливных труб (карманов).</p> <p>Отметка водоотводной трубы (желоба) смесителя (вертикальные смесители)</p>
Камеры хлопьеобразования (КХ)	<p>Габаритные размеры камер реакции.</p> <p>Ширина коридоров, размеры проходов и окон в перегородках (перегородчатые камеры реакции).</p> <p>Диаметры (размеры каналов) основных и вспомогательных коммуникаций для подачи и отвода обрабатываемой воды, удаления накопившегося осадка.</p> <p>Диаметры труб и отверстий дырчатых водоотводных и водораспределительных систем (вертикальные камеры)</p>	<p>Отметки днища и верхней кромки КХ. Уклон КХ в сторону осадкоотводящих коммуникаций.</p> <p>Уклоны осадкоотводящих трубопроводов.</p> <p>Отметка водоотводных трубопроводов (желобов) КХ (вертикальные камеры)</p>

Продолжение табл. 5

1	2	3
Горизонтальные отстойники	<p>Габаритные размеры отстойников.</p> <p>Диаметры подводящих и отводящих трубопроводов (желобов).</p> <p>Шаг, число и размеры отверстий в водораспределительных и сборочных дырчатых перегородках.</p> <p>Диаметры трубопроводов и отверстий для непрерывного или периодического удаления осадка</p>	<p>Отметки днищ и перекрытий отстойников.</p> <p>Отметки нижних кромок распределительных и сборных окон (кроме водосливов).</p> <p>Продольные и поперечные уклоны днища.</p> <p>Уклоны коммуникаций, отводящих осадок</p>
Осветлители со взвешенным осадком (ОСВО)	<p>Габаритные размеры рабочей части ОСВО, осадкоуплотнителя и воздухоотделителя.</p> <p>Диаметры основных и вспомогательных трубопроводов для подачи и отвода воды, опорожнения рабочей части ОСВО и осадкоуплотнителя, удаления осадка из осадкоуплотнителя.</p> <p>Число и размеры осадкоотводных труб и окон, расстояние между ними.</p> <p>Размеры труб, щелей и отверстий (сопл) распределительных систем коагулированной воды.</p> <p>Шаг, число и диаметр отверстий распределительных и сборных дырчатых настилов (решеток).</p> <p>Размеры смотровых люков.</p> <p>Число и диаметр трубопроводов и отверстий (размеры желобов) сборных систем осветленной воды с поверхности рабочей части осветлителя и осадкоуплотнителя; расстояние между сборными желобами</p>	<p>Отметка дна рабочей части ОСВО.</p> <p>Отметки кромок осадкоотводных окон или трубопроводов и нижней кромки защитного кожуха (козырька).</p> <p>Отметки расположения распределительных и сборных дырчатых трубопроводов или дырчатых решеток в двухъярусных осветлителях и др.</p> <p>Отметки кромок сборных желобов и трубопроводов рабочей части осветлителя и осадкоуплотнителя.</p> <p>Уклоны днищ сборных желобов.</p> <p>Уклоны днищ рабочей части ОСВО и осадкоуплотнителя в сторону осадкоотводящих трубопроводов.</p> <p>Уклон трубопроводов, отводящих осадков.</p> <p>Отметки расположения пробоотборных трубок</p>

Окончание табл. 5

1	2	3
Фильтры	<p>Габаритные размеры фильтров, боковых и центральных каналов.</p> <p>Диаметры основных и вспомогательных трубопроводов для подачи и отвода воды, подачи и отвода промывной воды, опорожнения фильтра, удаления воздуха из распределительной системы.</p> <p>Диаметр, число труб и отверстий на распределительной системе; расстояние между трубопроводами и шаг отверстий.</p> <p>Размеры желобов и расстояние между ними.</p> <p>Габаритные размеры промывного бака (при наличии его) и диаметры его коммуникаций</p>	<p>Отметки днищ и верхней кромки фильтров.</p> <p>Уклон трубопроводов распределительной системы.</p> <p>Отметка верхней плоскости дренажной решетки (распределительная система с горизонтальной компенсацией).</p> <p>Отметки сборных кромок водоотводных желобов.</p> <p>Отметка днища сборного канала для отвода промывной воды.</p> <p>Отметка днища промывного бака и его переливной трубы.</p> <p>Уклоны днищ промывных желобов, лотков и каналов</p>
Контактные осветлители (КО)	<p>Габаритные размеры входной камеры с сетками или камер с барабанными сетками.</p> <p>Габаритные размеры КО, их боковых и центральных каналов.</p> <p>Диаметры основных и вспомогательных трубопроводов для подачи и отвода воды, подачи и отвода промывной воды, опорожнения КО.</p> <p>Размеры водоотводных желобов и расстояние между ними.</p> <p>Диаметр и число трубопроводов и отверстий распределительной системы. Габаритные размеры промывного бака (при его наличии) и диаметры его коммуникаций</p>	<p>Отметки камер барабанных сеток или входных камер.</p> <p>Отметки днищ и кромок водоотводных желобов.</p> <p>Отметки пескоулавливающего устройства (в КО-3).</p> <p>Отметка днища промывного бака (если он есть) и его переливной трубы</p>

При приемке сооружений в эксплуатацию особое внимание должно быть обращено на горизонтальность водопадающих и водоотводящих трубопроводов и желобов отстойников, осветлителей со взвешенным осадком, фильтров и контактных осветлителей. Отклонение поверхности кромок от горизонтальной плоскости не должно превышать ± 2 мм.

В табл. 5 приведены требования к основным сооружениям водоочистных сооружений. При наличии других сооружений принцип приемки остается таким же, как и для приведенных сооружений.

В результате замеров и имеющихся проектных решений рекомендуется осуществлять поверочный расчет очистных сооружений. Основной целью его является определение фактической мощности станции, скорости движения воды на отдельных участках, а также соответствия проектных решений нормативным документам. При этом должны быть проверены расходы воды на участках от насосной станции первого подъема до отстойных сооружений (сооружений первой ступени) и от отстойных сооружений до фильтров второй ступени очистки.

Такой поверочный расчет должен подтвердить следующие соотношения:

– расход воды, поступающей на фильтры,

$$Q_{\text{ф}} = Q_{\text{пол}} + Q_{\text{пром}},$$

где $Q_{\text{пол}}$ – полезный расход (расход воды, поступающей потребителям); $Q_{\text{пром}}$ – расход воды на промывку фильтров;

– расход воды, поступающей на отстойные сооружения,

$$Q_{\text{нас 1}} = Q_{\text{отст}} = Q_{\text{ф}} + Q_{\text{пр}},$$

где $Q_{\text{нас 1}}$ – производительность насосной станции I подъема; $Q_{\text{пр}}$ – расход воды, идущей на продувку отстойных сооружений.

В некоторых случаях необходимо учитывать расход воды на восстановление пожарных расходов:

$$Q'_{\text{нас } 1} = Q_{\text{нас } 1} + Q_{\text{пож}} / \tau,$$

где $Q_{\text{пож}}$ – расход воды на пожаротушение; τ – время восстановления пожарных запасов.

После проведения рассмотренных работ рабочая комиссия осуществляет гидравлические и технологические испытания.

6.1. Гидравлические испытания

Гидравлические испытания осуществляются с целью установления водонепроницаемости железобетонных емкостей (резервуаров, баков, каналов и других сооружений), проверки напорных трубопроводов на прочность и герметичность, проверки пропускной способности трубопроводов (скорости движения воды и потери напора на участках при существующих перепадах).

Испытание водонепроницаемости железобетонных емкостей производится в такой последовательности: емкость заполняется водой до наивысшего проектно уровня, при этом предварительно все задвижки и шиберы закрываются и запломбировываются, далее по истечении определенного срока (не менее 3 суток) фиксируется величина 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. Фильтры и КО испытываются до загрузки их фильтрующим материалом.

Испытания трубопроводов осуществляются в соответствии со СП 129.13330.2011.

Сооружения, выполненные из бетона и железобетона, могут испытываться по мере их готовности до начала засыпки подземной части стен и не ранее 28 сут. после окончания бетонных работ. Испытания оформляются актами в установленном порядке.

Сооружения, устройства и трубопроводы реагентного хозяйства, включая эжекторные линии газообразных реаген-

тов, также до пуска испытываются водой, промываются и просушиваются воздухом, подаваемым из компрессорной станции.

Выявленные в ходе осмотра и испытаний строительномонтажные и проектные дефекты и недоделки отмечаются в акте с указанием сроков ликвидации. После исправления всех 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 24 ч контакта.

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

6.2. Технологические испытания

Технологические параметры работы очистных сооружений отрабатываются в период пусконаладочных работ, которые могут осуществляться как эксплуатационным персоналом станции, так и специализированными пусконаладочными организациями. В том и в другом случаях обязательно присутствие представителей проектной организации.

В период пусконаладочных работ устанавливаются технологические параметры (скорости, дозы реагентов, изменение показателей качества воды и т. д.) работы очистных сооружений, режимы работы регулирующей и контрольно-измерительной аппаратуры, дозаторов, расходомеров, уровнемеров, регуляторов расхода и скорости и т. д.

В подготовительный период, а также в период пусконаладочных работ и пробного пуска сооружений инженерно-технический персонал станции совместно с представителями пусконаладочной организации составляют должностные инструкции по каждому рабочему месту, по возможным режимам работы сооружений (например, расчетным, форсированным, аварийным, специальным и т. д.). В этот период определяют условия сброса и обработки продувочных и промывных вод.

Все материалы, характеризующие количество, состав и режимы сброса производственных сточных вод в водоемы или их обработку и утилизацию, согласованные с соответствующими организациями, представляются проектными организациями.

Нормативные сроки проведения пусконаладочных работ (технологических испытаний) водопроводных сооружений зависят от производительности сооружений и могут колебаться от 2 до 12 месяцев.

Наиболее ответственной работой на первом этапе пусконаладочных работ является подготовка новых очистных сооружений к пуску их в эксплуатацию. В этот период выявляются дефекты строительно-монтажных работ, устранение которых важно для повышения эффективности работы сооружений. Отмечаются также недостатки проектных решений. Это связано с тем, что от момента проектирования до момента окончания строительства проходит значительное время, в течение которого возможны новые научные решения в технологии очистки воды.

По окончании пусконаладочных работ и пробного пуска, который должен продолжаться не менее 2...4 сут., при получении воды надлежащего качества по согласованию с Роспотребнадзором станция предьявляется Государственной приемочной комиссии.

6.3. Организация эксплуатации очистных станций

Численный состав эксплуатационного персонала определяется в зависимости от мощности очистных сооружений (табл. 6). В таблице учтены трудовые затраты на работы по текущему ремонту, выполняемые слесарями, электромонтерами, мастерами по ремонту КИП и автоматики и другими специалистами.

Таблица 6

Нормативная численность рабочих при обслуживании очистных сооружений водопровода, чел.

Наименование элементов сооружений	Профессия	Производительность очистных сооружений, тыс. м/сут								
		10	50	100	150	200	250	300	400	700
Смеситель, камера хлопьеобразования, отстойник, осветлитель со взвешенным осадком, контактные осветлители, фильтры	Оператор на фильтрах	3-4	4-5	5-6	7	8-9	10	11-12	13-14	18
Хлораторные установки	Оператор хлораторной установки	3-4	4-5	5	5-6	6-7	7-8	7-8	8-9	8-9
Цех приготовления реагентов и дозирования	Коагулянтник	3-4	4-5	6-7	7-8	8-9	9	9-10	9-10	9-10
Компрессорные установки	Машинист компрессорной установки	1	2	2-3	2-3	3-4	3-4	4	4-5	5-6

Состав работ по эксплуатации очистных сооружений включает обслуживание реагентного хозяйства (коагуляционных установок, установок по подщелачиванию и стабилизации воды, установок активированного угля, ПАА, АКК и др.), смесителей, камер хлопьеобразования, сооружений первой ступени очистки (отстойников, осветлителей со взвешенным осадком, флотаторов, циклонов и др.), сооружений второй ступени (фильтров различного типа), насосов для наполнения промывных насосов, резервуаров чистой воды, хлораммиачных установок, отбор проб воды и реагентов и производство анализов очищаемой воды по установленным технологическим схемам.

Общая численность обслуживаемого персонала, в том числе и инженерно-технических работников, устанавливается управлением водопроводно-канализационного хозяйства по согласованию с руководящими органами для каждого отдельного случая, в зависимости от местных условий, производительности станции, ее состава, степени сложности оборудования и т. п.

Подготовка эксплуатационного персонала на станции осуществляется по утвержденному плану подготовки персонала с использованием программ вспомогательного и профессионального образования (на базе среднего профессионального и высшего образования). Обучение может быть осуществлено на базе организаций, имеющих соответствующую лицензию и разработавших образовательные программы в соответствии с требованиями Министерства строительства и ЖКХ РФ. Весьма полезным является адаптация материала программы к конкретным очистным сооружениям с расстановкой акцентов на те критичные моменты деятельности, что могут привести к аварийным ситуациям.

Для наглядного обучения на предприятии должны быть созданы учебно-технические кабинеты с необходимым оборудованием, учебно-наглядными пособиями и моделями. Желательно иметь на предприятии техническую библиотеку.

При назначении на должность или переводе на другую должность (работу) работники производственного предприятия должны пройти специальную подготовку, обучение на рабочем месте, проверку знаний правил эксплуатации, правил

технической безопасности при эксплуатации систем, правил Роспотребнадзора, производственных и должностных инструкций в объеме, обязательном для занимаемой должности.

При приемке сооружений в эксплуатацию проверка знаний подвергается весь личный состав производственного предприятия, включая руководящих и инженерно-технических работников.

В дальнейшем проверка знаний проводится для рабочих ежегодно, для инженерно-технических работников – один раз в 3 года.

Обслуживание сооружений по очистке воды включает планово-предупредительные осмотры (ППО), планово-предупредительные ремонты (ППР), статический учет всех отказов и их анализ.

ППО сооружений проводятся в установленные сроки, как правило, главным инженером или технологом. Перечень планово-предупредительных (текущих) ремонтов очистных сооружений также известен на основании опыта, и проводятся они через определенные периоды времени. Состав ППО и ППР, периодичность их выполнения подробно приведены в «Справочнике по эксплуатации систем водоснабжения, канализации и газоснабжения».

Для учета эксплуатации сооружений на станции должна вестись следующая отчетность:

- общий журнал работы очистной станции с ежедневной записью: общего количества отработанной воды; воды, израсходованной на собственные нужды; количества израсходованных реагентов и их доз; сооружений и оборудования, находящихся в работе, чистке и ремонте;
- журнал проведения ППО и ППР;
- журнал анализов воды с ежедневной записью результатов;
- складской журнал.

6.4. Реагентное хозяйство

Показатели качества воды меняются как в течение года (по сезонам, месяцам и даже чаще), так и по годам в целом. Это особенно заметно, если рассматривать значения фактиче-

ских, химических и бактериологических показателей за длительно наблюдаемый срок. В этой связи определение годовой потребности любого реагента представляет определенные трудности.

С достаточной точностью годовой расход реагентов может быть определен по формулам:

для цветной воды

$$D_{\text{ср. год}} = \sum_1^{m_i} (4\sqrt{C_i}) : m_i ;$$

для мутной воды

$$D_{\text{ср. год}} = \sum_1^{m_i} D_{k_i}^M : m_i ,$$

где C_i – цветность, соответствующая интервалу приращения обеспеченности ΔP_i ; $D_{k_i}^M$ – доза коагулянта, определяемая по данным СНиП 2.04.02-84 для мутных вод; m_i – число принятых интервалов, на которые разделена кривая обеспеченности. Обычно интервал приращения ΔP принимается равным 5%. В этом случае $m_i=20$.

Определение обеспеченности по значениям, например цветности, может быть осуществлено в следующем порядке. В результате обобщения ежедневных анализов цветности за определенное количество лет составляется таблица среднемесячных ее значений (табл. 7).

Таблица 7

Среднемесячные значения цветности воды

Месяцы	Годы					
	1	2	3	...	i-	i
Январь	108	125	130	...	76	126
Февраль	123	112	127	...	84	126
Ноябрь	107	127	128	...	109	73
Декабрь	109	100	130	...	102	61

Расположив данные, полученные в табл. 7, в порядке возрастания их величин и разделив полученный ряд на группы через равные интервалы (например, 5° цветности) $\Delta Ц = Ц_i - Ц_{i-1}$, получаем число случаев или частоты появления изучаемой величины (n) в пределах намеченных интервалов (табл. 8).

Таблица 8

Определение числа n в зависимости от выбранного $Ц$

Количество интервалов i	$\Delta Ц$	Фактические n	Количество интервалов i	$\Delta Ц$	Фактические n
1	56...60	1	16	101...105	8
2	61...65	1	17	106...110	7
3	66...70	3	27	111...115	1
4	71...75	2	28	116...120	0
8	91...95	8	29	121...126	2
15	96...100	9	30	126...130	1

Количество интервалов i получается из выражения $(Ц_{\max} - Ц_{\min}) / \Delta Ц$, значения n_i (число повторений цветности при данном значении интервала $Ц_i - Ц_{i-1}$) определяются из табл. 8. Максимальные значения n имеют место при $i=8...17$. Эти значения i соответствуют наиболее повторяющейся величине цветности (в нашем случае от 106 до 140°). С уменьшением и увеличением величины цветности число n закономерно уменьшается (отдельные отклонения от этого правила могут быть отнесены к случайным колебаниям).

По данным кривой распределения строится кривая обеспеченности. При графическом построении эмпирической кривой обеспеченности по цветности использовалась формула

$$P = \frac{\sum_{i=1}^i n_i - 0,3}{\sum_{i=1}^i n_i + 0,4} \cdot 100, \quad (23)$$

где P – обеспеченность по цветности, %; n_i – значение абсолютной частоты, соответствующее определенному ин-

тервалу значений цветности $i = 1, 2, 3, \dots, i - 1$; i – количество интервалов, на которые разделены значения цветности.

Кривая обеспеченности представляет собой график, показывающий повторяемость значений цветности выше данного значения.

Приемка и проверка реагентов. Приемка каждой партии реагентов осуществляется на основании паспорта, сопровождающего эту партию. В паспорте указываются наименование и адрес завода-поставщика, название продукта и дата выпуска партии, масса, показатели качества продукта и подтверждение соответствия его стандарту. Любой реагент и любую партию его на станциях подвергают контрольному анализу на содержание в нем активной части и примесей.

Склады реагентов. Склады реагентов рассчитываются на хранение 30-суточного запаса, считая по периоду максимального их потребления. При обосновании объем складов допускается принимать на другой срок хранения, но не менее 15 сут. При наличии базисных складов при ВОС допускается принимать на срок хранения не менее 7 сут.

Склады реагентов проектируются на сухое или мокрое хранение в виде концентрированных растворов или продуктов, залитых водой.

Способы хранения, вид тары, а также высота слоя хранящихся продуктов приведены в табл. 9.

Таблица 9

Некоторые данные по хранению реагентов в складах

Реагент	Способ хранения, вид тары	Высота слоя реагента, м
1	2	3
Сернокислый алюминий	Навалом. В виде концентрированных растворов	2...3,5 Зависит от размеров бака
Известь гашеная	Навалом. В резинокордных контейнерах вместимостью от 1 до 3 м ³	1,5...2,5 До 2,5
Железный купорос	В бумажных мешках весом до 50 кг. В деревянных бочках	2...3,5 2...3

Окончание табл. 9

1	2	3
Хлорное железо	В металлических барабанах	До 2,5
Активированный уголь	В бумажных мешках весом до 50 кг	Не более 2,5
Кальцинированная сода	В бумажных мешках В резиновых контейнерах	2...3,5 3...3,0
Жидкое стекло	В железных бочках вместимостью до 250 л. В деревянных заливных бочках вместимостью 100...150 л	До 2,5 и больше 2,5
Техническая поваренная соль	Навалом. В виде концентрированных растворов	Больше 2,0 Зависит от размеров бака
Марганцовокислый калий	В металлических бочках	До 2,5
Кремнефтористый натрий	В металлических бочках	Больше 2,5
Фтористый натрий	В металлических бочках	Больше 2,5
Полиакриламид	В полиэтиленовых мешках, уложенных в тарные ящики или в деревянные бочки	Больше 2,5
Едкий натр	В баках промышленного изготовления (БЕ-30) вместимостью 30 м ³ или другой более мелкой таре, изготовленной из нержавеющей стали или полиэтилена	Зависит от размеров бака
Крепкая серная кислота	В баках промышленного изготовления (БК-15) вместимостью 15 м ³	Зависит от размеров бака
Хлорная известь	В деревянных бочках или фанерных барабанах	До 2,5
Гипрохлорид кальция	В стальных оцинкованных барабанах	Больше 2,5

Примечание. Высота укладки более 1,5...2,0 м допускается при наличии механизации погрузочно-разгрузочных работ; хранение затаренных заводом-поставщиком реагентов надлежит предусматривать в таре. Разгерметизация тары с хлорным железом и силикатом натрия не допускается до момента их непосредственного использования. Замораживание и хранение ПАА более 6 месяцев не допускается.

Сухое хранение производится в закрытых, хорошо вентилируемых помещениях. Склады для хранения реагентов, кроме хлора и аммиака, располагаются вблизи помещений для приготовления их растворов и суспензий. Склад активированного угля должен располагаться в отдельном помещении. К нему не предъявляются требования взрывобезопасности; по пожарной опасности он относится к категории «В».

Помещение склада фторсодержащих реагентов также должно быть отделено от других производственных помещений. При этом места возможного выделения пыли должны быть оборудованы местными отсосами воздуха, а растаривание кремнефтористого и фтористого натрия должно производиться под защитой шкафного укрытия. Учитывая токсичность фторсодержащих реагентов, во всех случаях требуется предусматривать общие и индивидуальные мероприятия по защите обслуживающего персонала.

При мокром хранении некоторых реагентов ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, FeSO_4) с концентрацией раствора 30...40% жидкая среда является кислотой, т. е. коррозионной. Для обеспечения надежности хранения раствора внутренние поверхности хранилищ покрываются специальными составами, предохраняющими бетонные баки от разрушения. Защита может быть осуществлена с помощью полиизобутилена, перхлорвинила, клея марки СН-58, пасты “Герметик” и других защитных средств.

При устройстве железобетонных стен и днищ хранилищ для раствора коагулянта необходимо исключить возможность проникания грунтовых и дождевых вод с наружной стороны емкостей. Указанные воды могут дренировать через бетонные стены и отрицательно воздействовать на химическую защиту внутренних поверхностей. Особенно опасными для защитных покрытий являются щелочные грунтовые воды. Для исключения попадания грунтовых вод рекомендуется вокруг емкостей устройство проходных галерей с укладкой в них дренажей для отвода воды. Такие галереи необходимы для утепления храни-

лиц, а также для осмотра стен емкостей и размещения в них трубопроводов, насосного оборудования и приборов.

При устройстве хранилищ необходимо устройство в верхней их части входных дверей и хорошо прикрепленных к днищу деревянных лестниц. В каждом хранилище предусматривается минимальное количество отверстий для заделки в них штуцеров. Таких штуцеров должно быть как минимум три: для подачи воды, отбора раствора, для водостока.

Резервуары-хранилища на крупных станциях по экономическим соображениям обычно располагают вне здания реакгентного хозяйства с защитой растворов от загрязнения. Температура замерзания концентрированных растворов сернокислого алюминия приведена в табл. 10.

Таблица 10

Температура замерзания
концентрированных растворов

Наименование показателей	Концентрация раствора очищенного товарного коагулянта, %			
	30	35	40	45
Содержание, %	15,7	18,2	20,7	21,1
Температура замерзания, °С	-5	-9	-11	-12

Условия разгрузки реагентов и работы на складах должны удовлетворять требованиям техники безопасности и охраны труда. Разгрузка реагентов из автомашин и вагонов, а также подача их к местам приготовления и ввода в устройства водопроводной станции должны осуществляться с максимальным использованием механизмов.

Рабочие, занятые на транспортировке реагентов (особенно извести, хлорной извести и активированного угля), должны работать в спецодежде и по окончании смены принимать душ. Взвешивание хлорной извести вручную и ее дозирование должны осуществляться в противогазах.

К содержанию складов предъявляются следующие требования: дверные проемы, предназначенные для приема и вы-

дачи реагента, необходимо плотно закрывать по окончании процедур (особенно в складах негашеной извести и активированного угля); помещения складов должны быть всегда сухими, чтобы содержащиеся в них реагенты не увлажнялись; помещения складов хлорной извести должны быть не только сухими и прохладными, но и хорошо вентилируемыми; реагенты внутри складов должны быть размещены отдельными партиями и расходоваться в соответствии с очередностью поступления, чтобы исключить их залеживание; нельзя хранить в одном помещении реагенты, которые могут химически взаимодействовать друг с другом, размещать совместно взрывчатые и огнеопасные вещества, смазочные масла, баллоны с сжатыми газами, пищевые продукты и т. п.; не содержать реагенты в количествах, превышающих расчетную вместимость складов.

Хранение жидких и газообразных реагентов в предназначенных для них складах должно осуществляться в соответствии с правилами Роспотребнадзора, а также «Правилами безопасности производств хлора и хлорсодержащих средств (приказ Ростехнадзора от 20.11.2013 г. № 554)». Для выгрузки баллонов со сжиженными газами необходимо применять специальные контейнеры, в которые устанавливаются по 4, 6 или 8 баллонов.

Расходные склады хлора для баллонов и бочек надлежит размещать в отдельных закрытых огнестойких, хорошо вентилируемых помещениях на расстоянии не менее 300 м от жилых и общественных зданий. Если позволяет зона защиты, то расходные склады на водопроводных сооружениях с расходом свыше 1 т хлора в сутки разрешается устраивать из тэнков (стационарных емкостей) заводского изготовления вместимостью до 40 т. Передача газообразного хлора с такого склада к месту потребления может осуществляться по хлоропроводам протяженностью не более 1 км. Перелив хлора в мелкую тару (баллоны или бочки) на этих установках запрещается.

При хранении баллонов и бочек должны соблюдаться такие правила: баллоны, хранимые в вертикальном положении, помещаются в гнезда, предохраняющие их от падения, вентилями вверх; баллоны, хранимые в горизонтальном положении, складываются в штабеля высотой не более 1,5 м и длиной не более 3 м; ширину прохода между штабелями делают равной полной длине баллона, но не менее 1,5 м; прокладки между баллонами в штабеле должны обеспечивать свободное извлечение баллонов; вентили баллонов направляют в сторону прохода; бочки хранят на специальных тележках или подставках; размещение бочек должно быть таким, чтобы при извлечении любой из них остальные не перемещались.

При доставке газообразных реагентов на станцию в цистернах их переливают в бочки, баллоны или тэнки путем создания в опорожняемой цистерне давления (с помощью сжатого воздуха) в 0,5...1,5 МПа. Контроль за наполнением осуществляется взвешиванием или с помощью уровнемеров. Для взвешивания баллонов с хлором используют десятичные весы, рассчитанные на нагрузку 1...2 т, для взвешивания пустых баллонов – весы на 200 кг. Наполнять тару жидким хлором более чем на 80% номинальной вместимости опасно. О полном опорожнении цистерны узнают по шуму, производимому воздухом при прорыве через сифонную трубку. Установленная на практике скорость перелива сжиженных реагентов составляет от 6 до 12 т/ч. С целью повышения скорости перелива в некоторых случаях производят обогрев опорожняемой емкости.

Перевозка хлора должна осуществляться с соблюдением мер предосторожности: нельзя допускать ударов и падения баллонов и бочек; следует оберегать их от нагрева солнцем, устраивая тент на открытых машинах; сопровождающие транспорт рабочие должны быть в спецодежде с защитными средствами и аварийным инструментом (разводными и гаечными ключами, молотками, зубилами и асбестографической набивкой). Хлор со склада к месту потребления транспортируется либо в баллонах, либо в бочках на специальных тележках,

либо по хлоропроводу из бочек, расположенных на складе. После полной сработки бочки с жидким хлором, оставшийся хлор-газ необходимо удалить из бочки посредством эжектора и по возможности утилизировать.

Хлоропровод должен быть смонтирован только из цельнотянутых толстостенных труб. Соединение труб необходимо делать герметичным, резьбовым на муфтах или на фланцах с прокладками. Запрещается прокладывать хлоропровод в каналах и местах, труднодоступных для осмотров и ремонтов.

Один раз в год хлоропровод следует освобождать от хлора, продувать сухим воздухом, осматривать в узлах ответвлений, ремонтировать при надобности и немедленно после продувки заполнять жидким хлором.

Реагентное хозяйство для осветления и обесцвечивания воды хозяйственно-питьевого назначения. В процессе обработки этой воды применяются в основном такие реагенты: сульфат алюминия ($Al_2(SO_4)_3$), алюминат натрия ($NaAlO_2$), хлористый алюминий ($AlCl_3$), оксихлорид алюминия ($Al_2(OH)_5Cl \cdot 6H_2O$), сульфит и сульфат железа ($FeSO_4$ и $Fe(SO_4)_3$), хлорное железо $FeCl_3$, гашеная известь ($Ca(OH)_2$), сода (Na_2CO_3), полиакриламид (ПАА), активированная кремниевая кислота (АКК), хлор (Cl_2), озон (O_3) и др.

Состав и дозы реагентов, последовательность и точки их ввода в обрабатываемую воду, начало и конец периода применения тех или иных реагентов принимаются при проектировании, исходя из качества исходной воды.

На водопроводных станциях в период наладки и эксплуатации принятые при проектировании дозы уточняются пусконаладочным персоналом или главным инженером (технологом) станции совместно с заведующим лабораторией на основании физико-химических, санитарно-бактериологических и технологических анализов исходной воды и воды, прошедшей обработку на отдельных сооружениях, и постоянно корректируются в течение года.

Принятые технологические схемы обработки воды утверждаются по представлению начальника водопроводной очистной станции (ВОС) вышестоящими органами и согласуются с местными органами Роспотребнадзора.

Растворы коагулянтов готовят в растворных баках [7], откуда их перепускают самотеком или перекачивают насосом в расходные баки, где разбавляют до рабочей концентрации, или в емкости-хранилища крепкого раствора. Для интенсификации процесса растворения коагулянта и разбавления водой концентрированных растворов осуществляется перемешивание в баках с помощью сжатого воздуха, механических мешалок или циркуляционных насосов.

Расход сжатого воздуха в растворных баках составляет 8...10 л/с·м², в расходных – 3...5 л/с·м². Воздух для барботирования распределяется по площади баков при помощи дырчатых труб или шлангов из кислотостойких материалов. Диаметр направленных вниз отверстий в стенах труб должен быть не менее 3...4 мм; скорость выхода воздуха из отверстий должна составлять 20...30 м/с, а скорость движения его в трубах – 10...15 м/с.

При механическом перемешивании раствора число оборотов принимается от 20 до 30 в минуту, а площадь лопастей – 0,1...0,2 м² на 1 м³ объема раствора в баке. Мощность двигателя мешалки, кВт,

$$N = \frac{mK\omega^3 h\rho}{\eta \cdot 400g} (R^4 - r^4),$$

где m – число лопастей мешалки; $K=0,2...0,5$ – коэффициент сопротивления лопасти мешалки; ω – угловая скорость мешалок, равная $\pi n/60$; n – число оборотов мешалки в минуту; ρ – плотность раствора, кг/м³; h – высота лопасти, м; η – коэффициент полезного действия передаточного механизма и редуктора;

g – ускорение свободного падения; R и r – расстояния от оси мешалки до начала и конца лопасти, м.

При применении кускового коагулянта в баках предусматриваются съемные колосниковые решетки с прозорами 10...15 мм. При использовании гранулированного или порошкообразного коагулянта на колосниковую решетку настилается сетка из кислотостойкого материала с отверстиями 2 мм. Днища у расходных баков делаются с уклоном 0,01 к сбросному трубопроводу диаметром не менее 100 мм.

При приготовлении растворов $FeCl_3$ необходимо учитывать следующие обстоятельства.

Растворение безводного хлорного железа в воде вызывает выделение значительного количества тепла. Степень повышения температуры в зависимости от концентрации раствора приведена в табл. 11.

Таблица 11

Применение температуры при растворении

Массовый процент в растворе	Повышение температуры за счет теплоты растворения, °С	Массовый процент в растворе	Повышение температуры за счет теплоты растворения, °С
4	7,7	40	75,5
10	20,0	50	80,5
20	38,5	60	90,0
30	59,0		

В зависимости от содержания хлорного железа, водные растворы его имеют следующие значения рН:

г/л	50	100	200	300	400
рН	1,3	1,0	1	1	1

Точность дозирования $FeCl_3$ при коагуляции имеет важное значение, так как избыток или недостаток коагулянта может привести к повышению цветности и мутности очищенной воды и увеличить содержание в ней железа.

Хлорное железо может применяться самостоятельно и совместно с серноокислым алюминием. Соотношения между ними определяются пробным коагулированием.

При работе с хлорным железом необходимо пользоваться защитной спецодеждой (резиновые сапоги, перчатки и фартуки). Во время вскрытия барабанов (бочек) и приготовления растворов необходимо пользоваться противогазом или респиратором.

Помещения, где производится заготовка раствора хлорного железа, должны иметь вентиляцию.

Забор раствора коагулянта из растворных и расходных баков рекомендуется устраивать из верхней их зоны.

Внутренняя поверхность баков защищается кислотостойкими покрытиями или материалами. Транспортировка растворов реагентов осуществляется трубопроводами из кислотостойких материалов. Их конструкции должны обеспечивать возможность быстрой промывки и прочистки.

Все твердые реагенты растворяются по инструкциям, составленным на основе типовых, но с учетом местных условий. Растворение реагента может осуществляться как по массе, так и по объему. Учет расхода реагентов, подаваемых со склада, производится по сменам. Крепость раствора реагентов контролируется по его плотности или титрованием.

Процесс коагуляции серноокислым алюминием или хлорным железом (или каким-либо другим коагулянтом) протекает при определенных условиях: при наличии определенной щелочности, катионного и анионного состава воды, наличии органических веществ и т. п. Для улучшения протекания этого процесса применяют подщелачивание ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaCO_3 , NaOH и др.) воды; для интенсификации процесса хлопьеобразования при очистке воды применяют флокулянты (ПАА, АКК).

Применение щелочных реагентов и флокулянтов осуществляется также растворением и расходованием в определенных устройствах (баках), как правило, по инструкциям.

При приготовлении пульпы активированного угля сначала замачивают порошкообразный уголь в течение 1 ч в баках

с гидравлическим или механическим перемешиванием. При этом насосы для перемешивания и перекачки угольной пульпы должны быть стойкими по отношению к абразивному воздействию угля. Концентрацию пульпы принимают равной 5...10% по весу. Скорость движения пульпы в трубах должна составлять не менее 1,5 м/с. На коммуникациях устраивают ревизии для их прочистки. Помещение, где располагается установка по приготовлению угольной пульпы, или сама установка непосредственно оборудуются вентиляцией. Кроме того, в этих помещениях должны строго соблюдаться правила пожарной и взрывной безопасности.

Растворные баки перманганата калия, соды и других хорошо растворимых реагентов одновременно являются и расходными при общем количестве их не менее двух (рабочий и резервный). Перемешивание раствора может осуществляться воздухом, механическим и гидравлическим способами.

Для транспортирования раствора перманганата калия применяют стальные или пластмассовые трубы, резиновые шланги от него разрушаются.

Дозирование жидких реагентов осуществляется напорными или вакуумными дозаторами. Предпочтение необходимо отдавать вакуумным газодозаторам. Хлорная вода и водный раствор сернистого газа, образующиеся в газодозаторах, должны подаваться к месту их введения в обрабатываемую воду по резиновым шлангам, аммиачная вода и аммиак – по железным трубам. Смешение аммиака с водой должно производиться близ места его введения в обрабатываемую воду, в особых смесительных колонках специальной конструкции.

Отклонение от заданных доз жидких реагентов, а также перерывы в их подаче не допускаются. Бесперебойность подачи достигается установкой запасных газодозаторов, наличием оборудования и запасных частей, необходимых для неотложного ремонта. Объем газа с одного баллона без подогрева при нахождении его в помещении с $t=15...18^{\circ}\text{C}$ не превышает для

хлора 500 г/ч. Для увеличения съема его может быть использовано подогревание баллонов.

Проверка дозирующих устройств производится, как правило, ежеквартально, но не реже 2 раз в год, и заключается в осмотре арматуры, проверке отсутствия засорений, состояния соединения и т.п.

Для коагулянта и угольного порошка может быть применено сухое дозирование. Точность работы дозаторов (по объему или по массе) проверяется не реже одного раза в смену.

6.5. Смесители и камеры хлопьеобразования

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 учитываются такие условия: 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 качеством 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;

– механические, в которых турбулизация потока достигается вращением лопастей или пропеллеров.

По строительным нормам рекомендуется проектировать в основном гидравлические смесители и, в первую очередь, смесители вихревого и перегородчатого типов, и только при надлежащем обосновании разрешается применять смесители механического типа.

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

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. 5). Анализ конструкций трубчатых смесителей, приведенных на рисунке, показывает, что в ходе эксплуатации возможно засорение отверстий, через которые вводится раствор коагулянта (рис. 5, а, д), и значительные потери напора в некоторых из них в результате сужения площади живого сечения потока воды элементами, распределяющими раствор реагента в воде.

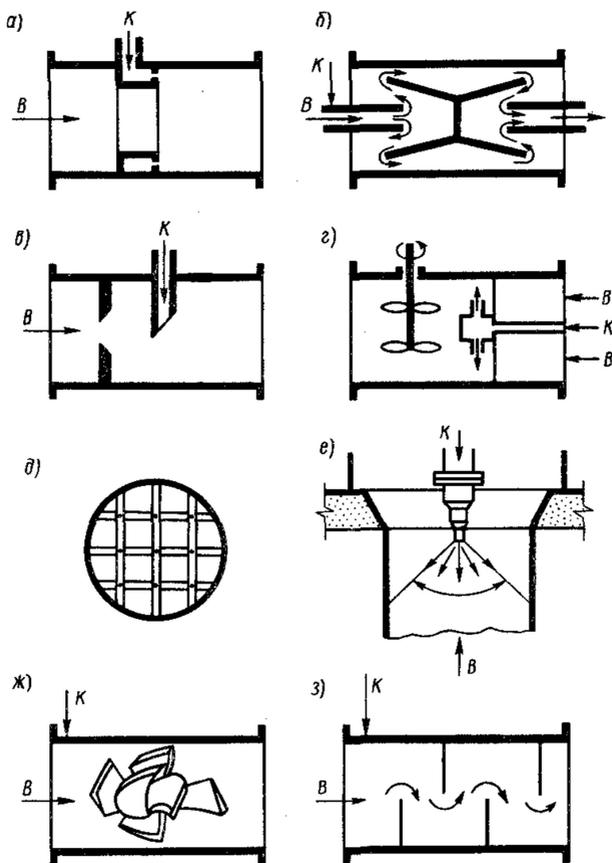


Рис. 5. Трубчатые смесители: а – кольцевой; б – усеченно-конусный; в – шайбовый; г – мешалочный; д – решетчатый; е – противоточный; ж – спирально-лопастный; з – перегородчатый

С целью повышения скорости распределения коагулянта (также и других реагентов) рекомендуется использовать специальные распределители реагента, разработанные АКХ им. К.Д. Памфилова (рис. 6), или трубчатые смесители с интенсивным первоначальным распределением реагента. В последнем смесителе отсутствуют дырчатые устройства, через которые подается реагент. Смешение в них достигается за счет резкого изменения направления движения потока воды.

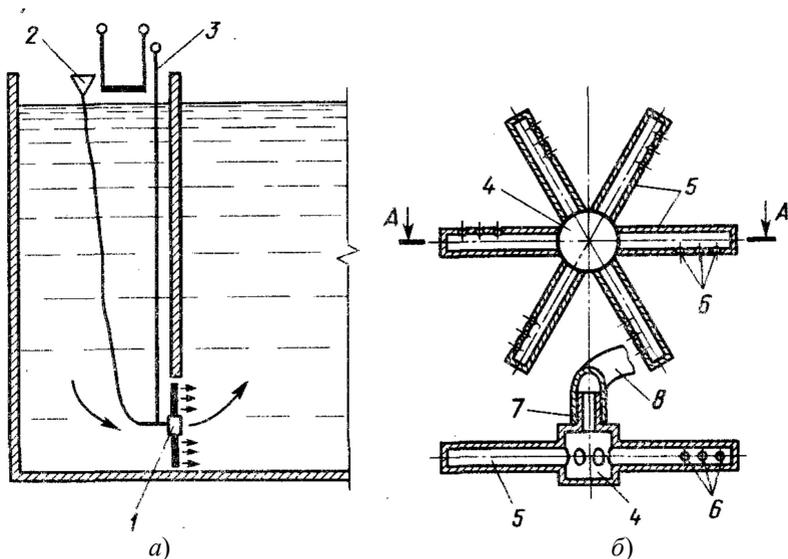


Рис. 6. Установка (а) и общий вид трубчатого распределителя коагулянта (б) в перегородчатом или коридорном смесителе, входной камере станции осветления воды: 1 – распределитель коагулянта; 2 – подача коагулянта; 3 – штанга для подъема распределителя; 4 – центральный бачок; 5 – перфорированная труба-луч; 6 – отверстия диаметром 3–6 мм; 7 – штуцер для присоединения шланга подачи раствора коагулянта; 8 – подвод раствора коагулянта

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

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

$$G = \sqrt{\frac{W}{\eta TV}} \text{ с}^{-1},$$

где W – затраты энергии в смесителе, Вт·с; η – вязкость воды, Па·с; T – время пребывания воды в смесителе, с; V – объем смесителя, м³.

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 представляет безразмерную величину и называется критерием Кэмпса.

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

$$N = g\rho QH,$$

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 – потеря напора в смесителе, м вод. ст.

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

$$G = \sqrt{\frac{g\rho H}{\eta T}} \cong 99 \sqrt{\frac{H}{\eta T}}.$$

Камеры смесителей необходимо периодически осматривать и очищать по плану ППО и ППР, на основе опыта эксплуатации, но не реже одного раза в год. Осмотр и чистка производятся в периоды наименее напряженной работы станции.

Равномерность смешения реагентов с обрабатываемой водой определяется по измерению изменения щелочности воды в различных участках смесителя и на разных горизонтах его. Оценка эффекта смешения в этом случае производится таким образом:

$$\mathcal{E}_c = \frac{\mathcal{W}_{исх} - \mathcal{W}_{см}}{\mathcal{W}_{исх} - \mathcal{W}_{контр}},$$

где $\mathcal{W}_{исх}$ – щелочность исходной воды, мг-экв/дм³; $\mathcal{W}_{см}$ – щелочность воды после смесителя, мг-экв/л; $\mathcal{W}_{контр}$ –

контрольная щелочность, определяемая расчетным путем, исходя из расходов воды и коагулянта, мг экв/л.

При определении скоростей и периодов пребывания воды в смесителях, а также и в камерах хлопьеобразования и отстойниках различают теоретические и практические значения. Теоретические скорости в отдельных частях сооружения и время пребывания в них воды определяются по формуле

$$v_T = \frac{Q}{3600Fm}, \quad t_T = V/Q,$$

где Q – количество обрабатываемой воды, м³/ч; F – поперечное сечение технологического сооружения, м²; m – число однотипных сооружений на станции; V – их объем, м³.

Действительное время прохождения воды через данное сооружение определяется экспериментальным путем. Для этого в поток воды со строго установленным расходом, поступающим в смеситель, вводится определенный объем концентрированного раствора. Концентрация и объем должны быть такими, чтобы прирост содержания хлорида в воде в среднем на весь расход воды составил бы 10...15 мг/л. Приготовленный раствор вливают сразу весь в струю воды и одновременно начинают отсчет времени с помощью секундомера. Затем, приблизительно через $\frac{1}{4}$ расчетного времени пребывания воды в сооружении, на выходе из смесителя через равные промежутки времени отбирают пробы воды в объеме 100...200 мл. Интервалы времени отбора проб должны составлять: для смесителей 20...30 с; для камер хлопьеобразования 3...5 мин; для отстойников и осветлителей со взвешенным осадком 10...15 мин.

Последняя проба отбирается по прошествии двойной величины расчетного времени пребывания воды в сооружении. В пробах органолептически определяется содержание соли.

Результаты анализов наносят на диаграмму, где на оси абсцисс откладывают время от начала ввода поваренной соли, а на оси ординат – величину превышения содержания хлоридов в обрабатываемой воде над их количеством в исходной воде. За действительное время пребывания воды в смесителе t_g принимают время от момента вливания в него раствора соли до момента прохождения на выходе из смесителя основной массы ее. Этот момент определяется по диаграмме как центр тяжести фигуры, очерченной кривой концентраций хлоридов и осью абсцисс. Определяя концентрацию хлоридов и получая соответствующие конфигурации фигур, отражающих их содержание, в последующих сооружениях (камеры хлопьеобразования, отстойники) можно одновременно определить действительное время пребывания в них обрабатываемой воды. Действительная средняя скорость воды в отдельных сооружениях определяется из зависимости

$$v_g = v_T \frac{t_T}{t_g}.$$

При обследовании технологических сооружений целесообразно измерять концентрацию хлоридов на различных горизонтах в самих сооружениях. Это позволяет выявить местные потоки воды и их направления, застойные зоны, наличие вихрей и т. п.

Проверять работу смесителей необходимо при различных технологических режимах работы станции, особенно при режимах, когда они резко меняются.

В отдельных случаях, когда не представляется возможным ввести реагенты перед смесителем, они могут быть введены в зону перепада воды при ее изливе из смесителя или опускными трубами, глубину погружения которых можно регулировать. Регулируя глубину погружения опускных труб, можно подобрать оптимальное время пребывания реагентов в смесителе и тем самым создавать необходимые разрывы в по-

даче реагентов и контакте их при смешении с водой. Это важно при изменении расходов воды, поступающих на смесители.

Исследование работы перегородчатых смесителей показало, что при снижении расхода воды наблюдается неравномерное смешивание ее с реагентами по ширине лотка.

При эксплуатации перегородчатых и дырчатых смесителей необходимо следить за тем, чтобы в воду не попадал воздух. С этой целью проходы этих смесителей должны быть затоплены, причем расстояние от верхней кромки прохода до уровня воды должно составлять 10...15 см. Отводящие из смесителей воду трубопроводы погружаются в воду на глубину 50...60 см от верхней кромки трубопровода.

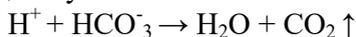
Для работы вертикальных смесителей характерно неполное использование зон у боковых поверхностей, особенно при увеличении или уменьшении расхода воды. В этом случае требуемое время пребывания ее в смесителях необходимо поддерживать дополнительными устройствами, обеспечивающими постоянный расход циркулирующей или пропуском части ее мимо смесителя.

Так, при $t \geq 1,5$ мин начинается процесс хлопьеобразования в объеме воды смесителя. Образующиеся хлопья в смесителе, при переливе воды из желоба в другие сборные устройства и движении ее по трубопроводам к камерам хлопьеобразования, разрушаются. Вторичное хлопьеобразование уже в камерах хлопьеобразования в таких случаях происходит крайне вяло. Хлопья имеют другие, худшие с точки зрения их седиментации структурно-механические свойства, что в свою очередь ухудшает работу отстойных сооружений.

Для улучшения работы смесителей (быстрого и равномерного распределения реагента в воде) рекомендуется устраивать специальные системы распределения раствора реагента в смесителе.

Для интенсификации процесса смешения обрабатываемой воды с коагулянтом и улучшения процесса осаждения ко-

агулированной взвеси применяют аэрирование воды. 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 удаление 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, 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 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. Снижение скорости может привести к тому, что частицы извести осядут на дно смесителя и эффект подщелачивания не будет обеспечен.

Укрупнение коллоидных частиц, образующихся в процессе гидролиза коагулянтов, происходит постепенно в течение длительного времени. Этот процесс протекает в специально устраиваемых камерах хлопьеобразования, в которых соответствующими приспособлениями осуществляется перемешивание, предотвращающее разрушение образующихся хлопьев и в то же время поддерживающее их во взвешенном состоянии.

На структурообразование хлопьев оказывает влияние солевой состав воды: хлориды и бикарбонаты повышают, а сульфаты понижают устойчивость структур. Поэтому в первом случае образуются крупные рыхлые хлопья, во втором – мелкие.

Установлено также, что в интервале температур 3...18 °С при перемешивании на образование хлопьев затрачивается лишь 2...7 % времени, необходимого для достижения того же эффекта без перемешивания, и хлопья получаются более прочные.

Существенное влияние на хлопьеобразование оказывают состав примесей в воде (гидрофобные и гидрофильные), рН, доза коагулянта и его вид, а также ряд других обстоятельств (создание искусственных центров коагуляции, наложение электрического поля, в некоторых случаях наложение магнитного поля, добавление флокулянтов и др.).

В камерах хлопьеобразования завершаются химические процессы, в основном – сорбционные. Оценкой этого завершающего этапа реагентной обработки воды является крупность сформированных хлопьев, обладающих достаточной прочностью для транспортировки их от камер хлопьеобразования до отстойников.

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 [7]. 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, в коммуникациях от камер до отстойников, а также в дырчатых перегородках отстойников скорость движения воды также должна быть в пределах 0,1...0,05 м/с.

Вялое замедленное хлопьеобразование может быть вызвано неправильным гидравлическим режимом, низкими или завышенными дозами реагентов, низкими температурами воды, недостаточным щелочным резервом, несовершенствами методов коагулирования и смешения и т. д.

На процесс хлопьеобразования могут оказывать влияние следующие обстоятельства:

- понижение температуры воды замедляет процесс коагулирования примерно в 2 раза на каждые 10 °С, а при температурах ниже +3 °С процессы гидролиза, хлопьеобразования замедляются настолько, что можно считать их прекратившимися;

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

– предварительное хлорирование воды улучшает процессы коагулирования и хлопьеобразования, при этом расход коагулянта может быть снижен на 20...30%; предварительное хлорирование улучшает санитарное состояние водоочистных сооружений;

– введение в воду флокулянтов (ПАА, АКК и др.);

– введение в воду осадка из отстойников, осветлителей, шлама из отстойной воды фильтров и КО и некоторых замутнителей. Эксплуатационные данные показывают, что в мутных водах хлопья образуются быстрее и лучше, чем в прозрачных. Муть с частицами меньше 3 мкм (наиболее тонкий ил) резко улучшает процесс хлопьеобразования;

– продувание через обрабатываемую воду воздуха в специально оборудованной камере с уложенными на ее дне решетками из перфорированных труб или пористых плит с расходом воздуха $0,15\text{ м}^3$ на 1 м^2 площади резервуара; рекомендуемые расстояния между осями труб 0,9...1,5 м при диаметре отверстий 1,8...2,0 мм, шаг между ними 75...150 мм, глубина барботажа 2...2,5 м при высоте слоя воды не более 4,5 м. Достоинством таких камер являются их низкая стоимость и простота конструкции, а также возможность гибкого регулирования процесса хлопьеобразования в трехфазной системе. Наряду с образованием хлопьев в очищаемой воде в этих камерах происходит и аэрирование.

Камеры хлопьеобразования, независимо от наличия в них осадка, необходимо очищать и обследовать не реже одного раза в год. Чистка камер от отложений как органического, так и неорганического происхождения производится струей воды или скребками. После очистки поверхности камер обрабатываются 5%-м раствором железного купороса. Затем производится дезинфекция их хлорной водой с 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.

6.6. Сооружения по осветлению воды первой ступени

К сооружениям по осветлению воды первой ступени относятся отстойники (горизонтальные, вертикальные, радиальные, полочные), осветлители со взвешенным осадком, флотаторы, гидроциклоны и мультициклоны, крупнозернистые фильтры, барабанные сетки и микросетки.

Сравнительными характеристиками некоторых из названных сооружений могут служить нагрузка на сооружения в $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ и приведенные затраты в рублях на 1 м^3 производительности. Наиболее экономичными являются фильтровальные устройства.

В практике эксплуатации работа сооружений первой ступени может быть оценена двумя показателями: процентом задержания взвеси, представляющим собой отношение количества взвеси G , находящейся в воде, к полному количеству взвеси G_0 ,

$$P = \frac{G}{G_0} \cdot 100\%,$$

и кривой распределения осадка на дне сооружений (для горизонтальных и радиальных отстойников). Эта кривая показыва-

ет, насколько полно использована часть отстойника, предназначенная для сбора осаждаемой взвеси.

Улучшение процесса осаждения взвешенных веществ в динамических условиях может решаться в нескольких направлениях:

- увеличение гидравлической крупности частиц;
- уменьшение горизонтальной скорости потока воды;
- улучшение гидравлических условий движения воды в объеме отстойника;
- улучшение гидравлики распределения воды и ее сбора;
- улучшение условий укрупнения, уплотнения и удаления осадка из отстойника.

Осаждение взвешенных веществ, находящихся в воде (осаждаемость), предварительно проверяется в лабораторных условиях. Некоагулируемая и коагулируемая в воде взвесь всегда состоит из смеси различных частиц, значительно различающихся по весу и крупности, осаждающихся с разной скоростью. Полное представление об осаждении полидисперсной взвеси дают кривые выпадения взвеси. Кривые выпадения получают опытным путем различными методами. Наиболее простым является определение осаждаемости в цилиндрах. Пробы исследуемой воды, в которой предварительно определяется весовая концентрация взвеси, разливаются в 5...6 цилиндров с коническим дном. Затем воду отстаивают и через различные промежутки времени после начала отстаивания из каждого цилиндра сливают накопившийся осадок и определяют его весовое количество. Кривые выпадения взвеси природных вод обращены выпуклой стороной вверх. Это обстоятельство говорит о замедлении процесса осветления, т. е. осаждения частиц, что объясняется неоднородным составом взвеси. Более крупные частицы выпадают в начале процесса осветления, а более мелкие – на последних этапах отстаивания. При однородной взвеси выпадение происходит равномерно и кривая выпадения превращается в прямую линию.

Относительное количество выпавшей взвеси, или эффект выпадения P , находится по формуле

$$P = \frac{G}{G_0} = w \frac{t}{h},$$

где G_0 – весовое содержание взвеси в испытываемой воде до начала осаждения, г; G – количество выпавшей взвеси, г; w – гидравлическая крупность, м/с; t – время отстаивания, с; h – высота столба воды в цилиндре, м.

Из вышеприведенной формулы следует, что

$$W = P \frac{h}{t}.$$

Кривая выпадения взвеси позволяет определить, какой процент взвеси осаждается в любой промежуток времени, а также найти процентное содержание различных фракций взвеси с разной гидравлической крупностью частиц. Для этого необходимо провести касательную к кривой выпадения, например в точке X с абсциссой t и ординатой P . Тангенс угла наклона касательной к кривой, равный $\operatorname{tg} \alpha = dp/dt$, представляет собой скорость накопления осадка в данный момент времени. Предположим, что на момент времени t_0 частицы всех размеров распределены равномерно по всему объему воды, на дно выпадают частицы всех размеров, за исключением частиц, которые успели выпасть ранее, т. е. частиц с гидравлической крупностью $w > h/t$. Значение тангенса угла наклона касательной в точке X определяется накоплением в осадке всех частиц полидисперсной взвеси, гидравлическая крупность которых $w > h/t$. Так как частицы равномерно осаждались в промежутки времени от t_0 до t , то их содержание в осадке определится из выражения

$$P_1 = t \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

а содержание частиц с гидравлической крупностью

$$P_2 = P - P_1.$$

Проводя касательные в разных точках кривой выпадения, можно определить функциональный состав взвеси по интервалам гидравлической крупности. С помощью кривой выпадения можно определить также среднюю полидисперсной взвеси

$$w_{\text{сред}} = P \frac{h}{t},$$

и она может рассматриваться как гидравлическая крупность такой монодисперсной взвеси, для которой по той же высоте столба воды и одинаковой продолжительности отстаивания получаются равные значения P .

Экспериментальные исследования, проводимые для получения кривых выпадения взвеси, относятся к технологическому анализу воды.

Перенос результатов экспериментов по определению осаждаемости взвеси на реальные условия и конкретные сооружения возможен исходя из того, что скорость выпадения взвеси данной крупности постоянна (принимается, что при выпадении взвеси в осадок она не агломерируется), а следовательно, время ее осаждения будет пропорционально высоте слоя осветляемой воды, т.е.

$$\frac{h_1}{t_1} = \frac{h_2}{t_2} = \dots = \frac{h_n}{t_n}$$

или

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{h_2}{h_1}; \quad \frac{t_3}{t_1} = \frac{h_3}{h_1}.$$

Для полидисперсной взвеси может быть определена скорость выпадения, соответствующая заданному проценту задержания взвеси.

Приведенные рассуждения, как уже отмечалось, справедливы для агрегативно устойчивой взвеси, в которой размеры и форма частиц в процессе осаждения не меняются, что имеет место, как правило, при осаждении некоагулированной

взвеси. При осаждении же коагулированной взвеси происходит процесс агломерации частиц взвеси – укрупнение их за счет слипания, т.е. происходит изменение формы и размеров частиц. В связи с этим в практике обработки воды приходится чаще иметь дело с осаждением агрегативно неустойчивой взвеси. Для такой взвеси линейная зависимость между h и t уже не соблюдается. Поэтому при переносе лабораторных данных в реальные условия с коагулированной взвесью справедливо такое соотношение:

$$\frac{t_2}{t_1} = \left(\frac{h_2}{h_1} \right)^n,$$

где n – показатель степени, учитывающий отклонение от линейной зависимости.

По опытам АКХ им. К.Д. Памфилова, значение n колеблется в пределах $0,2 \dots 0,5$ (большее значение принимается для хорошо сформированных крупных хлопьев).

Создание необходимых условий для выполнения названных выше направлений в период эксплуатации зависит от ряда обстоятельств и типа отстойников.

Распределение взвеси в горизонтальных отстойниках по длине является функцией качества хлопьев, образующихся в камерах хлопьеобразования.

При нормальной работе горизонтальных отстойников основная масса взвешенных веществ должна выпадать в первой трети или в первой половине (до $70 \dots 80\%$) их длины по движению воды в любой сезон года.

Объем и структура осадка зависят от характера взвеси, солевого состава воды, вида применяемого коагулянта и других реагентов, температурных условий и других факторов. С течением времени объем осадка коагулировавшихся взвесей уменьшается, что связано с выделением воды, поглощенной поверхностью частиц. Одновременно происходит старение гелей гидроксидов металлов, сопровождающееся уплотнением

их структур. Такое свойство осадка, как текучесть, удобно для удаления его из отстойников.

В процессе эксплуатации распределение по длине выпадающей взвеси может быть измерено с помощью зондов, устанавливаемых через специально устраиваемые отверстия для отбора проб на расстоянии 10 м друг от друга, а также через вентиляционные колонки.

В горизонтальных отстойниках в результате различных температурных условий (температуры воды и грунтов) создаются условия для образования в потоке воды слоев с различными плотностями. Это обстоятельство способствует образованию мертвых зон и зон завихрения, что приводит к изменению гидравлических условий среды – повышению взвешивающей составляющей скорости, приводящей в конечном итоге к торможению осаждения взвеси. Для установления характера направления потоков необходимо снимать поле скоростей. Такое поле дает возможность судить о режиме движения воды в отстойнике, а в случае наличия мертвых зон завихрения внести определенные изменения в гидравлику потока.

При содержании отстойников стремятся к равномерному распределению потока воды по поперечному сечению и сбору ее в конце отстойника. Для этого устраивают поперечные перегородки как в начале, так и в конце отстойника.

Для улучшения работы отстойных сооружений проектируются двухэтажные горизонтальные отстойники без поворота потока воды в горизонтальной или вертикальной плоскости. Преимущество двухэтажных отстойников заключается в значительно меньшей площади застройки, меньшем объеме и расходе бетона на их строительство, а также в снижении высоты зоны осветления и общей высоты этажа.

В последние годы для устранения мертвой зоны и улучшения гидравлических условий работы горизонтальных отстойников строительными нормами установлено, что сбор осветленной воды должен осуществляться системой горизон-

тально расположенных дырчатых труб или желобов с затопленными отверстиями или треугольными водосливами, расположенными на участке $2/3$ длины отстойника, считая от задней торцевой стенки.

Вертикальные отстойники, как правило, проектируются с совмещенными водоворотными камерами хлопьеобразования. Закрученный поток воды в водоворотной камере должен гаситься, стабилизироваться. В гасителе движение воды должно переходить в прямолинейное. Для этого гаситель должен иметь высоту не менее $0,8$ м и быть выполнен в виде решетки с ячейками не более $0,5 \times 0,5$ м. При этом распределение воды при ее повороте из камеры хлопьеобразования в отстойник должно быть равномерным.

В практике эксплуатации установлено, что в медленно поднимающемся потоке воды коагулированная взвесь, постепенно агрегируясь, достигает размеров, при которых скорость ее осаждения становится больше восходящей скорости воды и, как следствие, основная масса взвешенных веществ выделяется в отстойник.

При площади отстойников более 12 м^2 обычно устанавливают в дополнение к периферийному желобу еще и радиальные желоба: при площади отстойника до 30 м^2 – 4 радиальных желоба, при большей площади – $6 \dots 8$ желобов.

Увеличение отношения диаметра к высоте вертикального отстойника ($D : H$) приводит к тому, что возрастают горизонтальные составляющие скорости движения воды из центральной трубы к кольцевому желобу. При отношении $D/H > 3,5$ имеем в основном радиальное направление движения воды. Такие отстойники носят название радиальных отстойников. По характеру движения воды такие отстойники ближе к горизонтальным, но у них скорости меняются от максимального значения в их центре до минимального значения у периферии. Осадок в таких отстойниках, как правило, удаляется механически при помощи скребков. В настоящее время

радиальные отстойники применяются для осветления мутных вод с высоким содержанием взвешенных веществ. Процесс осветления может происходить как без коагулирования, так и с коагулированием.

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, 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, 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°.

Поскольку продолжительность пребывания воды в тонкослойных отстойниках по сравнению с обычными мала, то при их эксплуатации обращается 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 компенсиро-

ваться более длительным пребыванием воды в отстойнике, то в тонкослойных отстойниках это становится невозможным.

Работа отстойников, как горизонтальных, так и вертикальных, может быть интенсифицирована добавлением в воду ПАА и АКК. Улучшение осветления может быть достигнуто также рециркуляцией шлама отстойников, применением прерывистой и концентрированной коагуляции и других технологических приемов.

При эксплуатации отстойников необходимо проверять равномерность распределения воды по отстойникам и гидравлику потоков в самом отстойнике, выявлять и своевременно устранять перекосы кромок переливных лотков и желобов, засорение отверстий в подводящих и отводящих трубопроводах, наличие мертвых зон и зон завихрений, эффективность осаждения взвеси и т. д. Для улучшения работы сооружений необходимо осуществлять равномерное распределение поступающей воды на отстойники и равномерный отбор осветленной воды.

Нормальная работа отстойных сооружений зависит от химической подготовки обрабатываемой воды и от характера образующихся при этом хлопьев коагулянта: чем больше хлопьев и чем они крупнее, тем интенсивнее происходит их выпадение на начальных участках горизонтальных и радиальных отстойников. Существенное влияние на эффект работы сооружений оказывает температура воды. При низких температурах ($t < 3$ °С) процесс хлопьеобразования заметно снижается. С целью улучшения процесса осветления воды в обрабатываемую воду добавляют осадки отстойников для более полного использования их сорбционных свойств. Добавка осадков способствует более интенсивному хлопьеобразованию и осаждению взвеси. Особенно такой прием эффективен в осенне-зимний период, когда температура воды понижается и процесс хлопьеобразования замедляется. Определенной трудностью в этом вопросе представляется перекачка осадка в го-

лову сооружений: происходит разрушение хлопьев в насосе, а это приводит к снижению эффективности применения этого метода.

После чистки отстойники дезинфицируются раствором хлорной воды дозами до 20...40 мг/л. Включение отстойников в работу осуществляется только после получения положительных результатов по бактериологическим показателям.

При выпуске воды и осадка из отстойников на стенках образуется граница, указывающая уровень отложения осадка. Замеры ее высоты по длине горизонтального отстойника, а в вертикальном отстойнике по периметру, могут характеризовать работу отстойников по задержанию взвеси и расположению ее по длине горизонтального отстойника и высоте вертикального отстойника.

6.7. Осветлители со взвешенным осадком

Работа осветлителей со взвешенным осадком основана на явлении контактной коагуляции, которая, в отличие от коагуляции в свободном объеме, протекает на поверхности сорбента. При этом за счет создания взвешенного слоя с достаточно высокой концентрацией частиц в объеме воды коллоидные и взвешенные загрязнения имеют высокую вероятность встречаться с частицами сорбента и под действием молекулярных сил прилипать к их поверхности. Эксплуатация установок с такими процессами и будет заключаться в том, чтобы создавать наиболее благоприятные условия для протекания сорбционных процессов (контактной коагуляции).

Особое значение имеет начальный этап эксплуатации осветлителей со взвешенным осадком – их пуск или «зарядка» и наладка работы. Перед началом пусконаладочных работ необходимо провести пробное коагулирование воды с целью установления требуемой дозы коагулянта. Для более интенсивного процесса хлопьеобразования рекомендуется осу-

щественлять дополнительное коагулирование дозами реагентов, равными 20...25% от начальной расчетной дозы. Для ускорения «зарядки» осветлителей рекомендуется применять коагулянты, образующие более тяжелые хлопья (FeCl_3 , FeSO_4), интенсифицирующие реагенты (ПАА, АКК и др.), а также использовать шлам из подобных работающих сооружений. Накопление расчетного слоя осадка (фильтра) должно происходить при закрытой задвижке, установленной на систему принудительного отсоса.

Основными параметрами, определяющими интенсивность формирования взвешенного слоя и содержание в нем взвеси, являются качество исходной воды (наличие взвешенных веществ, температура, химический состав), гидравлические условия (скорости восходящего потока воды в зоне осветления и защитной зоне), а также химический состав и структура осадка в самом взвешенном осадке (прочность, объемный вес, крупность).

После того как верхняя граница взвешенного слоя достигнет верха шламоотводящих труб (в осветлителях с донным шламоуплътнением) или уровня специальных окон (в осветлителях с вертикальным осадкоуплътнителем), для удаления излишков непрерывно прирастающего взвешенного слоя открывается задвижка на системе принудительного отсоса с таким расчетом, чтобы через нее проходил расход воды, равный 15...25% производительности осветлителя.

Контроль прироста взвешенного слоя осуществляется путем отбора проб воды через контрольные краники, а также путем отбора проб на разных высотах с помощью вакуум-насоса, батометра или измерения глубины погружения электрической лампочки низкого напряжения (12 В), опускаемой в осветлитель сверху на шнуре.

Образование в осветлителе взвешенного слоя производится при скорости восходящего движения воды 0,8...1,0 мм/с; заданная скорость движения воды устанавливается после

«зарядки». Перевод осветлителя на более высокую скорость (или производительность) осуществляется постепенным открытием задвижки на подающей трубе, чтобы не было выноса взвешенных частиц в сборные желоба. В целях более равномерного распределения воды по сечениям в осветлителях коридорного типа, а также для лучшего смешения ее в зоне реакции на дно коридоров рекомендуется укладывать слой гравийной засыпки высотой 200...250 мм, с крупностью гравия 40...50 мм.

Осадок из шламоуплотнителя удаляют без выключения подачи коагулированной воды, т.е. не останавливая осветлитель. Выкачивание осадка может осуществляться мембранным насосом в течение 50...60 мин, после этого осадок должен подаваться на обезвоживание (иловые площадки, фильтр-прессы и т. п.). Во время удаления его из камер шламоуплотнителей желательно задвижку на системе принудительного отсоса прикрыть (по крайней мере, наполовину) для того, чтобы при прохождении воды через шламоуплотнитель не понижать концентрацию осадка излишним разбавлением.

Кроме одноразового выпуска осадка в смену (или в сутки), 1...2 раза в год необходимо производить генеральную чистку шламоуплотнителя и камер осветления. Процесс чистки осуществляется следующим образом: подача воды в осветлитель прекращается, производится его опорожнение через донный спуск; через шламоотводящую трубу вода подается в камеру шламоуплотнения с целью размыва оставшегося на ее стенках и на дне осадка.

Контроль за смывом осадка в осветлителях с поддонным шламоуплотнителем осуществляется через лаз (диаметр которого должен быть не менее 600 мм). Если полностью смыть уплотненный осадок с помощью воды, поступающей через шламоотводящую трубу или брандспойт, не удастся, то накопление шлама удаляют лопатами, скребками или специальными механизмами. При чистке камер осветлителей попутно произ-

водится осмотр задвижек, перебивка сальников, а также осмотр и ремонт других его деталей.

Выпуск осадка из междудонного пространства в осветлителях с поддонным шламоуплотнителем производится во время чистки последнего. Удаление осадка в этом случае может осуществляться путем подачи увеличенных расходов воды (в 2...2,5 раза больше обычных) в междудонное пространство. Если при этом поднять и смыть слежавшийся осадок на герметичном дне не удастся, то его удаляют с помощью механизмов [7].

При эксплуатации осветлителей со слоем взвешенного фильтра большое внимание следует уделять обработке маломутных цветных вод, особенно в период интенсивного нагрева поверхностных вод после весеннего снеготаяния. В некоторых случаях устойчивая работа осветлителей в этот период может быть обеспечена только при значительно пониженных скоростях восходящего потока воды в зоне осветления. Исследования показывают, что скорость восходящего потока ниже осадкоотводящих устройств следует принимать не больше 0,65 мм/с для коридорных осветлителей и не больше 0,9 мм/с для осветлителей, разработанных во ВНИИГСе.

Как при пуске, так и во время эксплуатации осветлителей со взвешенным осадком требуется постоянно отрабатывать следующие параметры:

- подбор оптимальных доз для реагентов в разные сезоны года для обработки воды и установления наилучшего режима дозирования и ввода их в обрабатываемую воду;
- равномерное распределение воды по осветлителям и по площади каждого осветлителя в отдельности;
- создание плотного и устойчивого взвешенного осадка в осветлителе с установлением его оптимальной высоты;
- установление оптимальной скорости восходящего потока воды в осветлителе и определение производительности его в разные периоды года;

– установление периодичности и продолжительности сброса осадка из осадкоуплотнителя при продувке осветлителя, определение потерь воды при продувке;

– отделение воздуха и газов, образующихся при химических реакциях; для этого необходимо предусматривать специальные устройства – воздухоотделители.

Опыт эксплуатации осветлителей типа ВНИИГС показывает, что при значительной мутности осветляемых вод в результате засорения осадком отверстий дырчатого днища образуется скопление осадка, и это препятствует нормальной работе осветлителей.

В то же время работа осветлителей коридорного типа, разработанных институтом «Союзводоканалпроект», также не всегда удовлетворяет всем требованиям технологии процесса: расположение шламоотводящих окон с одной стороны осветлителя приводит к искажению скоростного поля потока воды в зоне осветления и негоризонтальности границы взвешенного осадка. У стенки осветлителя, где нет шламоотводящего окна, уровень подъема взвешенного слоя выше, чем у стенки с окном. Это обстоятельство может привести к выносу шлама в защитную зону.

Для нормальной работы осветлителей необходима четкая граница взвешенного слоя, которая зависит от количества и свойств образующего осадка, температура воды, равномерности распределения воды по сечению сооружений и скоростей движения ее в разных зонах. Температура воды не должна изменяться более чем на 1°C в 1 ч, а постепенное изменение расхода воды не должно превышать $\pm 15\%$ в 1 ч, чтобы избежать разрушения взвешенного слоя конвекционными потоками и выноса осадка из осветлителя. При эксплуатации осветлителей скорость восходящего потока в зоне осветления и коэффициенты распределения воды между зоной осветления и зоной отделения осадка зависят от общего содержания взвешенных веществ в воде, поступающей на осветлитель, и сезона года.

В последнее время стали широко внедряться в практику осветления воды осветлители-рециркуляторы АКХ ЛО, имеющие более высокие технологические показатели по сравнению с применяемыми осветлителями. Осветлители-рециркуляторы рекомендуется применять для обработки цветных маломутных вод [7].

В зарубежной практике получили распространение осветлители с вертикальными мешалочными камерами хлопьеобразования и осадкоуплотнителями гравитационного типа с малым временем отстаивания (пресипитаторы, акселейторы, реактиваторы и др.). Во Франции используются осветлители-пульсаторы, в которых пульсирующее движение воды во взвешенном слое осадка улучшает его перемешивание и этим повышает эффективность работы осветлителей.

Для работы осветлителей любого типа в конкретных условиях составляются соответствующие инструкции, учитывающие местные условия и конструктивные особенности осветлителей со взвешенным осадком.

6.8. Флотационные установки

Для предварительного осветления и обесцвечивания хозяйственно-питьевой воды перед поступлением ее на фильтры находят применение флотационные установки (ФУ) [7]. Они могут быть использованы как при строительстве новых, так и при реконструкции существующих очистных сооружений путем переоборудования отстойников, осветлителей со взвешенным осадком, отдельных емкостей и т. п. Флотационные установки рекомендуется применять при обработке маломутных цветных вод поверхностных водоисточников.

Перед пуском ФУ в эксплуатацию проводится гидравлическое испытание всех систем. Испытание устройств, в которых готовится водовоздушная смесь, должно быть проведено в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

Порядок пуска ФУ заключается в следующем: производится заполнение флотационных камер предварительно осветленной водой до рабочего уровня; включается насос и компрессор, устанавливается рабочее давление и уровень водовоздушного раствора в напорном баке; визуально определяется равномерность выделяющихся пузырьков воздуха из распределительных трубопроводов во флотационной камере. Нормальным считается такое распределение, при котором образуется устойчивая водовоздушная эмульсия молочного цвета без выделения крупных пузырьков воздуха.

Во время работы ФУ ведутся наблюдения за равномерным распределением водовоздушного раствора в объеме обрабатываемой воды, степенью ее осветления, скоростью образования пены, равномерностью распределения ее по всей поверхности камеры. Сброс пены из флотационной камеры может быть непрерывным и периодическим. Периодичность сброса флотационной пены устанавливается из условия предотвращения разрушения ее в камере и тем самым предупреждения вторичного загрязнения воды, а также по санитарным соображениям. Время пребывания пены должно быть не более 8 ч.

Для флотационного осветления рекомендуется использовать очищенные коагулянты. При применении неочищенных коагулянтов растворы их следует предварительно подвергать отстаиванию в течение 20...30 мин.

Для повышения эффекта хлопьеобразования используются флокулянты и осуществляется продувка воды воздухом в смесителях. Дозы флокулянтов выбираются с учетом конкретных условий и могут меняться по сезонам года.

Обрабатываемая вода после флотационной установки имеет повышенное содержание воздуха, что может повлиять на работу фильтров. С целью исключения засорения загрузки фильтров воздухом, который, как правило, сохраняется на по-

верхности взвешенных частиц, рекомендуется содержание последнего доводить до 3...8 мг/л (в зависимости от местных условий).

На поверхности флотирующих устройств образуется пена, состоящая из пузырьков воздуха или газов, несущих на себе удаляемые из воды примеси. Пена должна обладать определенной прочностью, не допускающей обратного попадания загрязнений в воду, и определенной подвижностью при перемещении ее к сбросным устройствам. Устойчивость и подвижность пены зависят от свойств и количества реагентов и загрязнений, вносимых в пенный слой. Стабилизация пены способствует наличию в воде поверхностно-активных веществ. Для удаления пены с поверхности воды используются различные способы и механизмы: скребки-транспортёры, сдувка, создание над поверхностью пенного слоя повышенного давления и др.

Флотационные установки рекомендуется применять при обработке маломутных цветных вод поверхностных источников воды.

Пуск в эксплуатацию ФУ начинается с проведения гидравлических испытаний. Особое внимание уделяется испытанию узла подготовки и системы подачи водовоздушного раствора. Кроме того, узел подготовки водовоздушного раствора проверяется на надежность его работы. Эта проверка включает:

- заполнение флотационных камер предварительно осветленной водой (или водой хозяйственно-питьевого водопровода) до рабочего уровня;

- включение насоса и компрессора; при этом устанавливается рабочее давление и уровень водовоздушного раствора в напорном баке, в трубопроводах и расчетные расходы воды и воздуха;

– определение равномерности работы распределительной системы во флотационной камере и качество выделяющихся пузырьков воздуха; работа распределительной системы считается нормальной, если образуется устойчивая водовоздушная эмульсия молочного цвета равномерно по всей площади флотационной камеры, без выделения отдельных крупных пузырьков воздуха.

В период эксплуатации ФУ ведется постоянное наблюдение за равномерным распределением водовоздушной смеси в объеме обрабатываемой воды, степенью осветления воды, скоростью образования пены и ее сбросом в лотки. По санитарным соображениям время нахождения пены во флотационной камере принимается не более 8 ч.

Дозы реагентов принимаются в соответствии со строительными нормами и уточняются в зависимости от конкретных условий.

Чтобы не было засорения загрузки фильтров воздухом, который может остаться вместе с оставшейся в воде взвесью, количество последней в обычных условиях должно быть не более 8 мг/л, а при необходимости глубокой очистки – 3...5 мг/л. Требуемый эффект очистки воды достигается путем подбора доз реагентов и изменением расхода водовоздушного раствора. Особое внимание должно быть уделено улучшению хлопьеобразования взвеси, которое может быть достигнуто продувкой воздуха в смесителях и применением флокулянтов.

Дозы флокулянтов выбираются с учетом глубины осветления воды во флотационной камере.

В процессе эксплуатации ведутся наблюдения за равномерностью образования пены по всей поверхности камеры и устанавливается периодичность и продолжительность ее сбора.

Максимальное время накопления и уплотнения пены во флотационной камере определяется возможностью ее транспортирования по лоткам и трубопроводам.

6.9. Гидроциклоны

Применение напорных и открытых гидроциклонов и технологии очистки природных, а также оборотных вод связано с выделением грубодисперсных примесей. В некоторых случаях гидроциклоны могут успешно заменять горизонтальные отстойники и другие отстойные сооружения, обеспечивая значительное сокращение рабочих площадей и капитальных затрат. Так, для механической очистки 1000 м³/сут речной воды требуется горизонтальный отстойник площадью около 70 м². При очистке этого же количества воды в напорных гидроциклонах D = 15 мм потребуются рабочая площадь для их размещения 1 м², а капитальные затраты будут меньше в 15...20 раз.

Гидроциклоны [7] работают в условиях постоянства давления подаваемой воды, не превышающего 15·10⁴...20·10⁴ Па (1,5...2,5 атм). Эффект осветления мутных вод в циклонах диаметром от 15 до 250 мм колеблется от 35 до 95% в зависимости от дисперсности примесей. Шлам от них направляется в отстойники-сгустители. Объем его колеблется от 2 до 5% общего расхода обрабатываемой воды.

Положительной стороной при эксплуатации циклонов является отсутствие вращающихся механизмов при генерировании центробежных сил. Фактор разделения в аппарате с малым диаметром цилиндрической части может достигать нескольких тысяч:

$$\Phi_p = v_{\text{л}}^2 / (Rg),$$

где $v_{\text{л}}$ – линейная скорость вращения массы воды; R – радиус вращения, принимаемый равным радиусу циклона; g – ускорение силы тяжести.

Глубина очистки воды от примесей зависит от крупности частиц и их плотности. В случае необходимости применения коагуляции для достижения требуемой степени очистки гидравлическая крупность рассчитывается по кривым кинетики

отстаивания коагулированной воды при оптимальной дозе коагулянта.

При эксплуатации гидроциклонных батарей необходимо стремиться к равномерному распределению воды между отдельными аппаратами.

При удалении шлама из циклонов возможен прорыв воздуха из атмосферы и поступление его в гидроциклон, что нарушает режим его работы. Это связано с тем, что вдоль оси гидроциклона образуется так называемый воздушный шнур, давление в котором создается ниже атмосферного. Вследствие этого через шламовое отверстие периодически прорывается воздух, который подхватывает и выносит в поток воды крупные частицы шлама. Для создания постоянного режима работы гидроциклона рекомендуется автоматическое регулирование вакуума, что значительно усложняет конструкцию и практически не применяется в производственных условиях. Для решения этого вопроса имеется гидроциклон со специальной шламовой камерой, выполняющей роль гидравлического затвора. В предложенной конструкции воздух в воздушный шнур гидроциклона поступает не через шламовую насадку, где возможен захват частиц, а сверху – через сливную диафрагму. Это обеспечивается установкой шламовой камеры, предотвращающей подсос воздуха, и воздушного патрубка, соединяющего сливную камеру с атмосферой. Через эту камеру и поступает воздух в воздушный шнур.

6.10. Сооружения по осветлению воды второй ступени

К сооружениям второй ступени по очистке воды относятся медленные фильтры, скорые одно- и двухслойные фильтры, контактные осветлители (КО), контактные фильтры (КФ), фильтры АКХ, намывные фильтры, фильтры с плавающей загрузкой и др.

Наибольшее распространение в практике подготовки питьевой воды получили скорые однослойные фильтры и КО.

Основным понятием, характеризующим процесс движения очищаемой воды через зернистые загрузки, является фильтруемость.

Фильтруемость характеризуется сравнительной скоростью фильтрования данной воды через бумажный фильтр по отношению к скорости фильтрования дистиллированной воды. Показатель фильтруемости Φ выражается отношением времени одинаковых объемов (обычно 100 мл) дистиллированной (t_d) и используемой воды (t_n):

$$\Phi = t_d/t_n.$$

Обычно фильтрование производят через плотный бумажный фильтр при температуре 18° С, разрежении 125 мм и $d = 25$ мм.

6.11. Подготовка загрузки фильтрующих устройств

Эффект очистки воды фильтрованием зависит от величины и свойств фильтрующего материала, скорости фильтрования, количества и фракционного состава взвешенных в воде примесей, а для скоагулированных веществ также от прочности образующихся агрегатов. В скорых фильтрах применяемый зернистый материал может быть разделен на две группы: материал, применяемый непосредственно для фильтрования, и материал для поддержания фильтрующего слоя.

В качестве фильтрующей зернистой загрузки применяются такие материалы: кварцевый песок, антрацит, керамзит, дробленая крошка из керамики, фарфора, стекла, мрамора, магнезита и других инертных материалов, шлаковая пенза, горелые породы, доменный шлак и т. д. (табл. 12).

Таблица 12

Физико-химическая характеристика инертных зерен
фильтрующих материалов

Материалы	Плотность, г/см ³	Пористость слоя	Взвешивающая скорость, см/с	ζ-потенциал частиц, мВ	Насыпная масса, г/см ³
Кварцевый песок	2,59	30...40	16...25	-172	1,5...1,7
Крошка: стеклянная	2,35	35...48	14...17	-184	1,1...1,3
фарфоровая	2,17	35...42	15...18	-197	1,3...1,4
керамическая	2,41	36...46	14...15	-190	1,3...1,6
Песок: из керамзита	2,32	49...64	11...12	-200	0,5
из аглопорита зольного	2,5	49...56	14...15	-207	0,6...0,9
из аглопорита лессового	2,42	48...54	13...17	-190	1,0...1,4
из шлаковой пемзы	2,6	45...49	16	-160	1,0...1,3
из доменного шлака	2,6	43...44	12...14	-157	1,2...1,5
из горных пород терриконов	2,37	38...41	13...15	-194	1,4...1,6
Дробленый антрацит	1,67	37...41	13...14	-102	0,9

Примечание. Определение ζ-потенциала дисперсной фазы проводилось в растворе $Al_2(SO_4)_3$ с удельной электропроводностью $32,4 \cdot 10^5 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$.

Гранулометрический состав песка должен находиться в пределах от 0,5 до 2,0 мм при $d_3 = 0,9 \dots 1,1$ мм с коэффициентом неоднородности $K_n = 2,2$.

Отклонение содержания фракций крупнее 2 мм не должно превышать 5% и мельче 0,5 мм не более 10% по массе, а отклонение эквивалентного диаметра зерен $\pm 5\%$ и коэффициента неоднородности $\pm 10\%$. Содержание пылевидных, глинистых и илистых частиц, определяемых методом отмучивания, должно быть менее 0,5% по массе.

Любая загрузка проверяется на механическую прочность (истираемость – не более 0,5% по массе, измельчаемость – не более 4% по массе) и химическую стойкость.

Определение расчетного количества (массы) поставляемого фильтрующего материала P_p с учетом установленной договором влажности (приведенная масса) осуществляется по формуле

$$P_p = \frac{1 + W_{расч}}{1 + W} P,$$

где $W_{расч}$ – расчетная влажность в долях единицы, принятая при заключении договора о поставке фильтрующего материала; W – фактическая влажность поставляемого песка в долях единицы по массе; P – масса поставляемого песка с фактической влажностью, т.

Оценка качества фильтрующего материала производится отбором пробы от каждой партии массой 50 т.

Гранулометрический состав загрузки определяется ситовым анализом после ее высушивания в термостате при 105 °С. Для ситового анализа берется навеска средней пробы не менее 1 кг и сита с размерами ячеек от 0,25 до 2 мм. Рассев песка производится навесками не более 150...200 г.

Среднюю пробу фильтрующего материала из данной партии получают следующим образом: отобранную пробу, взятую из разных мест, общим весом 16...20 кг тщательно перемешивают и сокращают методом квартования до размера, требуемого при испытаниях. Для этого песок тщательно перепопачивают и разравнивают слоем 2...3 см, после чего площадь, на которой находится песок, делят на четыре равные части. Две из них, расположенные по диагонали, отбрасывают. Оставшиеся две части снова тщательно перемешивают и делят на четыре части. При этом отбрасывают две части, расположенные по противоположной диагонали по сравнению с первым делением. Оставшуюся часть опять тщательно перемешивают, разравнивают слоем 1...2 см и делят на равные квадраты

со сторонами 10...20 см. Из каждого квадрата совком или шпателем берется примерно одинаковое количество песка и смешивается. Это и есть средняя проба. Масса ее должна быть около 2 кг. Этого достаточно для проведения всех испытаний.

Для проведения ситового анализа используются стандартные почвенные или другие сита. Перед употреблением все виды сит должны быть прокалиброваны.

Калибровка производится в следующем порядке. В сито насыпают 150...200 г предварительно высушенного песка, закрывают его крышкой и встряхивают до тех пор, пока весь песок, который может пройти через отверстия сита, будет просеян. Затем подкладывают под сито лист белой бумаги и встряхивают сито еще несколько раз. Выпавшие при этом зерна пересчитывают и взвешивают.

Калибр сита определяется по формуле

$$d = \sqrt{\frac{6q}{\pi n \gamma_m}},$$

где q – масса зерен, выпавших при вторичном встряхивании, мг; n – число зерен, шт.; γ_m – удельная масса песка, мг/мм³.

Ситовый анализ песка производится через все сита сразу, если они комплектные, или по очереди, начиная с самого крупного.

При расसेве, во избежание забивания отверстий сита, рассеиваемый песок должен быть предварительно высушен.

При просеивании песка через набор сит необходимо после нескольких минут просеивания порции песка через все сита проверить выход мелких фракций через каждое сито путем дополнительного встряхивания каждого сита над листом белой бумаги. Прошедшие через сито остатки мелких фракций собираются и переносятся на последующее сито. Застраившие в ячейках сита песчинки извлекаются иглой и считаются не прошедшими через данное сито.

Порции песка, оставшиеся на каждом сите, взвешиваются на технических весах.

Для определения характеристики годной фракции песка крупностью 2...0,5 мм составляются табл. 13 и 14.

По данным табл. 14 строится график по определению коэффициента неоднородности: на оси ординат откладывается процент прошедшей фракции (гр. 4, табл.14), а на оси абсцисс – калибр сит (гр.1, табл.14).

Коэффициент неоднородности определяется по формуле

$$K_H = d_{80}/d_{10}.$$

Таблица 13

Результаты рассеивания
средней пробы песка через сита

Калибр сита, мм	Остаток на сите	
	г	%
2,0	63,6	6,8
1,5	138,9	15,1
1,0	199,6	21,7
0,70	183,8	20,0
0,50	230,6	25,1
0,25	103,5	11,3
	920,0	100

Примечание. Из таблицы следует, что процент годного песка от его общего количества составляет $100 - 6,8 - 11,3 = 81,9\%$.

Таблица 14

Определение фракционного состава песка

Калибр сита, мм	Остаток на сите		Прошло че- рез сито, %	Средний диаметр фракций, мм
	В % от обще- го количества песка	В % к количе- ству годного песка		
2,0	6,8	-	93,2	-
1,5	15,1	17,0	78,1	1,75
1,0	21,7	25,6	56,4	1,25
0,7	20,0	23,6	36,4	0,85
0,5	25,1	29,8	11,3	0,60

Высокий коэффициент неоднородности снижает гряземкость загрузок, так как в процессе неоднократных промывок происходит гидравлическая сортировка песка с выносом мелких фракций наверх. В результате этого основная масса загрязнений задерживается самым верхним слоем (в фильтрах) загрузки, а остальной объем загрузки практически не используется.

Эквивалентный диаметр $d_{\text{эКВ}}$ зерен можно вычислить по уравнению

$$d_{\text{эКВ}} = \frac{100}{\frac{P_1}{d_1} + \frac{P_2}{d_2} + \frac{P_3}{d_3} + \dots + \frac{P_i}{d_i}},$$

где $d_1, d_2, d_3, \dots, d_i$ – средний диаметр зерен отдельных фракций песка; $P_1, P_2, P_3, \dots, P_i$ – процентное содержание фракций песка.

Механическая прочность и химическая стойкость фильтрующего материала определяются по методикам, разработанным ВНИИ ВОДГЕО.

Механическая прочность материала оценивается двумя показателями: истираемостью и измельчаемостью.

Истираемость характеризуется процентом износа материала вследствие трения зерен друг о друга во время промывки, а измельчаемость – процентом износа вследствие растрескивания зерен. Потери фильтрующего материала вследствие истирания не должны превышать 2,5% в год.

Для оценки этих показателей 100 г фильтрующего материала, просушенного при температуре 60° С, просеянного через сито с отверстиями 1 мм и оставшегося на сите с отверстиями 0,5 мм, помещают в банку со 150 мл воды и встряхивают в течение 24 ч на лабораторной установке для встряхивания (шюттель-машине). После встряхивания содержимое банки переливают в фарфоровую выпарную чашку, выпаривают при температуре 60° С. Содержимое чашки рассеивают последовательно на ситах 0,5 и 0,25 мм и взвешивают. Процент истира-

емости материала определяют весом его частиц, прошедших после встряхивания через сито с отверстиями 0,25 мм.

Процент измельчаемости материала определяется весом его частиц, прошедших после такого же встряхивания через сито с отверстиями 0,5 мм и оставшихся на сите с отверстиями 0,25 мм.

Удовлетворительный с точки зрения механической прочности фильтрующий материал должен иметь процент измельченности не более 4 и процент истираемости – не более 0,5.

Оценка химической стойкости осуществляется с целью проверки стойкости фильтрующих материалов по отношению к фильтруемой воде. Основным требованием является то, чтобы фильтруемая вода не обогащалась веществами, вредными для людей в хозяйственно-питьевых водопроводах или для технологии того производства, где она используется.

При определении химической стойкости фильтрующей загрузки в четыре колбы помещают по 10 г испытуемого материала, предварительно отмытого от загрязнений и просушенного при 60 °С. В каждую колбу наливают по 500 мл дистиллированной воды. После этого в одну колбу добавляют 250 мг хлористого натрия (нейтральная среда), во вторую 100 мг соляной кислоты с плотностью 1,19 (кислая среда), в третью – 100 мг едкого натра (щелочная среда), а в четвертую колбу не добавляют.

Содержимое колб взбалтывают через каждые 4 ч. После 24 ч контакта фильтрующего материала со средой, его отфильтровывают. В полученном фильтрате из каждой колбы определяют растворенный остаток, окисляемость и концентрацию кремниевой кислоты.

Удовлетворительный по химической стойкости фильтрующий материал в результате такого испытания должен давать следующие величины прироста: растворенного остатка – не более 20 мг/л, окисляемости – 10 и кремниевой кислоты – 10 мг/л.

Кроме этих величин определяют пористость насыпного материала. Эта величина определяется по формуле

$$m = \left(1 - \frac{\gamma_0}{\gamma_v} \right) 100 ,$$

где γ_0 – объемная масса песка, г/см³; γ_v – удельная масса песка, г/см³.

Для определения удельной массы песка мерный сосуд емкостью 500 мл наполняется водой до объема 200 мл. Проба испытуемого песка высушивается при температуре 105 °С. Навеска сухого песка не менее 200 г погружается в цилиндр при помешивании палочкой для удаления пузырьков воздуха и по метке измеряется объем воды с песком.

Удельная масса песка равна

$$\gamma_v = q / (V_2 - V_1),$$

где q – навеска песка, г; V_1 – объем воды в цилиндре, см³; V_2 – объем воды при погружении песка, см³.

Антрацитовая крошка изготавливается из антрацита марок АП, АК и АС. При дроблении антрацит должен превращаться в зерна кубической или близкой к шару форме. Антрацит слоистого строения для загрузки в фильтры непригоден. Зольность антрацитовой крошки должна составлять не более 5%, содержание серы – не более 3%; антрацитовая крошка после загрузки в фильтры должна замачиваться в течение 24 ч.

Грязеемкость антрацитового фильтра превышает грязеемкость песчаного на 13...15%, интенсивность промывки при 50%-м расширении в 2 раза меньше и потери напора на 16% меньше, чем на песчаном фильтре.

Антрацитовая крошка применяется в тех случаях, когда необходимо исключить попадание в обрабатываемую воду кремниевой кислоты (например, при обессоливании воды).

Керамзит представляет собой гранулированный пористый материал, получаемый из легкоплавких глин при обжиге в специальных печах. Промышленностью выпускается керам-

зит в виде песка (фракция до 5 мм) и гравия размером 5...40 мм. В зависимости от насыпной плотности керамзитовый песок делится на марки 500, 600, 800, 1000 и 1200, а керамзитовый гравий – на марки 250, 300, 350, 400, 500 и 600. Керамзит имеет состав, %: SiO_2 – 50...70; $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2)$ – 10...20; Fe_2O_3 – 3...10; CaO – до 3; R_2O_5 – 2,5...5.

Требуемые для загрузки фильтров фракции керамзитового песка могут быть получены путем отсева из керамзитового несортированного песка марки 400...600 с последующим отсевом требуемых фракций. Плотность керамзитового песка в замоченном виде должна быть 1,2...2 г/см³, пористость при загрузке в воде – не менее 45%.

Гранулированный активированный уголь, применяемый в качестве фильтрующего материала для верхнего слоя в двухслойных фильтрах, должен иметь удельный вес 0,4...0,5, размер зерен 1...3 мм и быть устойчивым против истирания. Этим требованиям отвечает уголь марки АГ-3.

Перед загрузкой фильтров загружаемый материал должен быть хорошо промыт чистой водой. В некоторых случаях для удаления углеродистых примесей его рекомендуется вымачивать в 2...3%-м растворе соляной кислоты в течение 2...3 ч. В отдельных случаях (например, при проведении экспериментальных работ) песок заливается 5%-м раствором едкого калия и выдерживается 1,5...2 ч.

После кислой и щелочной обработки фильтрующего материала загрузка вторично промывается очищенной (водопроводной) водой.

Состояние фильтрующей загрузки, ее износ и загрязнение, а также восполнение ее потерь осуществляются в соответствии с установленными правилами ППО и ППР.

Для поддержания фильтрующего слоя применяется гравий и щебенка следующего фракционного состава: от 20 до 40, от 10 до 20, от 5 до 10 и от 2 до 5 мм. Наличие частиц крупнее или мельче пределов установленных фракций не должно пре-

вышать 5% по массе. Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм не должно быть более 10% по массе. К таким зернам относятся частицы, у которых ширина (или толщина) меньше длины в 3 раза и более. Пылевидные, глинистые и илестые частицы в общей массе гравия или щебня не должны превышать 0,5%. Примеси известняка не должны превышать 10% от общего объема материала.

Химическая стойкость зерен поддерживающего слоя определяется по методике, приведенной для зерен фильтрующего слоя.

Высота отдельных фракций поддерживающего слоя и общая высота его устанавливаются строительными нормами по проектированию систем водоснабжения.

Удельная масса гравия или щебня должна составлять 2,6...2,7 т/м³.

Доставляемый на станцию фильтрующий материал и гравий необходимо мыть и сортировать сразу же после их доставки. Промытый и отсортированный загрузочный материал должен храниться в закромах или штабелях, защищенных от внешнего загрязнения. Подбор фильтрующего материала для одно- и двухслойных фильтров АКХ и КО изложен в Правилах [1], ТУ 401-08-561 – 81 («Песок – заполнитель водопроводных фильтровальных сооружений»), ТУ 401-08-119 – 80 («Гравий – заполнитель контактных осветлителей и скорых фильтров водопроводов») и др.

6.12. Крупнозернистые и сетчатые фильтры

Крупнозернистые фильтры. Они применяются в качестве первой ступени для частичного осветления воды без коагулирования или с коагулированием. Условия эксплуатации этих фильтров подобны эксплуатации фильтрующих устройств, применяемых для глубокой очистки воды.

Сетчатые фильтры и микросетки. Для предварительной очистки поверхностных вод от примесей в настоящее время широко применяют вращающиеся барабаны с сетками сечением $0,3 \times 0,3$ или $0,5 \times 0,5$ мм для удаления плавающих и взвешенных примесей и микросетками с размерами ячеек до 40 мкм для удаления взвешенных примесей и планктона с периодической или непрерывной промывкой их водой. Общий расход промывной воды на промывку сеток составляет до 0,5% и микросеток до 1,5% от количества профильтрованной воды.

При осветлении воды, содержащей глинистую взвесь, микросетки задерживают от 20 до 40% от общего ее количества. При удалении из воды фитопланктона микросетки снижают число клеток диатомовых водорослей в воде на 50...90%. Оптимальным перепадом напора, при котором микросетки лучше всего осветляют воду, является 0,1...0,15 м вод. ст. при осветлении воды и 6...8 см вод. ст. при удалении из воды фитопланктона.

Для промывки сетчатых элементов может быть использована вода, обработанная на очистных сооружениях станции (до ее хлорирования), вода, прошедшая обработку на сетчатых фильтрах с дополнительной ее очисткой от примесей, способных забивать промывные насадки, а также вода из сети хозяйственно-питьевого водопровода.

Промывная вода после микрофильтров и барабанных сеток (модернизированных – МФМ и БСМ) сбрасывается в водосточную систему очистной станции и обрабатывается совместно с другими стоками.

Общие правила эксплуатации МФМ и БСМ излагаются в инструкции завода-изготовителя. Конкретные вопросы рассматриваются в инструкции, составляемой для конкретных условий на каждой станции.

Перед пуском сетчатых фильтров в эксплуатацию должен быть подготовлен обслуживающий персонал, при этом

необходимо обратить внимание на технику безопасности при монтаже, эксплуатации и реконструкции сооружения.

При монтаже или при проведении ремонтных работ заполнение водой камеры во избежание повреждения фильтрующих элементов следует производить медленно, регулируя подачу прикрытием задвижек.

Для обеспечения нормальной эксплуатации сетчатых фильтров необходимо:

- отрегулировать поступление воды на сетчатые фильтры; расход воды на установки должен быть одинаковым;

- следить за работой промывного устройства, добиваясь равномерного распределения воды вдоль барабана;

- постоянно вести наблюдения за степенью загрязнения сетчатых элементов, не допуская превращения расчетного перепада воды в установке;

- следить за исправностью сетчатых элементов, устранять течи, неплотности крепления сетчатых элементов и прорывы. Сетчатые элементы могут выходить из строя в результате обрастания водорослями, микроорганизмами, механического износа, коррозии, повреждения, истирания;

- контролировать исправность привода и подшипников;

- вести ежедневный журнал работы.

Периодичность ППО и ППР сетчатых фильтров устанавливается руководством станции.

При проведении ППО обращается внимание на наличие биения и шумов в работе привода и подшипников и устраняются причины их возникновения; проверяется состояние заземления электрооборудования и изоляции питающего кабеля, крепления сетчатых элементов.

При выполнении ремонтных работ и замене отдельных элементов сетчатых фильтров необходимо применять материалы (краски, лаки и т. п.), разрешенные Министерством здравоохранения для контакта с питьевой водой.

На станции необходимы запасные сетки из расчета одна резервная на десять рабочих.

В ежедневный журнал работы записываются все эксплуатационные показатели: время, расход воды, неполадки, проведенные ППО и ППР. Для удобства пользования журналом необходимо подсчитывать средние показатели работы установки за каждую смену, сутки, месяц и год.

6.13. Скорые фильтры

Режим и эффективность работы фильтров во многом зависят от качества предварительной очистки воды, т. е. очистки воды на сооружениях первой ступени, и совершенства 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 [7] может быть разделен на следующие стадии: 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 отстоенной водой с целью вытеснения воздуха из порового пространства фильтрующего слоя и исключения нарушения горизонтальности (размыва) сухого слоя песка при подаче воды сверху. Когда уровень воды в фильтре будет выше поверхности песка на 200...300 мм, пуск воды снизу прекращают и начинают подавать ее 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).

При загрузке двухслойных фильтров с верхним слоем из антрацитовой крошки работы осуществляются в два этапа. Сначала фильтр загружается только гравием и песком и эксплуатируется в течение месяца для гидравлической классификации (во время промывок) зерен песка. За это время с поверхности фильтра удаляется мелкий песок (фракция меньше 0,5...0,6 мм). Лишь после того как ситовый анализ верхнего слоя песка покажет почти полное отсутствие мелочи, приступают к загрузке фильтра антрацитовой крошкой. Для этого фильтр заливают водой на 0,4...0,5 м выше поверхности песка; после этого антрацитовую крошку засыпают равномерно в воду и выдерживают в течение 3...4 ч для выделения воздуха из пор антрацита. Затем отмывают загрузку от угольной пыли, постепенно увеличивая интенсивность промывки (первые 2...3 мин интенсивность должна быть не более 7...8 л/(с·м²)). В дальнейшем фильтры тщательно промывают с расчетной интенсивностью подачи воды. Таким образом, с поверхности песка или антрацита снимают грязь и мелкие фракции, а затем, если необходимо, производят догрузку.

Применение фильтров с двухслойной загрузкой позволяет при мутности исходной воды до 50 мг/л (с учетом взвеси, образующейся при введении реагентов) осветлять воду, минуя сооружения по ее отстаиванию, т. е. переходить на одноступенчатую схему осветления воды. Коагулирование при этом предусматривается непосредственно перед фильтрами. Сме-

шение происходит за счет направленного движения воды в трубопроводе.

Для предотвращения сдвига поддерживающих гравийных слоев применяются плиты из беспесчаного макропористого бетона или пригрузка верхнего поддерживающего слоя (2...4 мм) обратным фильтром толщиной 20...25 см из крупного (20...10 мм) гравия. В последнее время находят применение фильтры без поддерживающих слоев.

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 ее по высоте (не допускать вакуума!). При включении фильтрующих сооружений на промывку необходимо полностью удалять воздух из трубопроводов, подающих промывную воду. Качество промывки контролируется по величине потерь напора промывной загрузки по сравнению с потерями, которые имели место в чистой загрузке (в начальный период эксплуатации).

В целях экономии расхода хлора и осветленной воды промывка фильтрующей загрузки может производиться неочищенной водой. Это возможно при мутности исходной воды до 8...10 мг/л и цветности 50...60°. При промывке водой указанного качества (в зимний период) в фильтрующей загрузке не происходит роста остаточных загрязнений ни в виде микроорганизмов, ни в виде минеральных примесей. По бактериологическим и органолептическим свойствам вода, прошедшая фильтр, промываемый неочищенной водой, не отличается от воды, прошедшей фильтр, промытый очищенной водой.

При промывке фильтров поток промывной воды должен распределяться равномерно. Несоблюдение этого условия приводит к смещению поддерживающих слоев, что ухудшает качество фильтрата. Неравномерность распределения воды во

время промывки может быть отмечена наличием фонтанчиков и струй, выходящих из фильтрующей загрузки со скоростью большей, чем этот выход имеет место на соседних участках. Такая неравномерность приводит к смещению гравийных слоев. Незначительное смещение в начальный момент с каждой последующей промывкой будет прогрессировать и в конце концов приведет к нарушению работы фильтра.

Отклонение поверхности гравия от горизонтальной поверхности считается допустимым, если оно не превышает 5 см.

Важным условием правильной эксплуатации таких скорых фильтров является исключение возможности возникновения вакуума в фильтрующей нагрузке. Это явление может иметь место при значительном загрязнении верхнего слоя фильтрата и создании на его поверхности плотной грязевой пленки, сопротивление которой будет превышать давление статического столба воды над фильтром к концу фильтроцикла. В то же время вода, расположенная ниже этого слоя, будет поступать в дренажную систему фильтров. В результате этого над наиболее загрязненным слоем фильтрующего материала появляется вакуумная зона, заполняемая воздухом и препятствующая потоку фильтруемой воды.

Потери напора в фильтрующей загрузке растут прямолинейно, но в некоторых случаях к концу фильтроцикла они могут возрасти скачкообразно. Такое изменение режима притока напора снижает производительность фильтра за счет образования в фильтрующей загрузке воздушных пузырей. Воздух из загрузки вытесняется промывкой. При движении воды снизу вверх воздушные пузыри препятствуют равномерному распределению воды по площади фильтра. Одновременно начинается бурное выделение его через загрузку. Все это, вместе взятое, приводит также к смещению слоев фильтра. Во избежание данного явления фильтр начинают промывать при малых скоростях движения промывной воды, особенно в первую минуту промывки.

Наличие воронок на поверхности фильтрующего материала после промывки и вынос фильтрующего материала в фильтрат могут быть следствием не только смещения гравийных слоев, но и повреждения распределительной системы.

При промывке необходимо следить, чтобы не было подсоса воздуха насосом из промывного бака или из других мест. Попадание воздуха с водой в распределительную систему фильтров может также привести к смещению верхних слоев гравия и перемешиванию его с песком.

При выборе режима проведения промывок необходимо учитывать, что значительная продолжительность рабочего цикла способствует большему накоплению загрязнений в загрузке за счет ее уплотнения и закрепления на зернах фильтрующего материала. Это обстоятельство ухудшает качество промывок, а в некоторых случаях снижает фильтрующую способность загрузки и необходимость ее перегрузки.

Полнота промывки фильтров зависит от интенсивности промывки, способа промывки (водяная, водовоздушная), времени промывки и температуры промывной воды. При повышении температуры воды свыше 20 °С расчетные величины интенсивности промывки увеличивают на 8% для каждых 5 °С.

В процессе эксплуатации возможно так называемое перерождение песка. Основными причинами этого являются недостаточная интенсивность и время промывки или неравномерное распределение промывной воды по площади фильтра.

Следствием указанного перерождения песка могут быть:

- изменение внешних размеров отдельных песчинок и их удельной массы (уменьшение ее при органическом покрове или увеличение при чисто минеральном);

- постепенное склеивание отдельных песчинок в грязевые шарики и комья, вначале находящиеся на поверхности фильтра, а затем, по мере увеличения их объема и размеров, опускающихся в толщу его и образующих в ней подчас весьма крупные цементированные грязевые скопления;

– обволакивание песчинок органической слизью, приводящее к уменьшению удельной массы; это приводит к выносу песка из фильтра.

Указанные обстоятельства приводят не только к неравномерному распределению промывной воды, но и неравномерному по площади фильтра фильтрованию воды. При этом возможна циркуляция воды в слое воды над загрузкой, а это приводит к неравномерному поступлению воды на фильтр через желоба. Поток воды, перемещаясь по поверхности загрузки, захватывает рыхлые хлопья скоагулированной взвеси, поступающей из отстойников, они постепенно укрупняются и превращаются тоже в шарики. Размеры их в этом случае могут достигать 15 мм. Во время промывки фильтра за счет гравитации они опускаются до поддерживающих слоев и забивают поры в них, а это способствует неравномерному распределению промывной воды по площади фильтра, смещению поддерживающих слоев и закупорке отверстий дренажной системы.

В скорых фильтрах для распределения промывной воды применяют дренажи большого сопротивления (трубчатые, колпачковые, из пористых плиток и др.) и малого сопротивления (бетонные бруски со щелями и др.).

Дренаж малого сопротивления устраивают из железобетонных балок сечением, достаточным по прочности для поддержания на них гравийно-песчаной загрузки. Расстояние между балками принимают равным 2...3 см. Под балками предусматривается устройство поддона глубиной 0,5...0,6 м для гашения, успокоения и равномерного распределения воды над дренажем.

Фильтры включаются в работу со скоростью 30...40% от расчетной, затем постепенно в течение 15...20 мин скорость увеличивают до заданной. Переход на форсированный режим работы тоже должен осуществляться плавно в течение 5...10 мин с регулировкой скорости фильтрования при помощи задвижек на подводящем на фильтр и отводящем ее от фильтра трубопроводах.

Управление работой фильтра должно быть автоматизировано. В первую очередь, должно быть автоматизировано регулирование скорости фильтрования и обеспечено дистанционное управление переключения фильтров.

6.14. Контактные осветлители и контактные фильтры

Очистка воды с помощью контактных осветлителей (КО) и контактных фильтров (КФ) основана на использовании эффекта контактной коагуляции в слое зернистой загрузки [7]. Если на фильтр вода поступает с определенным количеством гидрофобной или гидрофобизированной взвеси (8...15 мг/л), то в этом случае процесс образования и задержания хлопьев происходит непосредственно в толще фильтрующей загрузки. Допустимая мутность и цветность исходной воды для КО и КФ должны составлять соответственно не более 120 мг/л и 120°.

Особенности технологического процесса налагают определенные отличия и в эксплуатации КО и КФ по сравнению со скорыми фильтрами.

Коагуляция в слое зернистой загрузки протекает полнее и во много раз быстрее, чем при обычной коагуляции в свободном объеме. Дозы коагулянта обычно меньше, так как для контактной коагуляции необходимо лишь снизить агрегативную устойчивость взвешенных веществ, обеспечивая их прилипание к поверхности зерен. На процесс контактной коагуляции почти не влияют температура и ее щелочность.

На водоочистных станциях с применением КО необходимо перед поступлением воды на эти сооружения предварительно удалять растворенные в воде газы и плавающую крупную взвесь, которая может засорять отверстия дренажной системы. При содержании в воде нефтепродуктов в эмульгированном состоянии их необходимо также предварительно удалять через специальные фильтры.

Растворы реагентов перед подачей их на КО очищаются от крупных примесей.

В КО-1 профильтрованная вода отводится через сборные желоба, расположенные над поверхностью фильтрующего слоя так, чтобы верхняя кромка сборного желоба была на 1...1,1 м выше поверхности песка.

В КО-3 предусматривается низкий отвод как промывных, так и фильтрованных вод.

Высота фильтрующего слоя песка в КО в зависимости от типа распределительной системы принимается в 2...2,5 м при эквивалентном диаметре его 1...1,3 мм и коэффициенте неоднородности до 2,5. Загрузка КО не должна содержать фракции менее 0,7 мм (в построенных ранее минимальный размер допускался до 0,5 мм).

Контактные осветлители при промывке водой проектируются без поддерживающих слоев, а при промывке водой и воздухом – с поддерживающими слоями. При промывке используется очищенная вода. Допускается применение неочищенной воды при условиях, если мутность ее составляет не более 10 мг/л, коли-индекс – до 1000 ед/л. Предварительно вода должна пройти обработку на барабанных сетках или микросетках и обеззараживание. При использовании очищенной воды предусматривается разрыв струи перед подачей ее в емкость для хранения промывной воды. Непосредственная подача воды на промывку из трубопроводов и резервуаров фильтрованной воды не допускается.

В КО без поддерживающих слоев должна предусматриваться безгравийная трубчатая распределительная система (БТРС) с приваренными вдоль дырчатых труб боковыми шторками, между которыми через определенные расстояния устанавливаются перегородки, разделяющие подтрубное пространство на ячейки [7].

Отличительной особенностью КФ [7] является наличие дырчатой распределительной системы, расположенной над

поверхностью загрузки. Такое распределение воды позволяет избежать предварительного хлопьеобразования в надзагрузочном объеме фильтра и создать условия, необходимые для эффективной коагуляции примесей воды и продуктов гидролиза на поверхности зерен загрузки, что значительно увеличивает эффективность фильтрования. Как правило, в этих фильтрах применяется 2...4 фильтрующих слоя, различных по гранулометрическому составу и разной плотности.

В настоящее время рекомендуются к использованию фильтры КФ-1, КФ-2, КФ-3 и КФ-5. Они отличаются друг от друга конструктивными решениями и числом фильтрующих слоев. Наибольший технологический эффект достигается на фильтре КФ-5 с трехслойной загрузкой керамзита с крупностью зерен 3...5 мм, аглопирита – 2...3 и песка – 0,5...1,0 мм. Толщина каждого слоя составляет 500 мм.

Дренаж в фильтре КФ-5 выполняется из кислотоупорного армированного пористого бетона. Промывка осуществляется при подаче 90...95% воды в поддон, а 5...10% – в распределительную систему для предотвращения ее засорения зернами загрузки и более интенсивной отмывки верхнего наиболее загрязненного слоя.

К недостаткам схемы осветления и обесцвечивания воды с применением КО следует отнести: постоянную угрозу загрязнения распределительной системы, что сразу же вызывает нарушение нормального режима работы сооружений. Это обстоятельство требует постоянно и надежно работающей грубой предварительной очистки воды. На этих сооружениях исключается возможность форсирования производительности станции, так как увеличение скорости может привести к взвешиванию фильтрующего слоя.

В КФ эти явления исключены. Но их работа с повышенными параметрами возможна только при наличии нескольких слоев с различными массовыми плотностями. КО и КФ могут быть выполнены в безнапорном и напорном виде.

6.15. Медленные фильтры

Медленные фильтры [7] 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). Но при использовании механической и гидравлической регенерации песка медленные фильтры могут применяться для любой производительности и мутности исходной воды до 1500 мг/л и цветности, не превышающей 50°. Высота фильтрующего слоя в фильтрах составляет от 750 до 1000 мм.

Фильтры снижают содержание взвешенных веществ с 10...50 до 0,2...1,0 мг/л. При осветлении вод, содержащих более 50 мг/л взвеси, рекомендуется до подачи воды на медленные фильтры осветлять ее на предварительных фильтрах.

Фильтрат медленных фильтров хозяйственно-питьевых водопроводов необходимо подвергать обеззараживанию.

В фильтрах площадью до 10...15 м² дренаж в основании фильтра можно не устраивать. 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.

Срок работы медленных фильтров составляет около месяца, а в некоторых случаях и более. Вследствие такой продолжительности работы между очистками основная толща песка не нарушается и в ней происходят биологические процессы, способствующие не только осветлению воды, но и уменьшению содержания микроорганизмов, в том числе и патогенных. Кроме того, при медленном фильтровании в резуль-

тате малых скоростей на поверхности песчаной загрузки фильтра образуется пленка из взвешенных в воде частиц, создающая условия для глубокого осветления воды. Наличие на фильтре большого количества органических веществ способствует развитию микроорганизмов, уничтожающих вносимые водой бактерии. При нормальной работе фильтров, т.е. при работе после образования фильтрующей пленки, достигается полное осветление воды, понижение цветности на 15...30%, снижение числа бактерий на 95...99%, в том числе и кишечной палочки, устранение аммиака, азотной кислоты и кислорода. 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.

По способу регенерации загрузки фильтры могут быть разделены на две группы: а) с ручным или механическим съемом верхнего слоя песка толщиной 100...150 мм и отмывкой его вне пределов фильтра на специальных устройствах; б) с отмывкой загрязненного слоя непосредственно в фильтре с механическим рыхлением слоя и гидроудалением загрязнений.

Расход воды на один смыв загрязнений с 1 м² поверхности загрузки фильтра принимается равным 9 л/с при продолжительности смыва загрязнений на каждые 10 м длины фильтра 3 мин.

Слой воды над поверхностью загрузки во время работы фильтра принимается равным 1,5 м. При наличии перекрытия над фильтрами расстояние от поверхности загрузки до перекрытия должно быть достаточным для обеспечения регенерации, а также смены и отмывки загрузки.

Каждый фильтр должен оборудоваться подающей трубой с поплавковым клапаном, трубопроводами для отвода фильтрата с регуляторами скорости фильтрования, для отвода промывных вод и для опорожнения фильтра. Кроме того, каждый фильтр оснащается устройствами для измерения потерь напора в загрузке.

6.16. Борьба с потерями воды на сооружениях

Непроизводительные потери воды в пределах станций водоподготовки имеют место за счет следующих обстоятельств [7]:

- расхода воды на собственные нужды станции – промывку фильтрующих устройств;
- расхода воды при удалении осадка из отстойных сооружений;
- утечки воды в неплотностях фланцевых соединений, при неполном закрытии задвижек и т. п.

Названные потери воды зависят от принятой схемы очистки воды и могут составлять значительную величину.

Как правило, расход промывных вод на фильтрующих устройствах и расходы на продувку отстойных сооружений определяются расчетами. При ориентированных расчетах среднесуточный за год расход воды на собственные нужды при повторном использовании промывных вод может быть принят равным 3...4% количества воды, подаваемой потребителям, а без повторного использования – 10...20%.

Кроме самих по себе потерь воды неблагоприятные влияния оказывает сброс этих вод в водоемы. Положение усугубляется тем, что эти воды сбрасываются не равномерно, а залпами (промывка фильтров и КО, продувка отстойников и осветлителей со взвешенным осадком, опорожнение баков – хранилищ и растворных баков).

В связи с вышеизложенным, в настоящее время снижение потерь воды на станциях водоподготовки имеет не только экономическое, но и экологическое значение.

Повторное использование расходов воды, идущих на собственные нужды, и, в первую очередь, промывных вод от фильтрующих устройств, составляющих большую часть потерь воды, в настоящее время реализуется двумя технологическими схемами.

При наличии на станции водоподготовки только фильтрующих устройств (одноступенчатые схемы при осветлении и обезжелезивании воды) промывная вода предварительно должна отстаиваться и лишь после этого подаваться равномерно по часам суток в трубопровод перед смесителем или непосредственно в смеситель, или даже непосредственно в КО или КФ.

По второй схеме на станциях осветления и умягчения с двухступенчатой подготовкой воды промывные воды также равномерно перекачиваются в трубопроводы перед смесителями или в смесители после отстаивания или без него – в зависимости от качества воды. Если производится отстаивание промывных вод, то осветленные воды могут перекачиваться непосредственно в фильтры.

Продолжительность отстаивания промывных вод для станций осветления воды, а также промывных вод от реагентного обезжелезивания должна составлять не менее 2 ч, а промывных вод для станций безреагентного обезжелезивания воды – 4 ч.

При применении полиакриламида дозой 0,08...0,16 мг/л продолжительность отстаивания при осветлении воды может быть снижена до 1 ч.

При определении объема зоны накопления осадков в отстойниках влажность осадка принимается равной 99% для станций осветления и реагентного обезжелезивания и 96,5% для станций безреагентного обезжелезивания.

Общая продолжительность накопления осадка при многократном периодическом накоплении отстойников принимается не менее 8 ч.

Для резкого снижения расхода воды на собственные нужды используют водовоздушную промывку фильтров и повторное использование промывной воды фильтрующих устройств. При водовоздушной промывке режим удаления примесей из загрузки осуществляется следующим образом: вначале подается воздух с интенсивностью $15...20$ л/(с·м²) в течение 1...2 мин, затем производится совместная водовоздушная промывка с интенсивностью подачи воздуха $15...20$ л/(с·м²) и воды $3...4$ л/(с·м²) в течение 4...5 мин, а завершающей операцией является подача одной воды с интенсивностью $6...8$ л/(с·м²) в течение 4...5 мин. В конкретных условиях при соответствующем обосновании режимы промывки могут быть изменены.

Водовоздушная промывка позволяет уменьшить расход промывной воды в 2,5...4 раза.

При осветлении промывной воды в аккумулирующих резервуарах с последующей подачей ее на смесители или фильтры необходимо предусматривать возможность подачи шлама из аккумулирующих емкостей как в отводной коллектор, так и в смеситель и в осветлители для их зарядки после продувки шламоуплотнителя. Хотя после отстаивания промывной воды получается около 5...6% осадка, при подборе насосов необходимо учитывать возможность перекачки шлама в объеме 15...20% от объема промывной воды, так как при откачке осветленной воды в резервуаре-аккумуляторе происходит взмучивание осадка. Это связано с тем, что образующийся осадок весьма легкий и подвижен.

Что касается утечек воды в неплотностях соединений на трубопроводах, в задвижках и т. д., то это в большей степени зависит от состояния арматуры, трубопроводов и т. п. и культуры обслуживания.

6.17. Методы обеззараживания воды

Хлорирование воды. Подача населению качественной питьевой воды (надежной воды с санитарной точки зрения) на завершающем этапе ее обработки обеспечивается процессом обеззараживания.

Обеззараживание воды осуществляется реагентными способами (хлор, озон, перекись водорода, перманганат калия и др.) и безреагентными (ультрафиолетовые лучи, ультразвук, радиоактивное излучение и др.).

В настоящее время основным дезинфицирующим средством на водопроводных станциях является хлор. На втором месте по широте применения и перспективности находится озон. Из безреагентных способов, особенно в малых станциях, нашло применение ультрафиолетовое излучение.

Для обеззараживания воды применяется хлор и в виде соединений диоксид хлора, хлорамины, хлорная известь, гипохлориты и др.

Широкое применение хлорирования для обеззараживания воды объясняется следующими причинами: высокая надежность окисляющего действия и возможность его продления на любой промежуток времени (эффект «последствия»); возможность простого оперативного контроля за процессом обеззараживания путем химического определения остаточного хлора; простота конструктивного оформления аппаратуры; возможность централизованного получения реагента в готовом виде.

Совершенствование процесса хлорирования происходит до настоящего времени. Оно проводится в направлениях создания более технологических схем и устройств, способствующих более интенсивному использованию обеззараживающих свойств хлора и тем самым более экономному его использованию. Установлено, например, что при правильной организации смешения (быстром распределении реагента во всем объеме

воды) реагента с водой обеззараживание происходит почти мгновенно, при этом доза хлора может быть снижена на 50...70%.

В существующих традиционных схемах хлор вводится непосредственно в контактные резервуары, в которых обычно наблюдается «расслоение» течения, что приводит к торможению процесса обеззараживания. Хлорирование питьевой воды при суточном расходе до 50 кг, как правило, разрешается производить только из баллонов. При расходе воды больше 50 кг/сут могут использоваться как баллоны, так и бочки-контейнеры заводского изготовления 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 устанавливается спираль для свободной работы весов. Принципиальные схемы характерных установок без испарителей и с испарителями показаны на рис. 7. Испарение жидкого хлора должно производиться только в змеевиковых испарителях, которые представляют собой вертикальные цилиндрические аппараты с размещенными внутри змеевиками, по которым проходит жидкий хлор.

Установка на хлоропроводах трубчатых испарителей или других емкостей запрещается. Перед подачей хлора в испарители необходимо: проверить подготовку испарителей для приемки жидкого хлора; убедиться, что хлораторщики и все работающие в хлораторной предупреждены о начале подачи хлора; хлорный вентиль на линии подачи хлора в испаритель открывать медленно, создавая давление в хлоропроводе не выше 0,4 МПа; подогрев змеевика производить только водой температурой не более 40...50 °С. На эжекторы хлораторов должна бесперебойно подаваться вода под давлением не менее 0,4...0,5, но не более 0,7 МПа. На случай прекращения подачи воды необходимо предусмотреть вторичное питание или установку подкачивающего насоса. Отбор воды для других целей из линии эжекторов запрещается.

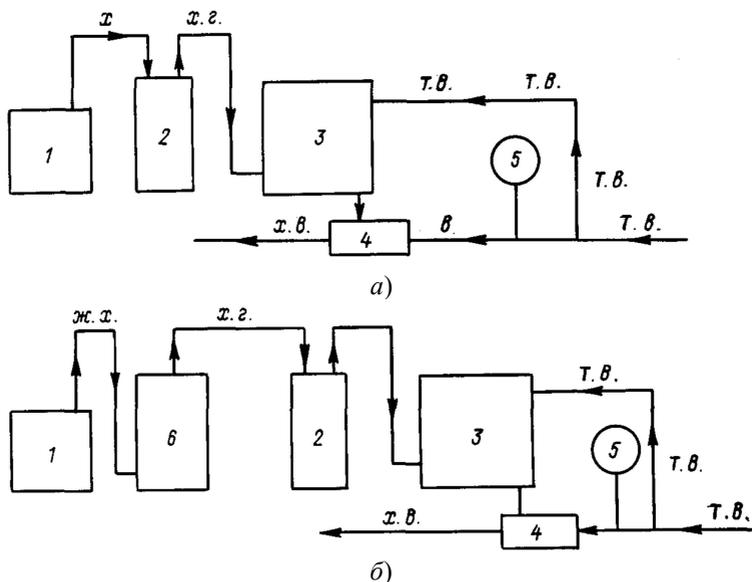


Рис. 7. Принципиальные схемы оборудования хлораторных установок:

- 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; х. г. – трубопровод с хлором газом;
 ж. х. – трубопровод с жидким хлором; т. в. – трубопровод с водой;
 в. – трубопровод с хлорной водой

Все линии хлораторной установки при их замене должны выполняться из хлоростойких материалов. Для сухого хлор-газа стойкими материалами являются нержавеющие, легированные, углеродистые (Ст2, Ст3) и хлористые стали, алюминиевые сплавы, винипласт, эбонит, фаолит, стекло, свинец, медь, паронит (прокладки), асбесто-графитовая набивка. Хлорная вода обладает большой агрессивной способностью, поэтому коммуникации выполняются главным образом из неметаллических материалов (резина, поливинилхлорид, винипласт, эбонит). Чаще всего хлорная вода транспортируется по резиновым шлангам диаметром 25...31 мм.

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 УГ-2.

Утечка газообразного хлора из баллонов (бочек) может быть приостановлена постановкой хомутов, заливкой места утечки водой или наложением мокрой тряпки. 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 противогазах ПШ-1 или в изолирующих противогазах КИП-5 или КИП-7 при работающей вентиляции. Для оповещения окружающих об авариях у хлораторных и расходных складов устанавливают звуковые сигнализаторы. Индивидуальные защитные средства хранятся, как правило, в индивидуальных шкафах с надписями и в соответствии с требованиями правил техники безопасности подвергаются периодической проверке.

Важным недостатком хлора как обеззараживающего реагента является образование тригалометанов (ТГМ) в воде, содержащей органические вещества.

С целью исключения образования ТГМ или его удаления из воды применяют различные схемы водоподготовки:

- изменение точки ввода хлора в обрабатываемую воду по возможности ближе к концу технологической линии;
- высокоинтенсивное смешение хлора с обрабатываемой водой, когда дозу хлора при первичном хлорировании можно снижать, но при этом резко повысить эффект его растворения в воде;

– адсорбция органических веществ природных вод на фильтрах с гранулированным активированным углем.

Диоксид хлора (ClO_2) является одним из самых сильных окислителей в ряду хлорсодержащих веществ: хлорамин, хлорная известь, гипохлориты, газообразный хлор, диоксид хлора. Диоксид хлора обладает наибольшей бактерицидной способностью. При его действии на воду процент оставшихся жизнеспособных бактерий в среднем на порядок меньше, чем при применении хлора в той же концентрации и таком же времени контакта. Диоксид хлора является нестойким продуктом, поэтому его получение возможно только на месте потребления. Способы получения ClO_2 сложны, требуют специального оборудования и наличия более квалифицированного персонала для его обслуживания, чем для обычных хлораторных установок. Но использование диоксида хлора позволяет получать лучшие результаты по сравнению с хлором по обеззараживанию воды, устранению запахов и привкусов, снизить время контакта и предотвратить образование соединений с азотом и органическими веществами. Окислительные потенциалы хлора и хлорсодержащих веществ составляют: $\text{ClO}^- \varphi = -0,89 \text{ В}$, $\text{ClO}_2 \varphi = -1,275 \text{ В}$, $\text{Cl}_2 \varphi = -1,36 \text{ В}$, $\text{HClO} \varphi = -1,63 \text{ В}$.

Хлорная известь [$\text{CaCl}_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot \text{Ca}(\text{OCl})_2$] и гипохлориты ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$, NaOCl) для обеззараживания воды применяются на водопроводных станциях небольшой производительности в виде раствора. Дозирование его должно осуществляться только после отстаивания. Последние исследования АКХ показали, что для обеззараживания воды может применяться и гипохлорит натрия, получаемый электролитическим способом из раствора поваренной соли. Электролизные установки выпускаются серийно экспериментальным заводом АКХ им. К.Д. Памфилова.

Практическая реализация этого метода была решена в последние годы благодаря появлению новых электродных металлов, окисно-металлических анодов, в частности ОРТА, способных работать даже при незначительном содержании хлори-

дов в обрабатываемой воде (до 25...30 мг/л), а также их длительному сроку службы.

На основании результатов исследований разработана установка «Поток», состоящая из трех основных частей: электролизера, блока электропитания и замкнутого кислотного контура. Электропитание электролизера осуществляется с помощью серийно выпускаемых нашей промышленностью выпрямителей тока. В схеме управления предусмотрены элементы автоматики, позволяющие поддерживать заданный технологический режим и отключающие аппаратуру при его нарушении. Замкнутый кислотный контур предназначен для периодической промывки аппаратов 3...5%-м раствором соляной кислоты с целью удаления катодных отложений солей жесткости и других отложений.

На базе электродов ОРТА разработаны также электролизные установки проточного типа «Помор» для получения обезжиривающего раствора путем электролиза морских и океанских вод.

Озонирование воды. Озон обладает сильным окислительным действием [7]. Окислительный потенциал его равен 1,95 В, в то время как у хлора (Cl_2) он равен 1,36 В. Эффективность озона при обработке природных вод достаточно хорошо изучена. Важным моментом при этом является определение места введения озона в технологическом процессе водоподготовки с целью получения наибольшего эффекта при минимальных дозах при обеззараживании воды и при ее очистке.

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

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

2) подача озонированного воздуха через дырчатые трубы, размещенные в нижней части контактной колонны. Поток воды в колонне направляется сверху вниз. Время кон-

такта 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.

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, 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 оборудование, с которым 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).

Обеззараживание воды серебром. 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 [10].

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-710, эмалью ХС-74, высококачественной штукатуркой, серебром или посеребренными металлами. Емкости из дюралюминия, стали, оцинкованного железа и других металлов, более ак-

тивных, чем серебро, для долговременного 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 [10]. Продолжительность эксплуатации ламп, гарантируемая заводами, составляет не менее 1500 ч.

Основным типом обеззараживающей установки, применяемой на городских водопроводах, является установка производства НПО ЛИТ группы УДВ напорного исполнения производительностью до 500 м³/ч и УДВ PRO от 500 до 1000 м³/ч с амальгамными лампами мощностью 300–900 Вт. Оборудование может снабжаться системой механической или химической очистки ламп. 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 генераторов ультразвуковых колебаний; ультразвуковые колебания действуют более эффективно на крупные клетки и многоклеточные организмы, чем на бактерии, уничтожение которых является основной целью обеззараживания.

Наиболее современным способом обеззараживания природных вод является применение гипохлорита натрия [6], который хорошо зарекомендовал себя на ростовском водопроводе. Гипохлорит натрия может быть получен несколькими способами [6]. Достоинство этого способа в том, что гипохлорит натрия может быть приготовлен на очистных сооружениях.

6.18. Интенсификация процессов обеззараживания воды

Обеззараживание питьевой воды является важной проблемой, стоящей перед гигиенистами и инженерами-технологами. Хлорирование воды, сыгравшее большую роль в предупреждении распространения многих инфекционных заболеваний, в настоящее время уже не отвечает всем требованиям водоподготовки.

Под интенсификацией процессов обеззараживания в данном случае понимается как глубина, так и воздействие обеззараживающих агентов на более широкий круг микроорганизмов и различных органических веществ.

На рис. 8 приведена технологическая схема обработки воды на станции Нейли-сюр-Марн (река Марна), которая включает комплексную обработку воды гипохлоритом натрия, озона и диоксида хлора.

ЛНИИ АКХ им. К.Д. Памфилова были проведены исследования по устранению запахов и привкусов в воде совместным применением хлора и перманганатом калия (KMnO_4). Хлорирование осуществлялось после введения перманганата калия. Введение KMnO_4 в умеренных дозах (до 0,1 мг/л) и хлора в дозах 3...4 мг/л приводило к полному удалению из воды запахов и привкусов.

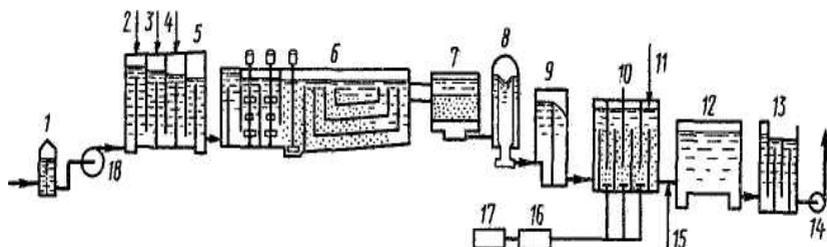


Рис. 8. Технологическая схема подготовки воды на станции Нейлисюр-Марн (Франция): 1 – водозабор; 2 – гипохлорит натрия; 3 – полихлорид алюминия; 4 – порошкообразный активированный уголь; 5 – смеситель; 6 – многоярусный отстойник; 7 – песчаный фильтр; 8 – регулятор скорости фильтрования; 9 – распределительная камера; 10 – контактная камера; 11 – кальцинированная сода; 12 – резервуар чистой воды; 13 – камера забора воды; 14 – насосная станция II подъема; 15 – диоксид хлора; 16 – генератор озона; 17 – блок подготовки воды; 18 – насосная станция I подъема

Интенсификация бактерицидного действия может быть достигнута в результате совместного использования ионов серебра и ультразвукового воздействия. Улучшение обеззараживания воды достигается также путем воздействия на воду, предварительно обработанную серебром, электрического поля напряженностью 5...40 В/см.

Усиление антимикробного эффекта может быть достигнуто за счет совместного применения перекиси водорода и ионов тяжелых металлов, в первую очередь ионов серебра и меди [10].

Применение H_2O_2 для обеззараживания питьевой воды представляет большой интерес, так как перекись улучшает вкусовые качества воды, устраняет неприятные запахи, снижает окисляемость и цветность воды. Кроме того, продукты разложения этого вещества не токсичны. Перекись водорода бактерицидна в отношении возбудителей кишечных заболеваний (дизентерии, брюшного тифа, паратифа, холеры и др.). Перекись водорода обладает вируцидным и спороцидным эффектами. Обеззараживающий эффект H_2O_2 в отношении бак-

терий достигается дозой 3...10 мг/л, в отношении вирусов – 6...10 мг/л, спор – 100 мг/л.

Ионы серебра и меди обладают выраженным антимикробным действием. Серебро более активно угнетает микроорганизмы, чем медь в той же концентрации.

При комплексном использовании серебра или меди с перекисью водорода достигается высокий обеззараживающий эффект. Металлы в этом случае являются катализаторами разложения перекиси водорода. Для практических целей может быть использован комплекс перекиси водорода до 3 мг/л и серебра в концентрации до 0,05 мг/л.

В настоящее время широко внедряются для обеззараживания воды электролизные установки по получению в аппаратах гипохлорита натрия. Присутствие в составе исходного электролита веществ, образующих в процессе электролиза нерастворимые и малорастворимые соединения, изменяет кинетику процесса электросинтеза гипохлорита в результате осаждения этих соединений на поверхности катода. Образование пленки на катоде препятствует подходу ионов гипохлорита и замедляет процесс катодного восстановления, в результате чего увеличивается количество образующегося продукта и возрастает процент использования электроэнергии. В качестве защитных добавок рекомендуется использовать $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, K_2CrO_4 , CaCl_2 или MgCl_2 . Введение этих солей в малых дозах оказывает положительное действие на синтез гипохлорита. Однако добавки в больших количествах приводят к образованию отложений на катоде, повышенному расходу электроэнергии и снижению выхода гипохлорита.

Исследования показывают, что выход по току гипохлорита при электролизе кальциево-натриевых растворов в области плотностей тока 1900...2500 A/m^2 зависит не от абсолютной величины добавок, например хлористого кальция, а от отношения катионов Ca^{2+} и Na^+ . Максимальный выход гипохлорита в процессе электролиза наблюдается при величине

этого соотношения 1:3. Количество образующегося гипохлорита в таких электролитах увеличивается на 6...8%, а эффект обесцвечивания природных вод такими растворами на 40...50% выше, чем при использовании гипохлорита натрия.

Растворы гипохлорита, полученные из смешанных кальциево-натриевых электролитов, могут быть эффективно использованы для обеззараживания и обесцвечивания воды в различных схемах водоочистных установок.

Представляет интерес наложение электрического поля при обеззараживании воды ионами тяжелых металлов (серебра, меди, цинка). Например, при напряженности поля 10...30 В/см достигалось обеззараживание воды серебром дозой 0,1 мг/л в течение 30 с.

Исследование способов, способствующих интенсификации процессов обеззараживания, имеет широкие перспективы. Очевидно, в каждом конкретном случае интенсификация уничтожения бактериального загрязнения воды имеет свои особенности, изучение которых потребует широты кругозора исследователей и времени.

6.19. Стабилизация, фторирование, обесфторивание, обескремнивание, обезжелезивание и удаление марганца из воды

В названных способах обработки воды применяются те же схемы и сооружения, которые уже рассмотрены при осветлении и обесцвечивании воды. Разница заключается лишь в дополнительно применяемых реагентах, их способе подготовки, дозировании, хранении и транспортировке их растворов.

Стабилизация воды. Стабилизация обработки производится с целью защиты как металлических, так и бетонных труб и оборудования от коррозии и образования на них отложений. Оценка стабильности воды осуществляется на основании технологического анализа по методу «карбонатных отложений»

(ГОСТ 3313–80). При отсутствии таких данных стабильность воды может быть оценена расчетным путем по формуле [10]

$$J = \text{pH}_0 - \text{pH}_s,$$

где pH_0 – водородный показатель воды, прошедший обработку, измеренный по рН-метру; pH_s – водородный показатель воды в условиях насыщения воды карбонатом кальция.

При отрицательном значении индекса [$< (-0,30)$] вода считается коррозионной, при положительном [$> (+0,25)$] вода способна отлагать карбонат кальция на стенках труб. Если отклонение от названных значений будет иметь место более 3 месяцев в году, то такая вода должна подвергаться стабилизации.

При подсчете индекса насыщения учитывается снижение ЕН и щелочности воды при обработке ее коагулянтами $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, FeSO_4 , FeCl и др.

Для исключения коррозионных процессов ($J < 0$) воду обрабатывают щелочными реагентами, гексаметафосфатом $[(\text{NaPO}_3)_6]$ и триполифосфатом ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) натрия, тринатрий-фосфатом ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) и суперфосфатом $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2]$.

Расход реагентов на связывание 1 мг углекислоты составляет:

Вид реагента	NaOH	CaO	Мел, мрамор	$\text{CaCO}_3, \text{Na}_2\text{CO}_3$
Расход реагента на связывание 1 мг агрессивной CO_2 , мг	0,9	0,45	2,26	1,7

При применении для стабилизации воды извести, мела и мрамора повышается общая жесткость воды, неточная дозировка их может привести к резкому повышению рН, что отразится на ходе коагуляции. При введении растворов этих реагентов в смеситель возможно повышение цветности обрабатываемой воды за счет того, что при повышении рН усиливается окраска гуминовых веществ.

Для предупреждения зарастания труб карбонатом кальция вода обрабатывается серной и соляной кислотами, гексаметафосфатом или триполифосфатом натрия.

Расчет доз реагентов для стабилизации воды, определение щелочности и рН воды после коагулирования, а также места ввода их устанавливаются по данным работы [8].

Уточнение доз щелочных реагентов, а также продолжительность периода формирования защитной карбонатной пленки производится в процессе эксплуатации трубопроводов и сооружений на основе проведения технологических и химических анализов, а также индикаторами коррозии. Этими наблюдениями определяется также целесообразность поддержания небольшого пресыщения воды карбонатом кальция после начального периода формирования защитной карбонатной (или какой-либо другой) пленки на стенках труб. Для этого выделяются контрольные (отключаемые), доступные для осмотра участки трубопровода.

Для стабилизации очищенной воды, кроме введения реагентов после отстойников или фильтров, могут применяться комбинированные фильтры, составленные из обычной песчаной загрузки и слоя мраморной крошки высотой до 400 мм с крупностью зерен 1...3 мм (фильтр Л.А. Кульского и И.Т. Барановского). Применение карбонатных пород обеспечивает более спокойное протекание процесса стабилизации, так как при этом не наблюдается резкого повышения рН при колебаниях дозировок. Если в воде содержится железо, то его нужно удалить до подачи воды на фильтры, иначе мраморная крошка будет покрываться пленкой соединений железа, несмываемой при промывке фильтров.

Подщелачивание воды содой производится с помощью насосов-дозаторов, бачков дозаторов, а также дозаторов, работающих по принципу вытеснения. Содовый раствор готовят в металлических или железобетонных баках. Емкость баков, м³,

$$V = \frac{aQt}{10000 pn},$$

где a – доза соды, г/м³; Q – расход воды, м³/ч; t – время работы фильтровальной или насосной станции, ч; p – концентрация – крепость содового раствора (принимают 5%); n – число затворений, сут.

Для обеспечения бесперебойности дозирования воды принимают не менее двух баков содового раствора. Для ускорения растворения соды целесообразно подогревать воду до 40...50 °С.

Известь для подщелачивания готовят в виде известкового молока. Устройства для приготовления и дозирования известкового молока состоят из бункера для приема извести, дробилки, баков для гашения извести, баков-сатураторов приготовления известкового молока и дозаторов. Трубопроводы транспортирования известкового молока не должны иметь крутых поворотов. Скорости в них должны быть не менее тех, которые держат во взвешенном состоянии частицы извести. Крепость раствора принимается не выше 5%. При введении известкового молока в чистую воду (после осветления или в воду из скважин) производят фильтрацию молока через мраморную крошку, дробленый антрацит с зернами 0,5... 1,0 мм высотой слоя 0,7 м и скоростью фильтрации 5...6 м/ч с промывкой интенсивностью 12...14 л/(с·м²).

Фторирование и обесфторивание воды. Необходимость фторирования хозяйственно-питьевой воды и дозы фтора в каждом отдельном случае устанавливаются органами санитарно-эпидемиологической службы.

Ввод фторсодержащих реагентов (Na₂SiF₆, NaF, (NH₄)₂SiF₆, HF, H₂SiF₆) осуществляется, как правило, в чистую воду перед ее обеззараживанием. Введение их перед фильтрами допускается при двухступенчатой очистке воды.

При использовании Na₂SiF₆ принимаются схемы с приготовлением ненасыщенного раствора реагента в расходных

баках или насыщенного раствора реагента в сатураторах одинарного насыщения. При использовании NaF, $(\text{NH}_4)\text{SiF}_6$ и H_2SiF_6 применяются технологические схемы с приготовлением ненасыщенного раствора в расходных баках.

Производительность сатуратора q_c , л/ч, по насыщенному раствору реагента

$$q_c = D_{\text{ф}} P_{\text{ф}} q / n_c,$$

где $D_{\text{ф}}$ – доза фтора, г/м³; q – расход обрабатываемой воды, м³/ч; $P_{\text{ф}}$ – растворимость кремнефтористого натрия, г/л, составляющая при температуре 0 °С – 4,3; 20 °С – 7,3 и 40 °С – 10,3; n_c – количество сатураторов.

При определении объема сатураторов время пребывания в них растворов принимается не менее 5 ч, скорость восходящего потока воды в сатураторе – не более 0,1 м/с.

Доза фтора $D_{\text{ф}}$ вычисляется по выражению

$$D_{\text{ф}} = 10^4 (m_{\text{ф}} a_{\text{ф}} - \Phi) \frac{1}{K_{\text{ф}} C_{\text{ф}}},$$

где $m_{\text{ф}}$ – коэффициент, зависящий от места ввода реагента в обрабатываемую воду; при вводе в чистую воду $m_{\text{ф}}=1$, при вводе перед фильтрами при двухступенчатой схеме $m_{\text{ф}}=1,1$; $a_{\text{ф}}$ – необходимое содержание фтора в обрабатываемой воде в зависимости от климатического района, расположения населенного пункта, устанавливаемое органами СЭС, г/м³; Φ – содержание фтора в исходной воде, г/м³; $K_{\text{ф}}$ – содержание фтора в чистом реагенте, %, принимаемое для Na_2SiF_6 – 61, для NaF – 45, для $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ – 64, для H_2SiF_6 – 79; $C_{\text{ф}}$ – содержание чистого реагента в товарном продукте, %.

Для порошкообразных реагентов допускается применение схем с сухим дозированием реагентов, при этом предусматривается специальная камера для смешения с водой и растворения отдозированного реагента. Перемешивание раствора в камерах предусматривается с помощью гидравлических или

механических устройств. При этом концентрацию раствора в камере рекомендуется принимать до 25% растворимости реагента при данной температуре, а минимальное время пребывания раствора в камере 7 мин.

Концентрация раствора реагентов при приготовлении ненасыщенных растворов в расходных баках принимается: для Na_2SiF_6 – 0,25% при $t = 0$ °С и до 0,5% при 25 °С; для NaF – 2,5%, $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ – 7% и H_2SiF_6 – 5% при $t = 0$ °С.

Перемешивание раствора производится с помощью механических мешалок или воздуха. Интенсивность подачи принимается равной $8 \dots 10$ л/с-м².

При применении Na_2SiF_6 , $(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$ и H_2SiF_6 предусматриваются мероприятия против коррозии баков, трубопроводов и дозаторов.

Склад фторсодержащих реагентов и фтораторная должны располагаться рядом в закрытом помещении и быть изолированы от других производственных помещений. Складское помещение может совмещаться с фтораторной; при этом должна быть предусмотрена общеобменная вентиляция. Содержание фтора в воздухе помещения фтораторной не должно превышать 1 мг/м³. Фторсодержащие соединения являются токсичными, поэтому рабочие должны обеспечиваться спец-одеждой (комбинезонами, кирзовыми сапогами, резиновыми перчатками, фартуками, защитными очками, респираторами); после работы с фторсодержащими реагентами следует принимать теплый душ и мыться с мылом, рот перед едой и после работы надо тщательно полоскать. В помещении фтораторной не разрешается прием пищи и курение. Нельзя допускать к работе лиц с ожогами, потрескавшейся или раздраженной кожей.

Места возможного выделения пыли должны быть оборудованы местными отсосами воздуха, а растаривание Na_2SiF_6 и NaF должно производиться под защитой шкафного укрытия.

Обесфторивание воды производится при содержании в ней фтора более 1,5 мг/л. Удаление фтора из воды осуществ-

ляется на очистных сооружениях, в состав которых входят вертикальные смесители, осветлители со слоем взвешенного фильтра и скорые фильтры разной конструкции. Сложность эксплуатации комплекса сооружений заключается в разнообразии применяемых реагентов и, соответственно, реагентного хозяйства (аппаратура и оборудование для приготовления и дозирования известкового молока, сульфата алюминия, сульфата магния или хлористого магния и хлора). Хлор может вводиться дважды: сначала перед поступлением известкового молока для разрушения защитных коллоидов и для обесцвечивания воды, затем – в резервуар чистой воды для ее обеззараживания.

При эксплуатации осветлителей со слоем взвешенного фильтра необходимо учитывать, что хлопья гидрооксида магния легкие, поэтому скорости восходящего потока воды не должны превышать 0,2...0,3 мм/с. Дозы реагентов уточняются в период пуска и наладки станции, а также и во время эксплуатации.

При использовании для хозяйственно-питьевого водоснабжения подземных вод, не нуждающихся в осветлении и обесцвечивании, обесфторивание целесообразно производить на сорбционных фильтрах, в основе которых лежат процессы ионного обмена. В качестве ионообменных веществ применяются сильнокислотные катиониты, сильноосновные аниониты, магниезиальные сорбенты, фосфат кальция, специально обработанные активированные угли, активированный оксид алюминия, гидроксилалатит и др. Перед загрузкой сорбента в фильтры необходимо определять его рабочую обменную емкость по фтору. Сорбционные фильтры могут быть напорными и открытыми.

Удаление из воды железа, марганца и кремния. При эксплуатации сооружений, применяемых для обезжелезивания воды, необходимо следить: за полнотой удаления из воды CO_2 и насыщения ее кислородом (при аэрации воды); высотой сло-

ев насадки, числом их и размерами кусков насадки в контактных и вентиляторных градирнях; временем пребывания воды в сборных и контактных резервуарах (оптимальное – 30...60 мин); за оптимальным значением рН, при котором наиболее интенсивно протекают процессы гидролиза, окисления и хлопьеобразования железосодержащих веществ; за состоянием отверстий в дренажных системах фильтров. Чтобы улучшить отмывку верхнего слоя песка в фильтрах от задержанных железистых загрязнений, следует предусматривать устройство для поверхностной промывки и продувки фильтрующего слоя воздухом.

Один раз в год следует отбирать пробы фильтрующего материала для определения загрязненности. Не реже 2 раз в год желательно проверить убыль загрузки фильтров путем измерения расстояния до кромки желобов. При значительных потерях эти материалы догружают, предварительно удалив на 3...5 см загрязненный слой.

Использование для обезжелезивания катионитов целесообразно в тех случаях, когда одновременно с обезжелезиванием требуется и умягчение воды. При этом необходимо учитывать следующее: на катионитах может быть задержано железо, находящееся только в ионной форме; попадание воздуха в воду должно быть исключено, так как в противном случае образуется нерастворимый гидроксид железа. Железо, присутствующее в воде в виде органических комплексов и коллоидного гидроксида, оказывает отрицательное действие на катионит, вызывая снижение обменной емкости.

Марганец по своим свойствам приближается к железу, поэтому для удаления его применяются те же способы и сооружения, что и для удаления железа.

Обескремнивание воды достигается переводом соединений кремнекислоты в коллоидные соединения с последующей ее коагуляцией и осаждением взвесей. Обескремнивание осуществляется реагентным и анионитовым способами. В каче-

стве реагентов используется известь, соли железа (FeSO_4 , FeCl 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 магнезит, 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.

6.20. Производственный контроль работы сооружений

Обеспечение запроектированных технологических процессов, создающих благоприятные физико-химические и органолептические свойства воды, а также санитарно-эпидемиологическую безопасность ее, производится с помощью постоянно проводимого контроля начальных, промежуточных и конечных количественных и качественных показателей воды.

Контроль осуществляется разнообразными приборами [10], устанавливаемыми в различных точках станции, а также путем взятия проб воды и анализа ее в лабораторных условиях.

Производственный контроль по своему назначению может быть разделен на четыре группы: гидравлический; физико-химический; бактериологический и гидробиологический; технологический.

Гидравлический контроль включает: а) определение расходов воды: поступающей на станцию; обработанной и подаваемой в резервуары; поступающей на каждое водоочистное сооружение (отстойники, осветлители со взвешенным осадком, фильтры и КО, катионитовые и анионитовые и другие устройства и сооружения); поступающей на промывку фильтров; подаваемой в сеть водопотребителей (насосной станцией II подъема); подаваемой на собственные нужды станции и т. д.; б) установление уровней воды в отстойниках, фильтрах, а также в резервуарах чистой воды, промывных баках, реагентных баках и т. п.; в) определение потерь напора в фильтрах и отдельных участках трубопроводов, на всасывающих и напорных линиях.

Физико-химический контроль включает определение физических и химических показателей качества воды на различных участках движения воды по очистным сооружениям. Анализы проводятся, как правило, в лабораториях при станциях. В настоящее время намечаются тенденции определения названных показателей с помощью приборного оформления и вывода получаемых результатов в один центр.

Бактериологический и гидробиологический контроль предназначен для определения бактериологических показателей, т. е. общего числа сапрофитных бактерий и бактерий кишечной палочки, и анализа микрофлоры по физиологическим группам. Гидробиологический анализ дает возможность подсчитать число клеток фито- и зоопланктона в единице объема воды и определить видовой состав планктона; при гидробиологическом анализе определяют также число и видовой состав непланктонных организмов – червей, личинок насекомых и т. д., попадающих в воду из почвы и донных отложений. В совокупности с санитарно-химическим анализом гидробиологические данные дают возможность оценить изменение степени загрязненности водоема, что очень важно для очистных сооружений, так как изменение качества воды требует коррек-

тировки технологических параметров очистки. При этом необходимо иметь в виду, что при очистке воды имеет значение не только число клеток планктона, но и их видовой состав: различные виды планктонных организмов обладают разной устойчивостью к действию окислителей и других реагентов, применяемых при обработке воды. Гидробиологический анализ приобретает особое значение во время цветения водоемов.

По месту проведения анализов они могут быть местными и централизованными.

Технологический контроль включает своевременную подготовку растворов реагентов, их концентрацию, подачу в сооружения, а также эффективность работы каждого сооружения в отдельности, включая хлораторные и аммонизаторные.

Технологические анализы позволяют оценить качество воды с точки зрения возможности обработки ее тем или иным методом и выбрать оптимальные дозы реагентов. К числу таких анализов можно отнести пробное коагулирование, углевание, фильтрование, отстаивание, обезжелезивание, хлорирование ее и т. п.

Как правило, качество воды контролируется на всех этапах ее подготовки, поэтому перед каждым сооружением и после него должны быть предусмотрены приспособления для отбора проб. Кроме того, качество воды должно контролироваться не только в пределах очистной станции, но также и за ее пределами: в резервуарах чистой воды, водоводах, распределительной сети, включая и водоразборные краны в домах. При этом места отбора проб устанавливаются таким образом, чтобы можно было оценить качество воды во всех основных магистральных водопроводных линиях, в наиболее возвышенных, удаленных и тупиковых участках уличной сети.

Места отбора проб и их количество согласовываются с органами санитарной службы. Минимальное число их устанавливается в зависимости от населения: до 10 тыс. человек – не менее 2; до 20 тыс. человек – не менее 10; до 50 тыс. чело-

век – не менее 30, до 100 тыс. человек – не менее 100 и большей численности населения – не менее 200 анализов в месяц. Во всех отобранных пробах определяется общее число бактерий, коли-индекс, мутность, цветность, запах, привкус и др.

Перечень физико-химических и бактериологических, гидробиологических анализов и графики их проведения (графики производственного контроля) проводятся по разрабатываемым на станциях инструкциям [9] в зависимости от местных условий.

Производственный контроль необходим для поддержания нормального технологического процесса работы станции и принятия в ходе эксплуатации оперативных решений, которые не в ущерб качественным и количественным показателям воды дают экономический эффект. Наиболее эффективными средствами снижения стоимости обработки воды на станциях является снижение расхода ее на собственные нужды и уменьшение количества реагентов, используемых для обработки воды.

Производственный контроль в пределах очистной станции включает контроль процессов предварительной обработки воды, коагулирования, отстаивания, фильтрования, обеззараживания воды.

Предварительная обработка воды осуществляется с целью повышения эффективности процессов осветления и обесцвечивания, удаления запахов и привкусов, снижения дозы коагулянта и ликвидации специфических примесей, которые не удаляются из воды в основном технологическом процессе, а также для улучшения санитарного состояния сооружений.

К методам предварительной обработки воды относятся: окисление (озон, хлор, перманганат калия и др.), углевание (различные марки активированных углей), подщелачивание (известь, сода, едкий натр и др.), подкисление (серная и соляная кислоты), аммонизация воды.

Одной из важнейших задач предварительного введения окислителей является снижение численности живых организ-

мов: фито- и зоопланктона. В то же время необходимо иметь в виду, что при предварительном хлорировании вод, содержащих органические вещества, возможно образование хлорорганических веществ, в частности тригалометана (ТГМ), являющихся канцерогенными веществами.

При наличии в воде солевого аммиака эффективность хлорирования снижается, так как в этом случае хлор связывается аммиаком в хлорамины, которые обладают меньшим бактерицидным действием. Для обеспечения необходимого бактерицидного эффекта в этом случае требуется повышение дозы хлора.

На первом этапе обработки воды важно обеспечить гибель организмов зоопланктона. Погибшие микроорганизмы легко удаляются из воды при ее коагулировании, тогда как в живом состоянии многие представители зоопланктона (в частности, низшие ракообразные) могут сохраняться в хлопьях скоагулированной взвеси, выбираться из них в других сооружениях и производить потомство.

Большое значение при осветлении и обесцвечивании воды имеет контроль процесса коагулирования. Широко применяемый коагулянт $Al_2(SO_4)_3$ образует нерастворимый гидроксид в ограниченных пределах рН (от 5,5 до 8,5), его растворимость зависит также от температуры воды—с понижением температуры растворимость гидроксида повышается. Кроме этого, коагулируемость взвеси зависит от ее состава. Коагулирование малоцветных жестких вод наиболее энергично протекает в нейтральной или слабощелочной средах при рН 7,5, т. е. при условиях, оптимальных для образования хлопьев гидроксида алюминия. Осветление и обесцвечивание мягких вод с цветностью более 50° целесообразно проводить при значениях рН 5...6. Коллоидные гумусовые вещества сорбируются на поверхности $Al(OH)_3$, передавая ему свойства. Устойчивость гуминовых коллоидов понижается при уменьшении рН, поэтому и коагулирование таких вод успешно протекает в кислой среде.

Решающую роль при коагулировании играет выбор и поддержание оптимальной дозы коагулянта, т. е. того минимального его количества, при добавлении которого достигается требуемая степень осветления и обесцвечивания воды.

Сложность одновременной оценки и учета многочисленных факторов (дисперсности минеральных примесей, состава органики и т. д.), влияющих на процесс коагулирования, приводит к необходимости опытного определения доз коагулянта. Частота такого определения зависит от постоянства качества воды в водоисточнике.

В процессе эксплуатации оптимальную дозу коагулянта, определенную пробным коагулированием, иногда приходится корректировать с учетом данных гидробиологического анализа. Изменение видового состава фитопланктона и появление некоторых представителей зоопланктона приводит к увеличению дозы коагулянта. Установлено, что прерывистое коагулирование, часто применяемое на очистных сооружениях, неприменимо при значительном развитии фито- и зоопланктона.

Технологический контроль коагулирования должен сочетаться с правильной эксплуатацией сооружений, предназначенных для протекания процессов коагулирования. К таким сооружениям в первую очередь относятся гидравлические условия работы смесителей и камер хлопьеобразования.

Технологический контроль за работой отстойных сооружений (вертикальных, горизонтальных и отстойников с полочными модулями) заключается в наблюдении за равномерностью распределения воды между сооружениями и скоростью движения воды в них, в оценке качества поступающей и осветленной воды, в определении количества и качества задержанного осадка.

При эксплуатации осветлителей со взвешенным осадком ведутся систематические наблюдения за равномерностью распределения и сбора воды, за состоянием отводных лотков и устройств, регулирующих перепуск избытка взвешенных веществ в зоне осветления в осадкоуплотнитель. Нормальная работа осветлителей обеспечивается правильным распределе-

нием воды между зонами осветления и уплотнения осадка и поддержанием определенной скорости восходящего потока воды в зоне осветления и защитной зоне, которая зависит от концентрации взвеси и ее состава в исходной воде.

Процесс осветления и обесцвечивания воды завершается на фильтрующих устройствах. Вода после них должна соответствовать требованиям стандарта на питьевую воду. Все недостатки подготовки воды на предыдущих стадиях должны устраняться на этих сооружениях. Поэтому на их эксплуатацию обращается особое внимание.

Технологический контроль за работой фильтров заключается в распределении воды по фильтрам и, следовательно, скорости фильтрования, в своевременном отключении фильтров на промывку, наблюдении за санитарным состоянием фильтра и состоянием фильтрующей загрузки, а также показателями качества воды до и после фильтра.

При работе фильтров непрерывно должны фиксироваться следующие параметры: скорость фильтрования, потери напора, продолжительность фильтроцикла, продолжительность, интенсивность и эффективность промывки, высота фильтрующего материала в фильтре, остаточные загрязнения, горизонтальность гравийных поддерживающих слоев. Проверка этих параметров может производиться ежедневно, ежемесячно, поквартально, ежегодно. Например, проверка высоты слоя фильтрующей загрузки должна производиться не реже 2 раз в год, проверка фильтрующей загрузки на остаточное загрязнение – один раз в год и т. д. Стоит отметить, что при наличии в составе остаточных загрязнений бактерий, клеток гидробионтов и органических веществ производится санитарная обработка фильтра хлором. При этом сооружение работает как обычно, но фильтрат спускают в сток, а в поступающую воду подают хлор в количестве 50...100 мг/л. Основным видом технологического контроля за работой фильтров является кругло-суточная проверка качества фильтрата. Пробы отбираются от каждого фильтра в отдельности и из сборного канала, отводящего фильтрат в резервуары чистой воды.

Количество проводимых анализов и время проведения их указываются в инструкциях лабораторий на станциях.

Завершающим этапом подготовки воды является ее обеззараживание, в задачу которого входит обеспечение санитарно-эпидемиологической безопасности воды. Контроль воды на этом этапе заключается в проведении бактериологических и гидробиологических анализов. Бактериологический анализ включает два определения: общего числа бактерий в 1 мл воды (микробное число) и числа бактерий группы кишечной палочки в 1 л воды. Гидробиологический контроль заключается в определении клеток фито- и зоопланктона, грибковых микроорганизмов и особенно наличия в воде хлорустойчивых организмов, например протококковых и вольвококковых водорослей. Обеззараженная вода периодически контролируется по бактериологическим показателям. Санитарно-бактериологический анализ проводится в соответствии с ГОСТ 18963-73. Рекомендуется проводить бактериологические анализы один раз в неделю при числе населения до 20 тыс. человек, 3 раза в неделю – до 50 тыс. человек и при большей численности – ежедневно.

Основной целью развития коммунального водоснабжения является обеспечение централизованным водоснабжением всего городского населения и 85...90% сельского. В связи с этим необходимой частью деятельности водоснабжающих организаций становится необходимость централизованного управления системами водоснабжения и координации режимов работы элементов системы водоснабжения, повышения надежности ее, внедрения новых технологических процессов и оборудования, совершенствования транспортирования, хранения и раздачи воды потребителям и т. п.

За последние годы особенно актуальной стала задача улучшения организации контроля производства питьевой воды на всех этапах ее подготовки.

По проведенному специалистами обследованию по оснащенности средствами контроля систем водоснабжения городов установлено, что если такие показатели, как расход и

давление, контролируются на 100%, уровни воды в резервуарах на 49%, рН на 30%, то контроль таких показателей, как температура, скорость фильтрации, мутность, цветность, остаточный хлор, осуществлен всего на 2...8%.

Низкий уровень автоматизации технологических процессов очистки воды и работы водопроводных сооружений объясняется рядом причин.

Процессы очистки воды отличаются многообразием, постоянным изменением качественных показателей и расходов обрабатываемой воды, что создает значительные трудности при решении автоматизации.

Количество и ассортимент средств контроля качества питьевой воды, регулирующих и исполнительных механизмов, серийно выпускаемых отечественной промышленностью, пока недостаточны.

Отсутствуют научные разработки комплексных средств контроля, т. е. систем автоматического управления (САУ) и регулирования (САР) целого ряда технологических процессов.

И, наконец, отсутствуют в производственных управлениях водопроводно-канализационного хозяйства специально подготовленные кадры.

Очевидно, в ближайшем будущем работа станций подготовки воды должна переводиться на полную компьютеризацию по управлению процессами и работой сооружений.

6.21. Повышение эффективности работы сооружений

Основными факторами, влияющими на время приготовления растворов большинства реагентов, являются температура растворителя (табл. 15), конструктивное совершенство системы перемешивания растворов и состояние растворяемого вещества (мелкораздробленный порошок, кусковой материал, жидкий продукт). Испытания реагентов осуществляются по специальным инструкциям, в частности испытание коагулянтов производится по ГОСТ 2676–80.

Растворимость реагентов,
применяемых при очистке воды

Температура воды, °С	Растворимость реагентов, кг/м ³								
	Al ₂ (SO ₄) ₃	Al ₂ (SO ₄) ₃ × 18H ₂ O	FeSO ₄	FeSO ₄ 7H ₂ O	FeCl ₃	Na ₂ CO ₃	NaOH	NaCl	Ca(OH) ₂
0	12	608	156	284	744	70	420	357	1,85
10	35	650	205	374	818	125	515	358	1,76
20	64	703	265	485	919	215	1090	360	1,65
40	57	890	402	733	1100	485	1290	366	1,41
60	92	1148	495	902	-	464	1740	373	1,16
80	71	1420	-	-	5250	458	-	384	0,94
100	90	1725	-	-	5370	455	3470	398	0,77

Интенсификация процессов коагулирования может осуществляться следующими путями:

- внесением в обрабатываемую воду дополнительных реагентов – флокулянтов, окислителей, регуляторов величины рН, новых коагулирующих веществ;

- комплексным применением коагулянтов, например сернокислого алюминия и сернокислого железа, сернокислого алюминия и хлорного железа и т. д.;

- различными вариантами электрохимической коагуляции;

- осуществлением приемов наиболее рациональных способов введения коагулянтов в воду – прерывистого коагулирования, концентрированного и фракционного коагулирования;

- рециркуляцией взвеси через зону ввода свежих порций коагулянта;

- совмещением коагулирования химическими реагентами с физическими методами коагуляции – электрическим и магнитными полями, ультразвуком, вибрацией и т. д.

Первые три способа достаточно подробно изложены в учебниках по технологии очистки воды. Остальные способы

изложены в той или иной степени в текущей литературе и заключаются в следующем.

Прерывистая коагуляция может проводиться как для двухступенчатых, так и для одноступенчатых схем подготовки воды. Оптимальные условия прерывистой коагуляции следует определять в каждом конкретном случае опытным путем с учетом местных условий. Интервалы времени между включением и выключением (или снижением дозы) подачи коагулянта, а также величина необходимых доз зависят от принятой схемы обработки, состава и свойств исходной воды. Прерывистое коагулирование может осуществляться подачей реагента то в оптимальной (расчетной), то в резко уменьшенной (дефицитной) дозе или путем прекращения подачи вообще. Время чередования подачи и прекращения подачи реагента может быть самым разнообразным. Если подача происходит в течение 20...40 мин, то перерыв в подаче реагента (или в подаче дефицитной дозы) может быть равен времени подачи (при наличии в системе очистки осветлителей со слоем взвешенного осадка или контактных осветлителей) или сокращен до 5... 10 мин (в системах с отстойниками).

Чтобы решить вопрос о целесообразности прерывистого коагулирования для одноступенчатых схем очистки воды, следует знать: при обработке цветных вод болотного происхождения, богатых органическими примесями, режим прерывистого коагулирования эффективен лишь до цветности 40...45°, для речных вод со значительным содержанием взвешенных веществ и легко устранимой цветностью (частично минерального происхождения), что характерно для паводковых вод, границы применения прерывистого коагулирования расширяются до цветности 100°; при прерывистом коагулировании имеет место уменьшение грязевой нагрузки на КО, которая может достигать 18...35% в отличие от режима обычного коагулирования, а это ведет к уменьшению требуемого количества промывной воды на 15...20%.

Осуществление прерывистого коагулирования может дать экономию коагулянта в количестве 20...45%. Важным условием быстрого и полного растворения порошкообразного коагулянта является обеспечение необходимого перемешивания растворителя. Для этого в практике водоподготовки принято подавать в растворитель воздух. Необходимый эффект может быть получен, если скорость выхода воздуха из отверстий воздухораспределительной системы будет не меньше 30 м/с.

При концентрированной коагуляции используется зависимость, которая устанавливает, что скорость любой реакции прямо пропорциональна концентрации реагирующих веществ. Сущность способа заключается в том, что полная расчетная доза коагулянта (или несколько уменьшенная) подается только в часть обрабатываемой воды (50...60% общего расхода воды). Растворение коагулянта только в части воды повышает его начальную концентрацию, создавая тем самым оптимальные условия коагуляции и ускорения процесса хлопьеобразования.

После перемешивания обработанной реагентом воды с необработанной реагентом водой, процесс протекает в среднем с готовыми первичными хлопьями, которые служат центрами коагуляции. Вся среда представляет собой полидисперсную систему с искусственно сдвинутым началом хлопьеобразования. Одновременно усиливается и адсорбция веществ, обуславливающих цветность воды, на поверхности образующихся хлопьев.

При фракционном коагулировании ввод расчетного количества коагулянта осуществляется порциями, например $\frac{3}{4}$ расчетной дозы коагулянта вводится предварительно, а затем через 2...3 мин вводится остальная часть коагулянта – $\frac{1}{4}$ дозы; к фракционному коагулированию относится и коагулирование воды различными коагулянтами в разных соотношениях.

Улучшение хлопьеобразования при коагуляции может быть достигнуто посредством замутнения воды шламом, который берется из отстойников и осветлителей со взвешенным осадком. Для создания повышенного эффекта по осветлению и

обесцвечиванию воды необходимо интенсивное перемешивание коагулянта и шлама с водой. Порядок введения коагулянта и шлама безразличен. Доза вводимого шлама зависит от местных условий и может колебаться в широких пределах от 100 до 500 мг/л, а доза коагулянта может быть несколько снижена. Эффект улучшения очистки воды достигается как летом, так и зимой. Данный способ обработки воды может быть рекомендован для маломутных цветных вод.

Последний способ, использующий совместное воздействие химических реагентов и физических методов, в настоящее время не вышел за пределы лабораторных исследований. Полученные результаты говорят о его перспективности. Но для окончательного решения о применении этих способов требуются более широкие и глубокие исследования.

6.22. Интенсификация работы сооружений

Смесительные устройства предназначены для быстрого и равномерного распределения реагентов в обрабатываемой воде по всей глубине и площади смесителя за расчетное время. Для эффективного смешения реагентов требуется создавать турбулентное движение потока воды.

Успешная работа водоочистных сооружений в большой степени зависит от процесса смешения, т. е. от работы смесителя. В настоящее время можно утверждать, что основным требованием, предъявляемым к смесителям, является максимальное сокращение времени между моментом ввода раствора коагулянта в обрабатываемую воду и началом процесса смешения. Существующие гидравлические и механические смесители в силу своих конструктивных особенностей не в состоянии быстро и полно распределить раствор реагента в массе обрабатываемой воды. Сейчас уже установлено, что обеспечение быстрого распределения коагулянта в объеме обрабатываемой воды на первой стадии позволяет экономить коагулянт (на 10...20%) и добиваться более высокого эффекта очистки воды.

Последние исследования в области смешения показывают, что рассредоточенная подача коагулянта по живому сечению потока воды позволяет полнее использовать реагенты и улучшать процесс смешения. Современные конструкции гидравлических и механических смесителей [10] не обеспечивают необходимую скорость первоначального смешения. Кроме того, их работа зависит от производительности системы: при изменении расходов воды меняется и их смешивающая способность. В связи с этим наметилась тенденция к использованию трубчатых смесителей, не зависящих от расхода воды и обеспечивающих эффект первоначального смешения.

Важным условием нормальной работы камер хлопьеобразования является правильный выбор скоростей движения воды. При малых скоростях может произойти оседание образующихся хлопьев, при больших – их разрушение. Эффект хлопьеобразования и повышение прочности хлопьев могут быть достигнуты при введении в камеру хлопьеобразования флокулянтов.

Интенсификация и улучшение работы отстойных сооружений [10] могут быть достигнуты за счет: увеличения скоростей движения воды в сооружениях; равномерного распределения воды при ее поступлении на сооружения по поперечному сечению сооружения при ее движении по нему и отбора осветленной воды из сооружения; учета температурных условий воды и грунта; своевременной продувки отстойников.

Увеличение скоростей движения воды в сооружениях и, следовательно, повышение производительности последних могут быть достигнуты путем ускорения осаждения хлопьев в результате укрупнения и утяжеления их при введении в отстойник флокулянтов (ПАА или АКК). Образование в отстойниках плотного осадка также способствует увеличению продолжительности работы сооружений без продувки.

Равномерное распределение воды по сечению сооружений исключает образование застойных зон, местного увеличения скоростей, превышающих расчетные, и приближает время пребывания воды в отстойнике к расчетному. Практика

проектирования горизонтальных отстойников идет в основном по линии выравнивания неравномерности поступления и выхода воды за счет различных устройств. К таким устройствам можно отнести систему горизонтального расположения труб или желобов, расположенных на поверхности воды на участке $\frac{2}{3}$ длины отстойника, для отбора осветленной воды. Поступление воды в отстойник может происходить через дырчатые перегородки в начале отстойника или при подаче воды в верхнюю зону, если температура воды ниже, чем температура грунта, и, наоборот, в нижнюю зону, если температура воды выше, чем температура грунта.

При эксплуатации отстойников необходимо следить за накоплением осадка и влиянием его на процесс осветления воды. При нормальной работе отстойников осаждение основной массы взвеси должно происходить в первой трети или в крайнем случае половине их по движению воды [7], что свидетельствует о своевременном формировании прочных хлопьев в камере хлопьеобразования и об интенсивном их осаждении. Такое распределение осадка по длине отстойника позволяет длительное время работать без продувки, что сокращает расходы воды на собственные нужды.

Эффективность работы отстойных сооружений (вертикальных и горизонтальных отстойников и осветлителей со слоем взвешенного осадка) может быть повышена, как уже указывалось, путем внесения в обрабатываемую воду (смеситель или перед смесителем) вместе с коагулянтом шлама.

Интенсификация работы фильтров и КО может идти по линии увеличения грязеемкости фильтрующей загрузки и скорости фильтрования. Повышение этих параметров возможно при использовании многослойных фильтров, новых материалов (обладающих высокой адсорбционной способностью) в качестве фильтрующих загрузок, флокулянтов для подготовки воды, крупнозернистых загрузок, электрического поля при фильтрации воды.

Для устройства многослойных фильтров применяют материалы, имеющие различные плотности. Слои фильтрующей

загрузки располагают таким образом, чтобы верхние слои состояли из более крупных зерен меньшей плотности, чем нижние. Для верхних фильтрующих слоев применяют дробленый антрацит и керамзит, «горелые породы», гранулы полистирола, полиэтилена и другие естественные и искусственные материалы неорганического и органического происхождения, а для нижних слоев – кварцевый песок, магнетит, магнитный железняк и др.

При использовании многослойных фильтров загрязнения более равномерно располагаются по высоте загрузки, что приводит к увеличению грязеемкости и продолжительности фильтроциклов.

В качестве новых фильтрующих материалов (табл. 16), внедряемых в настоящее время в практику подготовки воды хозяйственно-питьевого назначения, можно назвать керамзит, «горелые породы» и вулканический шлак. Так, например, при применении дробленого керамзита по сравнению с кварцевым песком потери напора сокращаются в 2,5...3,5 раза, пористость его больше в 1,85...2 раза, коэффициент формы зерен в 1,75...4,2 раза больше, чем у песка. Все эти данные создают более благоприятные условия для задержания загрязнений в фильтрующей загрузке из дробленого керамзита и позволяют в 1,8...2,3 раза поднять производительность фильтров и увеличить длительность фильтроцикла в 2,5...3,5 раза.

Таблица 16

Характеристика новых фильтрующих материалов

Материалы	Плотность, г/см ³	Объемная масса, кг/м ³	Пористость, %	Коэффициент формы зерна
Керамзит дробленый	1,2...1,5	350...500	58...61	1,7...2,5
Керамзит недробленый	1,7...1,8	700...800	45	1,29
«Горелые породы»	2,4...2,5	1500...1800	52	2,00
Вулканический шлак «Мастара»	1,7	750	64	2,23

«Горелые породы» по сравнению с кварцевым песком обладают большей пористостью (на 16...20%) и грязеемкостью (в 1,5...2 раза). При их использовании в фильтрующей загрузке на промывку фильтров требуется в 1,5...2 раза меньший расход воды; продолжительность фильтроцикла при этом увеличивается.

Скорость фильтрования и продолжительность фильтрации зависят не только от мутности поступающей на фильтр воды и характеристик фильтрующей загрузки, но и от прочности образующихся хлопьев. Введение в воду флокулянтов утяжеляет и уплотняет хлопья загрязнений, что способствует улучшению процесса задержания взвеси.

Глубина проникания взвеси в толщу фильтрующего слоя возрастает с увеличением диаметра его зерен и скорости фильтрования. Поскольку потери напора с уменьшением диаметра зерен и увеличением скорости фильтрования возрастают, в практике водоподготовки наметилась тенденция к применению более крупных зерен при одновременном увеличении высоты фильтрующего слоя. Это позволяет повысить скорость фильтрования, не допуская увеличения мутности фильтрата.

В заключение следует отметить, что самая лучшая, прекрасно запроектированная и построенная очистная станция сможет работать на высоком уровне только при условии наличия квалифицированного за ней надзора и повседневного контроля ее работы.

Необходимо также отметить, что ни один существующий метод обработки воды не гарантирует совершеннейшей очистки воды. Эффект каждого метода относителен и зависит как от степени совершенства самого метода, так и от качества исходной воды. Поэтому, совершенствуя процессы подготовки воды, всегда требуется помнить о поддержании чистоты воды в водоемах, служащих источниками для водоснабжения.

7. ЭКСПЛУАТАЦИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ И НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

Каждый насосный агрегат, а также агрегат вспомогательного оборудования должен иметь порядковый стационарный номер, нанесенный на его корпусе белой краской, и металлическую табличку с указанием завода-изготовителя, заводского номера и основных технических данных.

Центробежные насосы должны иметь рабочие характеристики, снятые на стенде завода-изготовителя и периодически (не реже одного раза в 2 года) уточняемые путем испытаний насоса в производственных условиях.

В случае параллельной работы или последовательной работы насосов на станции должны быть указаны характеристики их совместной работы, полученные на основе данных испытаний.

На видном месте на насосной станции вывешиваются схемы электрооборудования станции и расположения агрегатов с указанием коммуникационных трубопроводов и установленной на них арматуры.

При эксплуатации насосных агрегатов должна вестись суточная ведомость, в которую заносят сведения о времени пуска и остановки агрегата, перебивке сальников, температуре масла и смене в подшипниках, работе вспомогательного оборудования и т.д. На насосной станции с постоянно присутствующим обслуживающим персоналом в суточную ведомость через определенные промежутки времени, не превышающие 1 ч, заносятся также показания всех измерительных приборов: вакуумметра, манометра, амперметра, ваттметра, счетчика электрической энергии, водомера.

Перед первым пуском насоса после установки или консервации необходимо удалить из подшипников имеющуюся смазку (путем промывки их бензином) и заменить её свежей. В течение первого месяца работы насоса эту операцию рекомендуется повторить 2–3 раза. При замене смазки с промывкой подшипников, их температура не должна превышать 70°С.

Не допускается включение насоса в работу без воды, а также работа его более 3 минут при закрытой задвижке на напорном патрубке насоса. Запрещается регулировать подачу насосов во время эксплуатации задвижкой, установленной на всасывающем трубопроводе, она во время работы насоса должна быть полностью открыта.

В качестве набивки сальников употребляют мягкую, упругую, пропитанную салом хлопчатобумажную плетенку, применение пеньковой набивки не рекомендуется. Срезы отдельных колец сальниковой набивки надо устанавливать под углом 90° друг к другу.

В процессе эксплуатации с целью предотвращения перегрева электродвигателей необходимо следить за показаниями амперметра или ваттметра, а также за степенью нагрева его корпуса.

Эксплуатация насосного агрегата воспрещается:

- при ненормальной вибрации вала;
- при температуре подшипников выше допустимой;
- при появлении явно слышимого металлического звука, отличающегося от кавитационного шума.

Резервные насосные агрегаты на станции необходимо опробовать не реже 1 раза в год. Работу насосных агрегатов с одинаковой рабочей характеристикой следует постоянно чередовать.

Неполадки в работе насосных агрегатов представлены в табл. 17.

Таблица 17

Основные неполадки в работе насосных агрегатов

Неисправности	Причины неисправности
1	2
Насос после пуска в работу не подает	Заливка насоса проведена недостаточно тщательно, потребный напор выше расчетного; чрезмерная высота всасывания; закупорка трубки гидравлического уплотнения всасывающего сальника и просачивание воздуха через него; артезианский насос неправильно установлен по отношению к динамическому уровню подземных вод

1	2
Подача насоса в процессе работы уменьшается	Уменьшение числа оборотов насосного агрегата из-за падения напряженности в сети; подсосывание воздуха через сальники в корпус насоса; механические повреждения; износ уплотнительных колец; повреждение рабочего колеса
Перегрузка двигателя насоса	Неправильная сборка насоса; механические повреждения насоса и двигателя; повышение напряжения в электросети; потребный напор в сети меньше расчетного
Насос при работе вибрирует, слышится шум	Нарушение центровки агрегата; ослабление болтов крепления агрегата к раме; прогиб вала; заедание вращающихся частей; износ подшипника; ослабление креплений трубопровода насоса; недопустимо большая высота всасывания насоса
Недопустимый нагрев корпуса насоса, сальника, подшипников	Насос длительное время работал при закрытой задвижке; крышка сальника затянута сильно или с перекосом; нагрев подшипников может быть вызван количеством и качеством смазки в подшипнике, сработкой вкладышей подшипника, чрезмерной их затяжкой

Осмотр (ревизия) насосов производится ежедневно. При каждой остановке, а при работающих насосах – без остановки, мастер-механик станции или старший по смене должен проверять состояние крепления фундаментальных болтов, соединительных муфт и фланцевых соединений насосов, подшипников насоса (количество и качество смазки в них), сальников насоса и их набивки. Необходимо постоянное наблюдение за плавностью хода агрегата, биением и вибрацией вала.

Наиболее быстро изнашиваются защитные и уплотняющие кольца, защитные втулки и сальниковая набивка.

В зависимости от конструкции и условий работы насоса, но не более чем через 8–10 тыс. ч его работы, должна производиться полная ревизия (капитальный ремонт) насоса. Перед началом и после капитального ремонта проводится капитальное испытание насоса для установления качества ремонта и характеристики насоса.

В помещениях насосных станций должны быть вывешены инструкции о порядке эксплуатации насосного и электросилового оборудования, а также плакаты по безопасному обслуживанию агрегатов и коммуникаций.

В инструкциях также определяют условия работы насосных станций при аварийном режиме – при поражении рабочих электрическим током, возникновении пожара и отравлении газом.

Для организации учета основных технологических показателей работы на насосные станции должны быть установлены:

а) вакуумметр или мановакуумметр на всасывающем патрубке насоса;

б) манометр на напорном патрубке насоса;

в) амперметр, вольтметр, ваттметр и электрический счетчик у электродвигателей.

г) указатель уровня масла в подшипниках (при жидкостной смазке) или манометры (при циркулярной смазке), а также термометры, показывающие температуру масла на входе в подшипник и выходе из него;

д) расходомер на напорном водоводе (коллекторе).

Дежурный машинист должен:

а) каждый час заносить в журнал работу амперметра, вольтметра, счетчиков расхода электроэнергии, манометров и расходомеров, сведения о замеченных неисправностях и отмечать время пуска и остановки насоса;

б) следить, чтобы температура в подшипниках не превышала температуру в рабочем зале более чем на 40–50 °С. Если возникла необходимость охладить подшипники, надо открыть краники и пустить воду;

г) поддерживать уровень масла в подшипниках на требуемом уровне по маслоуказателю; после 800-1000 часов работы сменить масло;

д) подтягивать сальники так, чтобы вода из них просачивалась непрерывно редкими каплями.

Пуск насоса в работу.

Условия для нормального пуска насоса:

- 1) корпус насоса и вся всасывающая линия до приемного клапана должны быть залиты водой;
- 2) во время работы в насос не должен проникать воздух через неплотности во всасывающей линии и через сальники насоса;
- 3) пуск насоса при закрытой задвижке на напорной линии; чтобы не сразу нагружать электродвигатель, задвижки следует открывать и закрывать медленно, избегая возникновения гидравлического удара.

С другой стороны, пуск насоса при открытой задвижке на напорной линии значительно упрощает схему автоматизации и практически возможен при наличии обратного клапана и средств для гашения гидравлического удара.

Порядок пуска:

- а) открыть кран у манометра и пустить двигатель;
- б) после развития полного числа оборотов и достижения соответствующего давления, открыть кран на вакуумметре;
- в) пустить воду к сальникам и подшипникам, если это требуется;
- г) немедленно открыть задвижку на напорном трубопроводе до полного открытия.

Работа насоса при закрытой задвижке не должна продолжаться более 2–3 мин.

Порядок остановки:

- а) медленно закрыть напорную задвижку;
- б) закрыть кран вакуумметра;
- в) выключить двигатель;
- г) закрыть кран на манометре и перекрыть доступ воды на заливку сальников и охлаждение подшипников.

Неполадки в работе насосов и способы их устранения представлены в табл. 18.

Неполадки в работе насосов

Неисправность	Причины неисправности	Способ устранения
1	2	4
<i>Центробежные насосы</i>		
1. Уменьшается подача воды насосом	Насос не развивает нормального числа оборотов вследствие падения напряжения	Принять меры по приведению напряжения в нормальное состояние
	Просачивание воздуха в корпус насоса через сальник или во всасывающую линию	Проверить всасывающий трубопровод, подтянуть или сменить сальник
	Засорение приемного клапана	Разобрать, прочистить и собрать
	Износ уплотняющих колец	Разобрать насос и сменить уплотнительные кольца
	Засорение обратного клапана	Прочистить
2. Насос после пуска в работу не подает воду	Заливка была проведена недостаточно тщательно, в насосе остался воздух	Остановить насос, залить его водой и снова пустить в работу
	Чрезмерная высота всасывания	Проверить всасывающий трубопровод и его расчет
	Потребный напор выше расчетного	Проверить всасывающий трубопровод и его расчет
3. Плохое разрежение (вакуум) в насосе	Во всасывающую трубу попадает воздух вследствие неплотностей в соединениях или повреждений	Заново собрать всасывающую линию, сменить прокладки, подчеканить и подтянуть стыки
	Воздух попадает через сальники: – из-за затвердения и изношенности набивки;	Заменить сальниковую пробивку
	– засорения трубки, подводящей воду к сальнику для уплотнения	Прочистить и промыть водой трубку
	– сильного и неравномерного износа вала в месте, где он соприкасается с набивкой	Поставить новый вал, не закручивать сильно сальники, не допускать затвердения набивки

Продолжение табл. 18

1	2	4
4. Заметно увеличиваются показания амперметра у электронасоса	Чрезмерная обработка разгрузочной пяты	Поставить повыше кольца на разгрузочную пяту
	Заедание шеек вала в подшипниках	Проточить вал и подшипники
	Насос перекачивает воду, содержащую большое количество ила и песка	Проверить содержание песка и установить причину его появления в воде
5. Насос не развивает полного напора	Значительный износ лопастных колес и уплотнительных колец	Отремонтировать насос, сменить кольца
6. Насос при работе дрожит, слышится шум и треск	Ослабление болтов, крепящих насос к плите	Затянуть болты, проверить горизонтальность валов
	Кавитация	Уменьшить высоту всасывания
7. Насос во время работы дребезжит	Износ резиновых колец в соединительной муфте	Отремонтировать муфту
8. Прегружен двигатель	Обороты выше расчетных	Проверить обороты двигателей
	Подача насоса выше допустимой	Прикрыть задвижку на напорном трубопроводе
9. Чрезмерный нагрев подшипников	Загрязнение смазки износившимся металлом вкладышей или песком	Промыть подшипники и залить чистой смазкой
	Смазка плохого качества	
	Недостаточное количество смазки	
	Обработка вкладышей	Бронзовые вкладыши заменить, перелить масло.
	Чрезмерная затяжка вкладышей	Отрегулировать затяжку вкладышей
<i>Скважинные насосы</i>		
1. Эл. двигатель при работе гудит	Обрыв в одном из проводов сети	Исправить повреждение
2. Эл. двигатель во время работы нагревается	Замыкание витков катушки статора	Отремонтировать эл. двигатель

Окончание табл. 18

1	2	4
3. Частые поломки трансмиссионного вала или разрывы водонапорных труб	Искривленность скважины. Рабочие колеса трутся в направляющих аппаратах	Перегулировать зазор гайкой
4. Повышается потребление эл. энергии	Понижение динамического уровня	Заглубить насос
	Износ лопаток рабочих колес	Уменьшить поступление воды из скважины путем прикрытия задвижки
5. Уменьшилась подача насоса	Утечка воды через стыки водоподъемных труб	Демонтировать насос и устранить повреждение в сборке водоподъемных труб
6. Прекратилась подача воды	Обрыв трансмиссионного вала	Демонтировать насос и заменить вал
7. Насос при работе сильно вибрирует	Прогнулись приводные валы	Демонтировать насос и заменить вал
	Плохое крепление насоса на фундаменте	Прикрепить насос к фундаменту анкерными болтами
8. Насос работает, но вода не подается	Вращение мотора в противоположную сторону	Переменить фазы на клеммах
	Разрыв напорных труб	Заменить напорную трубу
	Уровень воды в скважине ниже всасывающей трубы	Заглубить насос путем добавления напорных труб, если позволяет напор
9. Занижаются показания амперметра	Малая подача воды	Открыть больше задвижку
10. Увеличиваются показания амперметра	Повреждение вкладышей подшипников насоса	Демонтировать насос и заменить вкладыши подшипников

Литература

1. МДК 3-02.2001. Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации.

2. МДС 40-1.2000. Правила пользования системами коммунального водоснабжения и канализации в Российской Федерации.

3. О водоснабжении и водоотведении: Федеральный закон № 416-ФЗ от 07.12.2011 г.

4. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон № 261-ФЗ.

5. СанПин 2.1.47.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения.

6. Дезинфектант воды – гипохлорит натрия: производство и применение: моногр. /Л.Н. Фесенко, В.В. Денисов, А.Ю. Скрябин / ООО НПП «ЭКОФЕС» Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. – Новочеркасск, 2012. – 237 с.

7. Эксплуатация систем водоснабжения, канализации и газоснабжения: справ. / В.Д. Дмитриев, Д.А. Коровин, А.И. Кораблев. – Л.: Стройиздат, 1988. – 383 с.

8. Кожин И.В. Устранение потерь воды при эксплуатации систем водоснабжения / И.В. Кожин, Р.Г. Добровольский. – М.: Стройиздат, 1988. – 348 с.

9. Орлов В.А. Строительство, реконструкция и ремонт водопроводных и водоотводящих сетей бестраншейными методами: учеб. пособие / В.А. Орлов, Е.В. Орлов. – М.: Инфра-М, 2007. – 222 с.

10. Жмаков Г.Н. Эксплуатация оборудования и систем водоснабжения и водоотведения: учеб. / Г.Н. Жмаков. – М.: Инфра-М, 2005. – 237 с.

11. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица П1.1

Перечень основных видов работ по текущему
и капитальному ремонтам водозаборных сооружений

Наименование объектов	Текущий ремонт	Капитальный ремонт
Береговые водо-подъемные колодцы и приемные камеры водозаборов, совмещенные с насосными станциями	Очистка от ила; промывка колодцев, камер и ковшей, чистка и ремонт решеток (сеток) и щитовых затворов; окраска металлических поверхностей с очисткой от ржавчины; затирка с железнением стен колодцев, камер и оголовков	Ремонт стен и днищ камер и береговых оголовков водозаборов; смена решеток или сеток водоприемников щитовых затворов; разборка и ремонт приводов вращающихся сеток, замена сеток, смена ходовых скоб; ремонт крепления береговой полосы у водозабора и в приемном ковше с заменой креплений; ремонт грязевых эжекторов и промывных устройств сеток
Ряжевый и бетонный оголовки водозабора	Обследование состояния оголовка водозабора	Смена ряжа с загрузкой и отсыпкой камня; демонтаж и монтаж стальных самотечных труб оголовков; ремонт обогревательной решетки для борьбы с донным льдом и шугой
Водопроводные каналы, откосы плотин, отстойные трубы, водоспуски	Засев травой откосов плотин; затирка трещин в бетонной облицовке каналов; замена отдельных бетонных плит в креплении каналов, заделка трещин в бетонных водосбросах и теле плотины; исправление поврежденных в берегоукрепительных одеждах и в креплениях откосов/до 2% общей площади крепления/, замена отдельных элементов в деревянных конструкциях; укрепление закладных частей металлических конструкций; покраска	Замена конструкции крепления стенок откосов каналов; противооползневые работы; бурение разгрузочных и дренирующих скважин; устройство противофильтрационных дренажей; ремонт входных оголовков каналов и выходных оголовков выпусков

Таблица П1.2

Периодичность ремонтов

Наименование сооружений, устройств и работы	Срок осмотра	Сроки ремонта	
		текущего	капитального
Оголовки и решетки водоприемников в условиях нормального режима работы	2 раза в год	2 раза в год	По мере надобности
Самотечные линии	1 раз в год	По мере надобности	По мере надобности
Береговой колодец	2 раза в год	1 раз в год	Не реже 1 раза в 5 лет
В том числе ремонт сетки в колодце	Постоянное наблюдение	2 раза в год	1 раз в 2 года
Крепление береговой полосы у водозабора	2 раза в год (перед зимним ледоставом и после половодья)	По мере надобности, но не реже 1 раза в 2 года	По мере надобности, но не реже 1 раза в 5 лет
Проверка состояния и работы задвижек приемных клапанов и сеток, арматуры, самотечных всасывающих и грязевых трубопроводов	2 раза в год	2 раза в год	По мере надобности, но не реже 1 раза в 5 лет
Плотины, дамбы, каналы, водоспуски, водоразборные скважины, шахтные колодцы	1 раз в месяц	2 раза в год	По мере надобности, но не реже 1 раза в 5 лет

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица П2.1

Наименование и ведомственная принадлежность
предприятия ПУВКХ _____

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель предприятия ВКХ

№ п/п	Наименование объектов капитального (текущего) ремонта	Регистрационный номер	Наименование оборудования	Характеристика ремонтируемого объекта	Дата последнего кап. ремонта	Категория ремонта	Месяцы												Годовой простой в ремонте	Объем работ, н/ч	Потребность в рабочей силе, чел.-час	Примечание						
							I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24					
							план	выполнение	план	выполнение	план	выполнение	план	выполнение	план	выполнение	план	выполнение	план	выполнение	план	выполнение	план	выполнение	фактически			

Главный инженер
Начальник планового отдела
Главный бухгалтер

Таблица П2.2

Наименование и ведомственная принадлежность
предприятия ВКХ _____

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель предприятия ВКХ

План работ
по текущему ремонту оборудования и сооружений

Наименование объектов текущего ремонта и регистрационный номер	Наименова- ние работ	Единица измере- ния	Объем работ	Периодич- ность работ (осмотров, текущ. ре- монта)	Норма време- ни на ед. работы	Объем работ в чел.-час.					Потребные материалы, оборудова- ние, меха- низмы
						Всего	в том числе по кварталам				
							I	II	III	IV	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Главный инженер
Начальник планового отдела
Главный бухгалтер
Наименование и ведомственная принадлежность
предприятия ВКХ _____

План капитального ремонта основных фондов на 20 __ г.

СПРАВКА

1. Сумма амортизации, начисляемой на капитальный ремонт в планируемом году _____ тыс. руб.
2. Остаток амортизации на капитальный ремонт от предшествующего года _____ тыс. руб.
3. Получение (изъятие) средств на капитальный ремонт в порядке перераспределения _____ тыс. руб.
4. Итого амортизации, направленной на капитальный ремонт _____ тыс. руб.
5. Планируемый объем капитального ремонта _____ тыс. руб.
6. Остаток амортизации на капитальный ремонт на конец планируемого года _____ тыс. руб.

Наименование объектов капитального ремонта	Единица измерения	Сроки выполнения работ		Объем работ в натуральном измерении	Сметная стоимость работ, тыс. руб.				По способу выполнения		Потребное количество чел.-часов для работ хозяйственным способом	Примечание	
		начало	окончание		всего	в том числе по кварталам				подрядный			хозяйственный
						I	II	III	IV				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Главный инженер
 Начальник планового отдела
 Главный бухгалтер

Оглавление

Введение	3
1. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ	4
1.1. Нормативно-правовая основа деятельности предприятия по эксплуатации системы водоснабжения и водоотведения	4
1.2. Взаимоотношения между абонентом (потребителем) и поставщиком услуг	6
1.3. Присоединение объектов к системам коммунального водоснабжения	8
2. ФУНКЦИИ И ОБЯЗАННОСТИ АДМИНИСТРАЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ	13
2.1. Эксплуатационный персонал и его подготовка ...	16
2.2. Обязанности дежурного персонала	21
2.3. Обязанности инженерно-технического персонала	22
2.4. Диспетчерская служба	24
2.5. Должностные инструкции	30
2.6. Техническая документация	31
3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОЗАБОРОВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД	36
3.1. Борьба с льдообразованием на решетках	37
3.2. Способы борьбы с шугой (эксплуатационные) ...	40
4. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОЗАБОРОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД	41
5. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОВОДОВ И ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ	48
5.1. Техническая эксплуатация водопроводной сети ..	54
5.2. Контрольные испытания водоводов и сетей	59
5.3. Теоретические основы моделирования систем подачи и распределения воды	64
5.4. Работа на водоводах и водопроводной сети	68

5.5.	Планово-предупредительный и капитальный ремонт, ликвидация аварий	73
5.6.	Управление и разработка оптимальных режимов эксплуатации системы подачи и распределения воды	77
6.	ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОПРОВОДНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ	81
6.1.	Гидравлические испытания	87
6.2.	Технологические испытания	88
6.3.	Организация эксплуатации очистных станций	89
6.4.	Реагентное хозяйство	92
6.5.	Смесители и камеры хлопьеобразования	106
6.6.	Сооружения по осветлению воды первой ступени	118
6.7.	Осветлители со взвешенным осадком	127
6.8.	Флотационные установки	132
6.9.	Гидроциклоны	136
6.10.	Сооружения по осветлению воды второй ступени	137
6.11.	Подготовка загрузки фильтрующих устройств ...	138
6.12.	Крупнозернистые и сетчатые фильтры	147
6.13.	Скорые фильтры	150
6.14.	Контактные осветлители и контактные фильтры .	156
6.15.	Медленные фильтры	159
6.16.	Борьба с потерями воды на сооружениях	161
6.17.	Методы обеззараживания воды	164
6.18.	Интенсификация процессов обеззараживания воды	173
6.19.	Стабилизация, фторирование, обесфторирование обескремнивание, обезжелезивание и удаление марганца из воды	176
6.20.	Производственный контроль работы сооружений	184
6.21.	Повышение эффективности работы сооружений .	192
6.22.	Интенсификация работы сооружений	196
7.	ЭКСПЛУАТАЦИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ И НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ	201
	Литература	209
	Приложения	210

Учебное издание

Бутко Денис Александрович
Бутко Александр Васильевич
Щуцкая Елена Евгеньевна

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Редактор А.А. Литвинова
Компьютерная обработка: И.В. Кикичева

В печать 05.03.2020 г.
Формат 60×84/16. Объем 13,7 усл. п.л.
Тираж 100 экз. Заказ № 44. Цена свободная

Издательский центр ДГТУ
Адрес университета и полиграфического предприятия:
344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1.