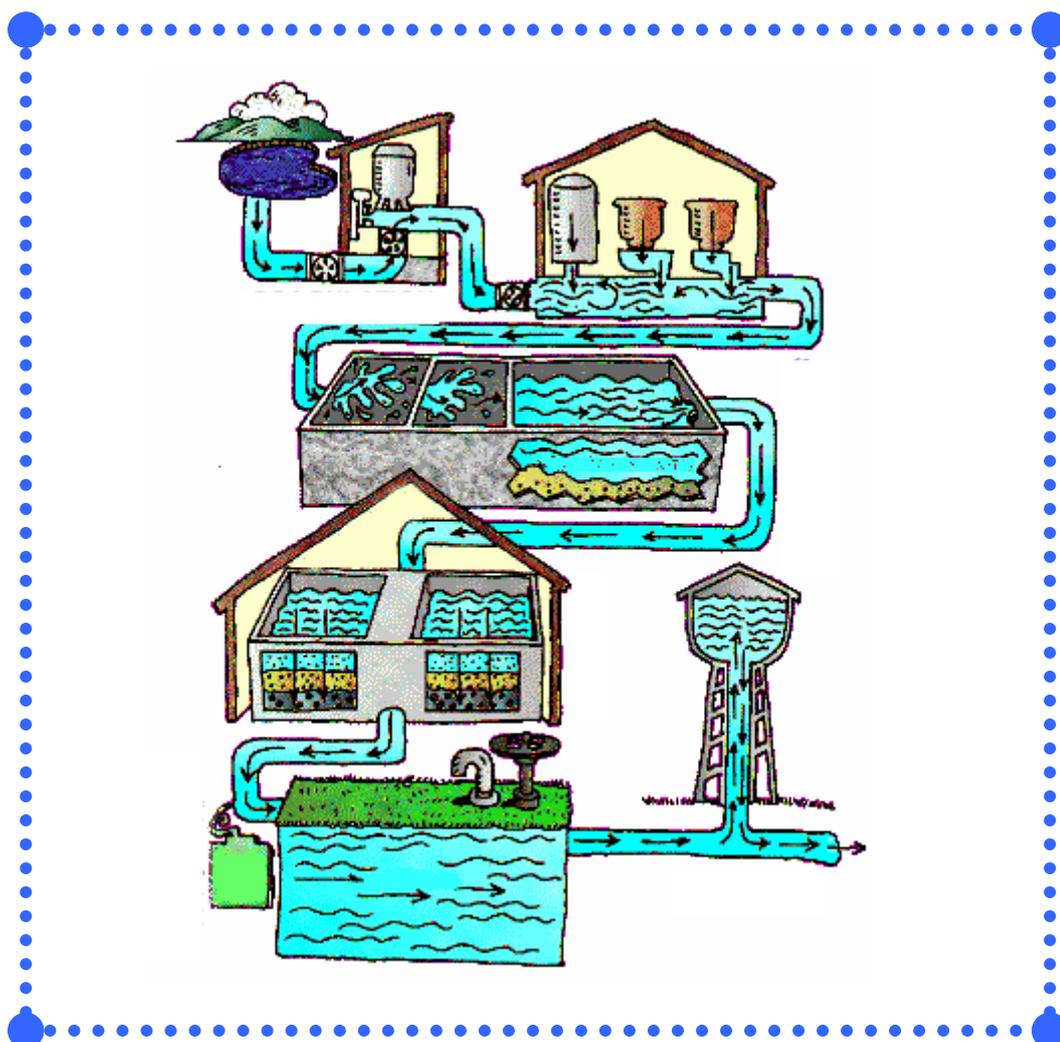


С.С.ДУШКИН, Г.И.БЛАГОДАРНАЯ,  
А.Н.КОВАЛЕНКО, М.В.СОЛОДОВНИК

# ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ВОДОВОДНО-КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ



Харьков 2010

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
ХАРЬКОВСКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ ГОРОДСКОГО  
ХОЗЯЙСТВА

С.С.ДУШКИН, Г.И. БЛАГОДАРНАЯ,  
А.Н.КОВАЛЕНКО, М.В.СОЛОДОВНИК

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ  
ВОДОПРОВОДНО-КАНАЛИЗАЦИОННЫХ  
СИСТЕМ**

Конспект лекций

(для студентов специальности 7.092601, 8.092601 – «Водоснабжение и водоот-  
ведение» дневной и заочной форм обучения, экстернов,  
магистрантов и иностранных студентов)

**Душкин С.С.** Эксплуатация очистных сооружений водопроводно-канализационных систем. (Конспект лекций для студентов 5-6 курсов дневной и заочной форм обучения, экстернов, магистрантов и иностранных студентов специальности 7.092601, 8.092601 – «Водоснабжение и водоотведение») / С.С. Душкин, Г.И.Благодарная, А.Н.Коваленко, М.В.Солодовник; Харк. нац. акад. город. хоз-ва. – Х.: ХНАГХ, 2010. – 183 с.

Авторы: С.С. Душкин,  
Г.И.Благодарная,  
А.Н.Коваленко,  
М.В.Солодовник

Рецензент: к.т.н., доц. В.А. Ткачев

Рекомендовано к изданию Ученым советом Харьковской национальной академии городского хозяйства, протокол №2 от 26.10.07 г.

© С.С.Душкин, Г.И. Благодарная, А.Н.Коваленко,  
М.В.Солодовник, ХНАГХ, 2010.

## ВВЕДЕНИЕ

Конспект лекций написан в соответствии с программой курса «Эксплуатация очистных сооружений ВК систем» и учебным планом для студентов дневной, заочной форм обучения, и иностранных студентов специальности 7.092601, 8.092601 - «Водоснабжение и водоотведение».

Учебная дисциплина «Эксплуатация очистных сооружений ВК систем» относится к циклу специальных профессионально-ориентированных дисциплин по направлению «Водные ресурсы». Предметом изучения дисциплины является теория, методы, расчет и устройство сетей, систем и сооружений водоснабжения и канализации населенных городов и промпредприятий.

Целью изучения дисциплины является подготовка специалиста, который будет владеть знаниями, связанными с решением вопросов эксплуатации очистных сооружений в области водоснабжения и водоотведения, и будет способен эффективно использовать системы и их отдельные элементы для обеспечения высокого качества питьевой воды и очистки сточных вод.

Такой подход специалистов поможет бесперебойному водоснабжению населенных городов и своевременному отводу сточной воды, а также будет оказывать содействие снижению эксплуатационных затрат.

В результате изучения дисциплины студенты должны освоить:

- нормативные документы по организации эксплуатации очистных сооружений водоснабжения, водоотведения и улучшение качества воды;
- правила технической эксплуатации систем, сооружений и их оборудование;
- порядок ведения технической документации и отчетности;
- должностные инструкции.

Студент должен уметь

- контролировать работу сооружений и оборудования систем, в том числе автоматически действующих контрольно-измерительных приборов и автомати-

зированных систем управления техническими процессами в системах водоснабжения и водоотведения;

- соблюдать технологический режим работы очистных сооружений водоснабжения и водоотведения, совершенствовать его;

- проводить разработку технической документации по эксплуатации очистных сооружений водоснабжения и водоотведения;

- давать экологическую оценку эффективности работы очистных сооружений систем водоснабжения и водоотведения.

В конспекте лекции изложен опыт работы водопроводно-канализационного хозяйства Украины. При этом обобщался и систематизировался материал, а также широко использовался опыт изучения курса в других высших учебных заведениях Украины, в частности Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, Одесской государственной академии строительства и архитектуры, Санкт-Петербургского университета путей сообщения и др.

Учебное пособие предназначено для студентов 5-6 курсов высших учебных заведений, которые готовят специалистов в области водоснабжения, канализации, рационального использования и охраны водных ресурсов.

# МОДУЛЬ. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ВОДОПРОВОДНО-КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ

## СМ1. ЗАДАЧИ И ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ, ВОДООТВЕДЕНИЯ

### *ТЕМА 1. Техническая, хозяйственная характеристика водопроводно-канализационного хозяйства населенных мест Украины и организация эксплуатации водопроводно-канализационного хозяйства*

#### *1.1. Техническая и хозяйственная характеристика водопроводно-канализационного хозяйства населенных мест Украины*

Системы водоснабжения и канализации населенных мест предназначены для обеспечения населения питьевой водой, а также для водоотведения сточных вод и последующей их очистки. Промышленные предприятия используют воду из городского водопровода, как правило, только для бытовых целей, а пищевая отрасль промышленности еще и для технологических процессов производства. Вопрос технического водоснабжения промышленных предприятий из коммунального водопровода решается с участием местных санитарно-эпидемиологических органов.

Городской водопровод обеспечивает пожаротушение на всей занимаемой городом территории необходимым количеством воды с соответствующим напором. Если промышленным предприятиям по условиям технологического процесса и пожаротушения требуются напоры большие, чем может обеспечить городской водопровод, то в этих случаях строятся насосные станции подкачки, режим работы которых согласовывается с Управлением водопроводно-канализационного хозяйства города.

Городская канализация обеспечивает отвод сточных вод со всей территории города и их очистку перед выпуском в водоем. Прием промышленных сточных вод в городскую канализацию производится с разрешения Управления водопроводно-канализационного хозяйства, которое на основании ПДК ве-

ществ, сбрасываемых в городскую канализационную сеть, назначает локальную очистку этих сточных вод на территории предприятия. При использовании сточных вод предприятия в оборотной системе технического водоснабжения степень ее очистки определяется проектной организацией.

Использование очищенных городских сточных вод для снабжения промышленных предприятий технической водой определяется проектной организацией при согласовании ее качества промышленным предприятием и местной санитарно-эпидемиологической станцией.

### *1.2. Организация эксплуатации водопроводно-канализационного хозяйства*

Форма организации водопроводно-канализационного хозяйства зависит от масштаба его деятельности, производственной мощности и ведомственной подчиненности. Вопросами эксплуатации водопроводных и канализационных систем, как правило, занимаются службы, входящие в состав производственных управлений водопроводно-канализационного хозяйства. В составе производственных управлений предприятия водопровода и канализации находятся на внутреннем хозрасчете. Сами управления подчиняются городскому управлению коммунального хозяйства. В небольших городах службы водопровода, канализации, объединяются с некоторыми другими коммунальными предприятиями в коммунальные комбинаты, подчиненные городским управлениям коммунального хозяйства.

В крупнейших городах существуют отдельные отраслевые управления водопроводно-канализационного хозяйства, подчиненные непосредственно исполкомам городских Советов народных депутатов. Многие населенные пункты снабжаются водой из водопроводов, принадлежащих промышленным предприятиям и организациям (г. Первомайск Харьковской области), или из ведомственных и коммунальных водопроводов одновременно. В этом случае службы коммунальных водопроводов оплачивают промышленным предприятиям стоимость получаемой воды, взимая с населения оплату целиком за всю подаваемую им воду по установленным тарифам.

*Основными задачами правильной эксплуатации водопроводно-канализационного хозяйства являются:*

- обеспечение качества воды в соответствии с требованиями ГОСТ 2874-82 "Вода питьевая" и технические условия (ТУ) для очистки городских сточных вод; обеспечение надежности и бесперебойной работы сооружений с заданным технологическим режимом их работы; устранение в кратчайшие сроки аварий и повреждений, изучение причин их появления с целью предупреждения в будущем;
- своевременное и доброкачественное проведение текущего и капитального ремонтов в порядке и в сроки, установленные действующей инструкцией о планово-предупредительных ремонтах;
- борьба с утечками, потерями и нерациональным использованием воды;
- обеспечение высокой рентабельности работы, улучшение качества предоставляемых услуг путем автоматизации производственных процессов, внедрения новейших разработок в данной отрасли, учета расхода воды, электроэнергии, реагентов и т. д., экономия материальных ресурсов.

Ввод в эксплуатацию новых и реконструируемых водопроводно-канализационных предприятий, сооружений и сетей осуществляется в соответствии с указаниями СНиП 2.04.03.85 и СНиП 2.04.02-84.

Ввод в эксплуатацию новых или реконструируемых водопроводных и канализационных очистных сооружений не допускается без оформления разрешения на специальное водопользование, разработанного в соответствии с инструкцией о порядке согласования и выдачи разрешений на специальное водопользование.

В процессе наладочных работ должны быть разработаны инструкции по эксплуатации агрегатов, механизмов, сооружений и сетей водопровода, канализации, должностные инструкции для эксплуатационных работников по всем вопросам эксплуатации.

В этих инструкциях подробно указываются права и обязанности всех работников, ответственность за порученный участок работы, подчиненность, порядок эксплуатации оборудования, последовательность операций при пуске и

остановке агрегатов и сооружений, порядок действий при аварийном положении, порядок связи и т. д. с обязательным указанием соблюдения правил безопасности ведения работ.

Администрация обязана способствовать повышению технических знаний эксплуатационного персонала путем организации технического обучения обмена опытом работы и внедрения мировых достижений в водопроводно-канализационной сфере.

Для всех эксплуатационных работников обязательно знание и соблюдение специальных правил (санитарного надзора, гражданской обороны, архитектурно-технического надзора, противопожарной безопасности), относящихся к городским водопроводам и канализации.

Утверждение в должности всех работников водопроводно-канализационного хозяйства должно производиться только после установленных испытательных сроков и проверки знаний правил эксплуатации этих хозяйств и рабочих инструкций, а также «Правил безопасности при эксплуатации водопроводно-канализационных сооружений». Периодически в установленные сроки проверяются знания отдельно рабочих и инженерно-технического персонала.

## ***ТЕМА 2. Эксплуатация территории зон санитарной охраны источников водоснабжения и сооружений***

Зоны санитарной охраны должны быть на действующих, проектируемых и реконструируемых водопроводах хозяйственно-питьевого назначения в целях обеспечения их санитарно-эпидемиологической надежности. Зона источника водоснабжения в месте расположения водозаборных сооружений должна состоять из трех поясов: первого - строгого режима, второго и третьего - режимов ограничения хозяйственной деятельности.

Зона водопроводных сооружений должна состоять из границ первого пояса и санитарно-защитной полосы вокруг него.

Зона санитарной охраны должна включать водозаборные сооружения, водохранилища, водоподводящие каналы, а также полосу прокладки водоводов.

Проект зон санитарной охраны водопровода согласовывается с исполкомом местного Совета народных депутатов, с органами санитарно-эпидемиологической службы, а также с другими заинтересованными министерствами и ведомствами и утверждается в установленном порядке. Контроль за содержанием зон санитарной охраны должен осуществляться органами государственного санитарного надзора.

### *2.1. Поверхностные источники водоснабжения.*

Границы первого пояса устанавливаются на расстояниях от водозабора:

для рек и каналов:

- вверх по течению - не менее 200 м;
- вниз по течению - не менее 100 м;
- по прилегающему к водозабору берегу - не менее 100 м от уреза воды при летне-осенней межени;
- в направлении к противоположному берегу: при ширине водотока менее 100 м - вся акватория и противоположный берег шириной 50 м от уреза воды при летне-осенней межени, а при ширине водотока более 100 м - полоса акватории шириной не менее 100 м;
- на водозаборах ковшового типа вся акватория ковша и территория вокруг него - не менее 100 м;

для водохранилищ и озер:

- по акватории во всех направлениях - не менее 100 м;
- по прилегающему к водозабору берегу - не менее 100 м от уреза воды при нормальном подпорном уровне в водохранилище и летне-осенней межени в озере.

Акватория первого пояса санитарной охраны поверхностного источника водоснабжения должна обозначаться наземными столбами-указателями и бакенами. В несудоходных водоемах бакены с освещением устанавливаются над оголовками водозаборов, а в судоходной части - вне судового хода.

На территории первого пояса зоны:

- запрещается все виды СТ, кроме основных водопроводных сооружений; размещение жилых и общественных зданий любого назначения; прокладка трубопроводов различного назначения, кроме обслуживающих водопроводные сооружения;

- выпуск сточных вод, купание, водопой и выпас скота, стирка белья, рыбная ловля, применение ядохимикатов для растений;

- все здания должны быть канализованы в ближайшую систему водоотведения с расположением очистных сооружений сточных вод за пределами первого пояса;

- при отсутствии канализации должны быть построены водонепроницаемые выгребы с учетом санитарных требований вывоза нечистот;

- должно быть обеспечено отведение поверхностного стока за пределы первого пояса;

- допускаются санитарные рубки леса и уход за ним.

Границы второго пояса устанавливаются:

- вверх по течению (включая притоки) - исходя из усредненной по ширине и длине водотока скорости течения воды и времени ее протекания от границы пояса до водозабора при среднемесячном расходе воды летне-осенней межени 95% обеспеченности:

- вниз по течению - не менее 250 м;

- боковые границы - на расстоянии от уреза воды летне-осенней межени: при равнинном рельефе - 500 м, при гористом - до вершины первого склона, обращенного в сторону водотока, но не более 750 м при пологом склоне и 1000 м при крутом.

Границы второго пояса в водохранилище и озере от водозабора по акватории во всех направлениях на расстоянии 3 км при количестве ветров до 10% в сторону водозабора и 5 км, при количестве ветров более 10%; боковые границы аналогичны указанным расстояниям для водотоков.

Границы третьего пояса зоны поверхностных источников водоснабжения

вверх по течению или во все стороны по акватории водоема должны быть такими же, как для второго пояса, боковые

границы - по водоразделу, но не более 3-5 км от водотока или водоема.

На территории второго пояса источника водоснабжения запрещается:

а) загрязнение территории нечистотами, мусором, навозом, промышленными отходами и др.;

б) размещение складов ядохимикатов и минеральных удобрений, горюче-смазочных материалов, накопителей, шламохранилищ и прочих объектов, способствующих загрязнению водоемов;

в) размещение скотомогильников, кладбищ, полей ассенизации и фильтрации, навозохранилищ, силосных траншей, земледельческих полей орошения, животноводческих и птицеводческих объектов и другой хозяйственной деятельности, способствующей микробному загрязнению водоемов;

г) применение удобрений и ядохимикатов;

д) добыча песка и гравия, а также дноуглубительные работы;

е) расположение пастбищ в прибрежной полосе шириной 300 м.

На территории второго пояса источника водоснабжения надлежит:

а) осуществлять регулирование отведения территорий для населенных пунктов и других хозяйственно-бытовых и оздоровительных учреждений производственных и сельскохозяйственных объектов, а также изменение технологий промышленных предприятий, представляющих опасность загрязнения водоемов;

б) благоустраивать населенные пункты, промышленные и сельскохозяйственные объекты, предусматривать организованное водоснабжение и канализации их и организовывать отвод загрязненных поверхностных сточных вод.

в) производить санитарные рубки леса и уход за ним;

г) устанавливать места переправ, мостов и пристаней;

д) при наличии судоходства оборудовать суда устройствами для сбора бытовых и подрусовых вод и твердых отходов, на пристанях предусматривать сливные станции и приемники для сбора твердых отходов. Допускается пти-

церазведение, стирка белья, купание, туризм, водный спорт, устройство пляжей, рыбная ловля в специальных местах и по режиму, согласованному с местными органами санитарно-эпидемиологической службы.

В границах второго пояса зон санитарной охраны по согласованию с санитарными органами могут быть изменены его границы от водозабора, если качество воды водоема отвечает требованиям на источник водоснабжения по ГОСТ 17.1.3.03-77, а также условиям выпаса, стойбища и водопоя скота, внесения удобрений, применения ядохимикатов и т. д. с учетом местных условий состояния водоемов.

На территории третьего пояса санитарной охраны надлежит выполнять мероприятия, предусмотренные в П. «а», «б», второго пояса. В лесных массивах разрешается проведение порубок леса главного и промежуточного пользования, а также лесосечного фонда долгосрочного пользования.

## *2.2. Подземные источники водоснабжения.*

Границы первого пояса зоны подземного водоисточника устанавливаются от одиночного водозабора или от крайних водозаборных сооружений группового водозабора на расстояниях:

- при использовании защищенных подземных вод - 30 м;
- при использовании недостаточно защищенных подземных вод - 50 м;
- при инфильтрационных водозаборах от поверхностного водоисточника - не менее 150 м;
- при подрусовых водозаборах или участке, питающем инфильтрационный водозабор, аналогично зоне первого пояса поверхностного источника водоснабжения;
- при искусственном пополнении запаса подземных вод от инфильтрационных сооружений закрытого типа - 50 м, открытого типа - 100 м.

Границы второго пояса зоны санитарной охраны устанавливаются в зависимости от климатических районов и защищенности подземных вод с учетом времени продвижения микробного загрязнения воды до водозабора от 100 до 400 суток.

Границы третьего пояса зоны определяются временем продвижения химического загрязнения воды до водозабора, которое должно быть больше принятой продолжительности эксплуатации водозабора, но не менее 25 лет. Второй и третий пояса зоны при инфильтрационном питании водоносного пласта следует принимать применительно границам второго и третьего поясов поверхностного источника водоснабжения.

На территории первого пояса зоны подземного источника водоснабжения должны применяться санитарные мероприятия, указанные для территории первого пояса зоны поверхностного источника водоснабжения.

На территории второго пояса зоны подземного источника водоснабжения применяются санитарные мероприятия, изложенные для первого пояса зоны поверхностного источника водоснабжения, и дополнительно предусматривается:

- выявление и тампонаж или восстановление старых, бездействующих, дефектных скважин и шахтных колодцев, создающих опасность загрязнения водоносного горизонта;
- регулирование бурения новых скважин;
- запрещение загрязнения подземных вод закачкой отработанных вод, подземного складирования различных отходов, разработки недр и т. п.

На территории третьего пояса зоны подземного источника распространяются условия проведения мероприятий, предусмотренные для территории второго пояса зоны поверхностного источника водоснабжения.

### *2.3. Площадка водопроводных сооружений.*

Граница первого пояса зоны территории водопроводных сооружений совпадает с ограждением площадки и должна быть на расстоянии:

- от резервуаров чистой воды, фильтров, контактных осветлителей - не менее 30 м;
- от стен сооружений и стволов водонапорных башен - не менее 15 м.

Санитарно-защитная полоса вокруг ограждения водопроводных сооружений, расположенных за пределами второго пояса зоны источника водоснабжения, должна иметь ширину не менее 100 м.

На площадках водопроводных сооружений должны предусматриваться санитарные мероприятия по благоустройству, созданию сторожевой охраны, глухое ограждение высотой 2,5 м. Допускается предусматривать глухое ограждение высотой 2 м и на 0,5 м из колючей проволоки или металлической сетки, что изложено в СНиП 2.04.02-84.

#### *2.4. Водоводы*

В зонах санитарно-защитной полосы водоводов должны отсутствовать уборные, помойные ямы, навозохранилища, приемники мусора и др., создающие условия загрязнения почвы и грунтовых вод.

Запрещается строительство водоводов по территории свалок, полей ассенизации, полей фильтрации, земледельческих полей орошений, кладбищ, скотомогильников, промышленных и сельскохозяйственных предприятий.

Ширина защитной полосы, проходящей по незастроенной территории, принимается от крайних водоводов:

при наличии сухих грунтов - не менее 10 м при диаметре до 1000 мм и не менее 20 м при больших диаметрах;

в мокрых грунтах - не менее 50 м независимо от диаметра.

Допускается уменьшать санитарно-защитную полосу водоводов при строительстве трубопроводов по застроенным территориям с обязательным согласованием с органами санитарно-эпидемиологической службы.

#### *2.5. Санитарно-защитные зоны канализационных сооружений.*

Санитарно-защитные зоны от канализационных очистных сооружений до границ жилой застройки, до участков общественных зданий и предприятий пищевой промышленности следует определять с учетом их перспективного развития.

Канализационные очистные сооружения должны быть удалены от населенных пунктов на расстояния, указанные в табл. 2.1.

**Таблица 2.1** - Санитарно-защитные зоны для канализационных очистных сооружений

Наименование сооружений	Санитарно-защитные зоны, м при расчетной производительности сооружений, тыс. м <sup>3</sup> /сут			
	до 0,2	более 0,2 до 0,5	более 5 до 50	более 50 до 280
Сооружения механической и биологической очистки с иловыми площадками для сброженных осадков, а также отдельно расположенные иловые площадки	150	200	400	500
Сооружения механической и биологической очистки с термомеханической обработкой в закрытых помещениях	100	150	300	400
Поля фильтрации	200	300	500	1000
Поля орошения	150	200	400	1000
Биологические пруды	200	200	-	-
Сооружения с циркуляционными окислительными каналами	150	-	-	-
Насосные станции	15	20	20	30

При пользовании указанной таблицей следует учитывать следующее:

- санитарно-защитные зоны для канализационных очистных сооружений производительностью более 280 тыс. м<sup>3</sup>/сут, а также при отступлении от принятой технологии очистки сточных вод и обработки осадка устанавливаются по согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы.

- при отсутствии иловых площадок на территории очистных сооружений производительностью более 0,2 тыс. м<sup>3</sup>/сут размер зоны сокращается на 30 %;

- для полей фильтрации площадью до 0,5 га и для сооружений механической и биологической очистки производительностью до 50 м<sup>3</sup>/сут санитарно-защитную зону следует принимать размером 100 м;

- для полей подземной фильтрации пропускной способностью менее 15 м<sup>3</sup>/сут санитарно-защитную зону следует принимать размером 15 м;

- при фильтрующих траншеях и песчано-гравийных фильтрах санитарно-защитные зоны следует принимать размером 25 м, в септиках и фильтрующих колодцах соответственно 5 и 8 м, в аэрационных установках на полное окисление - 50 м;

- санитарно-защитные зоны, указанные в приведенной выше таблице, допускается увеличивать, но не более чем в 2 раза в случае расположения жилой

застройки с подветренной стороны по отношению к очистным сооружениям или уменьшать не более чем на 25 % при наличии благоприятной розы ветров;

- при сушке на иловых площадках сырого (несброженного) осадка или при хранении его в шламонакопителях санитарно-защитные зоны необходимо устанавливать по согласованию с местными органами санитарно-эпидемиологической службы.

Для определения границ первого, второго и третьего пояса зон санитарной охраны следует руководствоваться требованиями СНиП 2.04.02-84.

### ***ТЕМА 3. Основные задачи диспетчеризации, структура диспетчерской службы, лаборатория автоматики и контроля***

#### ***3.1. Основные задачи диспетчеризации, структура диспетчерской службы***

Для обеспечения надежной и бесперебойной работы систем водоснабжения и водоотведения с оптимальными санитарными и технико-экономическими показателями необходимы четкая координация и взаимная увязка отдельных составляющих элементов этих систем. Для этого применяется единая централизованная система управления, обеспечиваемая диспетчерской службой (ДС).

Диспетчеризация - это централизация (концентрация) оперативного управления и контроля в руках одного человека - диспетчера - для согласования работы отдельных звеньев, составляющих общий производственный комплекс сетей и сооружений. В зависимости от степени автоматизации диспетчерского управления все объекты системы водоснабжения, канализации и газоснабжения могут быть разделены на три группы:

- полностью автоматизированные без диспетчерского управления агрегатами;

- полностью автоматизированные с дублированием управления основными агрегатами с диспетчерского пункта;

- с частичной автоматизацией и диспетчерским управлением основными агрегатами (возможно и неавтоматизированное диспетчерское управление).

В соответствии со схемой водоснабжения и канализации, их технологическим процессом диспетчерская служба может быть:

- одноступенчатой, при которой имеется районный диспетчерский пункт (РДП), оперативно управляющий работой как всех сооружений и агрегатов, входящих в систему, так и сетью;

- двухступенчатой - с центральным диспетчерским пунктом (ЦДП) и местными диспетчерскими пунктами (МДП); местные диспетчерские пункты ведут работой отдельных сооружений, а ЦДП координирует работу МДП;

- трехступенчатой, включающей ЦДП, районные диспетчерские пункты РДП, управляемые ЦДП и МДП, находящиеся в ведении РДП.

Выбор схемы диспетчеризации зависит от местных условий и определяется схемой и масштабами водоснабжения и канализации. Одноступенчатую схему диспетчеризации применяют в городах с малой протяженностью сетей водоснабжения и канализации (до 50 км), двухступенчатую - в городах с большой протяженностью сетей. При протяженности сети 50-400 км организуются ЦДП и местные диспетчерские пункты головных и других сооружений (МДПГС). При протяженности более 400 км организуются местные диспетчерские пункты сети МДПС. Они располагаются обычно в центре отдельных районов водопроводной сети города. В их задачу входят управление распределением потоков воды в зависимости от давления и контроль за давлением во всей сети данного района.

ЦДП располагается в центре системы, например, водоснабжения, или на территории головных сооружений. Он оперативно управляет работой всех МДП, входящих в систему. МДП головных сооружений располагается на территории головных сооружений и осуществляет управление и контроль за работой насосных станций (первого и второго подъема) и очистных сооружений, а также за уровнем воды в резервуарах чистой воды.

В двухступенчатую схему диспетчерского управления системы канализации крупного города, кроме ЦДП, обычно входят МДП районных насосных станций перекачек сточных вод и сети, а также МДП главной насосной станции

и очистных сооружений. Трехступенчатая схема диспетчерской службы применяется в исключительных случаях для особо крупных городов и сложных систем водоснабжения, канализации.

Общая схема организации диспетчерской службы (ДС) показана на рис. 3.1. В последние годы внедрены автоматизированные системы управления (АСУ) в водопроводно-канализационном хозяйстве. В АСУ применяются современные автоматические средства обработки данных с помощью компьютеров, позволяющих регистрировать, накапливать и отображать информацию и при помощи экономико-математических методов решать основные задачи управления.

Разновидностью АСУ является автоматическая система управления технологическими процессами (АСУТП), которая предназначена для повышения эффективности управления основной деятельностью объектов водоснабжения и канализации. Эта задача осуществляется путем оперативного контроля технологических режимов подъема воды, ее обработки, подачи и распределения или водоотведения и оптимального управления этими процессами с использованием средств вычислительной техники.

Общим критерием системы управления является минимум эксплуатационных затрат на обработку воды при выполнении заданных требований на качество очищаемой воды, бесперебойное обеспечение потребителей водой питьевого качества и водоотведение.

АСУТП должна функционировать в информационно-советующем режиме, при котором средства вычислительной техники осуществляют централизованный сбор, обработку и выдачу данных обслуживающему персоналу в удобной форме, а также формируют и выдают диспетчеру рекомендации по оптимальному ведению технологических процессов в зависимости от ситуации на производстве.

Для каждого технологического цикла производства имеются следующие основные функции.

1. Информационно-вычислительные:
  - сбор и первичная обработка информации;

- контроль работы оборудования;
- контроль за состоянием технологических режимов, включающий контроль отклонения параметров;
- диагностика нарушений технологических режимов;
- оперативный учет и расчет технико-экономических показателей;
- формирование и выдача информации на печать и экран для оперативного персонала и руководство станции по инициативе системы и по вызову;
- формирование и выдача информации в автоматическую систему организационного управления (АСОУ);

## 2. Управляющие:

- регулирование отдельных технологических переменных;
- дистанционное управление основными агрегатами;
- прогнозирование хода технологического процесса;
- определение рационального режима технологического процесса;
- формирование и выдача диспетчеру рекомендаций по оптимальному ведению технологических процессов;

## 3. Контроль оборудования:

- расчет времени простоя оборудования за смену, сутки и т. д.;
- расчет времени работы оборудования до профилактического ремонта;
- формирование и выдача на печать информации о работе оборудования;

## 4. Расчет и учет технико-экономических показателей:

- учет расхода воды по трубопроводам (по станциям, по зонам, по городу), запас воды в емкостях, расход электроэнергии, реагентов, расход воды на собственные нужды, отклонение давления в контрольных точках на трубопроводах по часам суток от заданного режима;
- расчет технологической себестоимости воды по станциям, подачи и распределения ее по разводящей сети;

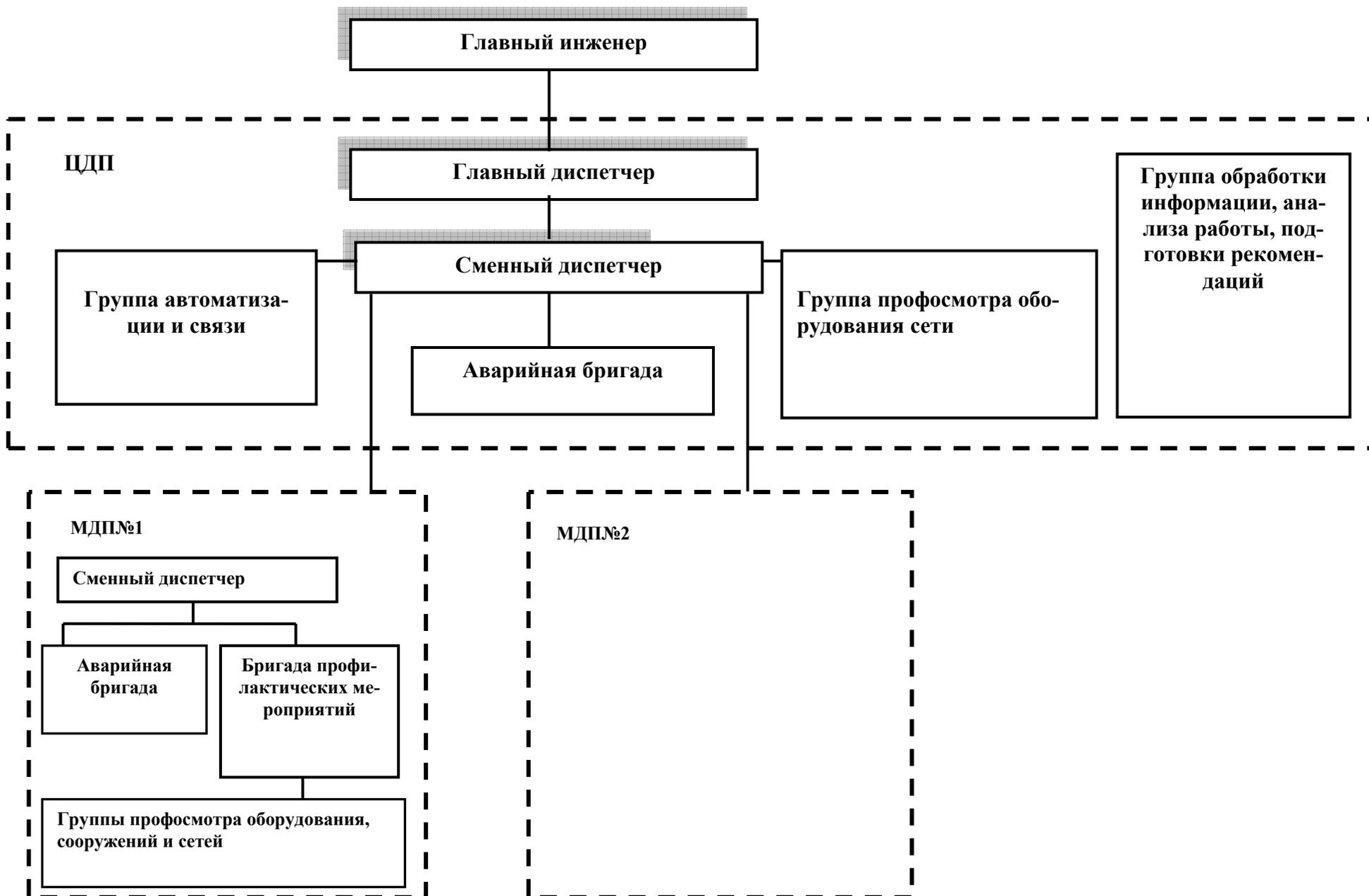


Рис. 3.1 - Общая схема организации диспетчерской службы

## 5. Прогнозирование хода технологического процесса:

- расчет прогнозируемого графика подачи и распределения воды по трубопроводам системы водоснабжения;
- расчет требуемых напоров и подачи воды в сеть;
- расчет оптимального графика работы насосного оборудования;
- расчет уровней заполнения и срабатывания воды в емкостях;
- расчет распределения воды по магистральным трубопроводам.

Основными функциями диспетчеров являются:

- контроль за ходом производства на основании информации, получаемой из управленческого вычислительного комплекса;
- контроль за функционированием задач управления;
- управление производством;
- организация локализации повреждений трубопроводов, анализ повреждений, применение режима подачи и распределения воды при аварийных ситуациях;
- повышение надежности работы, как всей системы, так и отдельных ее узлов;
- реализация функций управления диспетчера с помощью операторов.

В административно-техническом отношении диспетчер подчиняется начальнику объекта, а в оперативном отношении диспетчеру вышестоящей диспетчерской службы; последняя должна быть оснащена техническими средствами автоматического управления, основными элементами сооружений, а также телеуправлением и телесигнализацией, телеизмерением, прямой телефонной связью и дисплеями.

В состав диспетчерской службы входит оперативная группа, состоящая из главного диспетчера, его помощника по технологической части и сменных диспетчеров, а также разные службы, например, аварийно-ремонтная и транспорта, лаборатория автоматики и контроля (ЛАК), служба электросвязи.

На небольших предприятиях водоснабжения и канализации указанные группы и службы могут быть объединены, а некоторые исключены.

При авариях и экстренных работах в случае отсутствия групп и служб, указанных выше, ЦДП и МДП пользуются резервными агрегатами и транспортом аварийных участков и служб. На МДП должен храниться комплект оперативных схем и чертежей данного узла системы водоснабжения или канализации. Центральная диспетчерская служба корректирует предварительно разработанные:

- режим работы основного оборудования с учетом необходимости обеспечения суточного максимума водоснабжения, или пропуска сточных вод, а также требуемого резерва производительности сооружений;

- расчетный объем запасов воды в емкостях и распределение потоков воды;

- суточный график горячего резерва как всей системы водоснабжения и канализации, так и отдельных узлов оборудования.

Диспетчеру ЦДП передаются показания основных параметров главных объектов: давление, уровни воды, расходы воды, горизонты воды в источниках водоснабжения, положение главных оперативных задвижек, аварийное состояние и пр. К диспетчеру МДП поступают сигналы о рабочем состоянии насосных агрегатов и уровнях воды в емкостях, основные показания как электрических, так и неэлектрических измерительных приборов.

Диспетчеру МДП поручается дистанционное включение и выключение агрегатов, а также дистанционное управление оперативными задвижками. Ни один элемент оборудования, находящийся в управлении или в ведении диспетчера, не может быть выведен из работы или резерва без его разрешения, кроме случаев возникновения явной опасности для людей или оборудования. Все распоряжения диспетчер должен давать непосредственно подчиненному ему оперативному персоналу, а для объектов с автоматическим управлением - уполномоченным лицам.

Каждая система водоснабжения и канализации должна иметь *"Положение о диспетчерской службе"*, специально для нее разработанное на основании изложенных выше положений с учетом конкретных местных условий.

### *3.2. Лаборатория автоматики и контроля*

Контроль работы, наладка и ремонт приборов и аппаратов автоматики а также измерительных приборов в крупных системах водоснабжения, канализации осуществляются лабораторией автоматики и контроля (ЛАК). На мелких предприятиях ЛАК не организуется (эти работы поручаются на договорных началах какой-либо местной лаборатории). ЛАК организует также капитальный и текущий ремонт, проверку и наладку приборов, проводит работу по внедрению новых схем и аппаратов, а также осуществляет контроль за качеством и сроками выполнения этих работ.

ЛАК должна иметь следующее оборудование: образцовые и контрольные приборы, а также переносные установки для проверки и наладки контрольно-измерительных приборов и автоматических регуляторов; стенды, оборудованные контрольными приборами, для проверки эксплуатационных приборов и настройки автоматических устройств; материалы и инструменты для текущего и капитального ремонтов приборов и аппаратуры автоматов.

## ***ТЕМА 4. Ответственность должностных лиц за состояние охраны труда и безопасность при эксплуатации водопроводных и канализационных очистных сооружений***

### *4.1. Ответственность должностных лиц за состояние охраны труда и безопасности эксплуатации*

Ответственность за состояние охраны труда и техники безопасности при эксплуатации водопроводных сооружений возложена на главных инженеров или технических руководителей предприятий, а также начальников и мастеров цехов и участков

Все работники, связанные с эксплуатацией водопроводных сооружений, обязательно должны знать правила техники безопасности. Эксплуатационный персонал водопроводных сооружений, непосредственно соприкасающийся с водопроводной водой при поступлении на работу до начала производственного обучения обязан пройти медицинское освидетельствование на бациллоношение

и сделать прививки, предохраняющие от заболевания брюшным тифом и холерой. Проведение медицинского осмотра необходимо для предупреждения возможного распространения через питьевую воду кишечных заболеваний. Рабочие, впервые поступившие на работу, а также работающие, но не прошедшие обучения, должны пройти вводный инструктаж.

Лица, виновные в нарушении правил безопасности, подвергаются административному дисциплинарному взысканию, предусмотренному правилами внутреннего трудового распорядка.

*Главный инженер предприятия* возглавляет весь комплекс научных и производственно-технических работ, несет персональную ответственность за осуществление технической политики на предприятии.

В области охраны труда на него возлагается оперативное руководство всей работой по обеспечению безопасности на производстве.

Главный инженер обязан выполнять такие функции:

- разрабатывать перспективные и ежегодные планы мероприятий по улучшению условий безопасности труда, повседневно обеспечивать и контролировать их выполнение, разрабатывать и соблюдать стандарты предприятия;
- руководить разработкой и обновлением инструкций, памяток, предупредительных надписей по безопасным методам труда применительно к конкретным условиям производства в соответствии с правилами и нормами по технике безопасности и производственной санитарии, своевременно проводить инструктаж и обучение рабочих и служащих по безопасным способам работы;
- применять новую технику и технологию, более совершенных конструкций и предохранительных устройств, изобретений и рационализаторских предложений по безопасной эксплуатации, рекомендаций научно-исследовательских институтов, передового опыта работы по улучшению условий труда;
- осуществлять безопасный технологический процесс;
- способствовать и активно внедрять мероприятия по комплексной механизации и автоматизации тяжелых и трудоемких процессов, облегчающих условия труда и повышающих культуру производства.;

- строго соблюдать требования техники безопасности и гигиены труда в процессе выпуска предприятием продукции.

Ежемесячно в установленный по предприятию срок главный инженер должен провести День охраны труда с организацией обязательного обсуждения итогов проверки уровня безопасности труда на предприятии.

*На главного механика* предприятия возлагаются обязанности по содержанию в исправности и безопасном состоянии зданий, сооружений, машин, станков, механизмов, систем вентиляции, отопления, водоснабжения и канализации.

Главный механик ежегодно обязан составлять графики и проводить планово-предупредительные ремонты (ППР) всего оборудования; вести учет оборудования и приспособлений, журнал испытаний и выдачи в эксплуатацию грузоподъемных и грузозахватных приспособлений и предохранительных поясов, проводить профилактический осмотр электросварочного оборудования и электроинструмента, газосварочного оборудования (не менее 25% от общего количества в квартал), ежегодно проверять и регистрировать газогенераторы; один раз в 6 месяцев проводить испытания манометров; обеспечить защиту токоведущих частей электрических устройств необходимым заземлением и надежным ограждением, следить за тем, чтобы не открывались ограждения токоведущих частей в электроустановках, а все крышки, дверцы и кожухи затирались на замки.

Особое внимание главного механика должно быть обращено на заземление металлических частей механизмов с электроприводами, электродвигателей, пусковых аппаратов и других устройств, которые не находятся под напряжением, но могут быть в результате повреждения изоляции.

Главный механик ежегодно обязан производить и измерять сопротивление заземляющих устройств согласно ПУЭ, один раз в месяц обеспечивать проверку в токоприемниках отсутствия замыкания на корпус, на целостность заземляющих проводов, исправность изоляции питающих проводов и отсутствие оголенности на токоведущих частях, также измерять сопротивление изоляции, проверять в электролабораториях диэлектрические защитные средства из резины согласно ПУЭ.

Главный механик также обязан обеспечивать наличие автоматических приборов, гарантирующих безопасность работы, обеспечивать своевременное испытание оборудования, машин, механизмов, энергетических и других установок, электрических сетей, коммуникаций и устройств в соответствии с действующими правилами; обеспечивать предупредительными надписями и знаками участки с повышенной опасностью при производстве ремонтных работ и при работе на действующем оборудовании и устройствах.

Главный механик также осуществляет инструктаж, обучение и проверку знаний по безопасности жизнедеятельности подчиненных, обеспечивает их спецодеждой, спецобувью, предохранительными средствами, инструкциями по безопасности. труда, отстраняет от работы рабочих, нарушающих инструкцию по безопасной эксплуатации оборудования.

В связи с этим *начальник структурного подразделения* обязан содержать в исправном состоянии и обеспечивать безопасную эксплуатацию производственных вспомогательных и санитарно-бытовых помещений, оборудования, инструментов, приспособлений, транспортных и вспомогательных средств, оградительных и других устройств, а также обеспечивать безопасное хранение, транспортировку и использование ядовитых, взрывоопасных и других вредных веществ.

Организатором производства является *мастер* (ст. мастер, начальник участка, прораб и т.д.). Мастер обязан уметь выполнять любую производственную работу на своем участке, обеспечивать безопасность труда и особые требования охраны труда женщин и подростков. При изучении сменного задания мастер обязан обратить внимание на объем и характер работы, на организацию производства и условия труда. Важным этапом в подготовке к выполнению сменного задания является проверка состояния необходимого оборудования, приспособлений, инструмента. Мастер должен апробировать все оборудование на холостом ходу, проверить оснащенность пригодными оградительными средствами, чтобы убедиться в полной исправности и безопасности его работы.

При проверке исправности и безопасности оборудования, инструмента и приспособлений необходимо обращать внимание на соответствие требованиям

к безопасной эксплуатации и правилам технической эксплуатации. Особенно это важно для оборудования и машин, которые применяются на участке постоянно.

Мастер является ответственным лицом за организацию рабочих мест — обеспечение их шкафчиками для хранения инструмента, приспособлениями для укладки обрабатываемых деталей, тарой для сбора и транспортировки отходов, удобными стульями, деревянными решетками под ноги рабочим, свободными проходами и проездами, исправным местным электроосвещением, эффективной местной приточно-вытяжной вентиляцией, необходимыми устройствами и средствами защиты рабочих от вредного или опасного влияния высокой температуры, лучистой энергии, брызг различных жидкостей, газа, пыли, влаги и т. д.

Одновременно с выдачей какого-либо задания мастер обязан проверить обеспеченность рабочего индивидуальными средствами защиты, необходимыми для выполнения данной работы. В процессе выполнения сменного задания мастер проверяет соблюдение рабочими технологического процесса и инструкций по технике безопасности.

В целях обеспечения безопасных условий работы рабочий должен постоянно выполнять требования соответствующих инструкций цеха.

На рабочем месте аппаратчик должен быть в установленной нормами спецодежде и обуви, а также использовать средства индивидуальной защиты: противогазы марки В (цвет коробки желтый) или БКФ (цвет коробки защитный), защитные очки и содержать их в исправном состоянии, своевременно ремонтируя или заменяя на пригодные к применению.

Одежду, залитую кислотой, необходимо осторожно снять с себя, обмыть обильной струей воды, а затем нейтрализовать слабым 2-3%-ным раствором соды, после чего снова промыть водой.

Заметив нарушения правил безопасной эксплуатации другими рабочими или опасность для окружающих (открытые проемы, колодцы, отверстия, неисправность лестниц, площадок и т. д.), следует поставить в известность начальника смены.

Выполнение работ, не входящих в круг обязанностей аппаратчика, без указания начальника смены и инструктажа по технике безопасности не допускается.

Перед началом разборки и ремонта оборудования его отключают от электросети, у пусковых пультов и магистральных вентилей и задвижек вывешивают плакаты, запрещающие пуск оборудования.

При поражении током или других несчастных случаях агрегат или всю станцию в целом отключает дежурный машинист без разрешения руководства, но с обязательным последующим извещением его, фиксируя запись в журнале дежурства.

Дежурный машинист отключает и включает электродвигатели единолично. При ручном управлении включает и выключает в диэлектрических перчатках, стоя на резиновом коврике. В сырых местах вместо резиновых ковриков должны быть установлены деревянные решетки на изоляторах.

Изолирующую способность диэлектрических перчаток периодически один раз в 6 месяцев проверяют в электротехнической лаборатории, о чем на перчатках ставится клеймо с указанием даты испытания. Перед использованием диэлектрическими перчатками надо проверить их клеймо и, скрутив, удостовериться в отсутствии проколов. Пользоваться перчатками с истекшим сроком испытания или с проколами запрещается.

Машинист, обслуживающий насосные и воздуходувные станции, должен быть одет в комбинезон. Женщины обязаны работать в комбинезоне или шароварах, волосы повязывать платками.

Перед пуском агрегата дежурный машинист обязан проверять его исправность. При ненормальной работе работающие агрегаты необходимо выключать (сильная вибрация, угрожающая насосу или электродвигателю, недопустимое повышение температуры подшипников, появление дыма или огня из электромотора или его пускорегулирующей аппаратуры).

Дежурному машинисту запрещается: при работающем агрегате зачищать и обтирать кольца ротора электромотора или насоса, демонтировать аппараты, емкости и трубопроводы, не слив предварительно из них жидкость.

Со стороны подачи и выхода продукта вентили должны быть перекрыты и установлены специальные заглушки с выступающими хвостовиками (ГОСТ 12822-80). Установку и снятие заглушек отмечают в специальном журнале.

При ремонтных работах арматуру, резьбовые и фланцевые соединения газопроводов и емкостей разбирают исправным инструментом только после продувки их воздухом или инертным газом.

Работа внутри аппаратов с целью очистки, ремонта и осмотра выполняется согласно «Инструкции по технике безопасности при проведении работ в закрытых аппаратах, колодцах, коллекторах и другом аналогичном оборудовании, емкостях и сооружениях на предприятиях химической промышленности».

Работы на высоте более 1,5 м без применения лесов и подмостей выполняют в предохранительных поясах.

При обслуживании технологического оборудования возможны случаи поражения электрическим током, прикосновение к токоведущим частям, металлическим корпусам или кожухам электрооборудования и отключенным токоведущим участкам, случайно попавшим под напряжение и т.п. Поэтому необходимо строго соблюдать меры электробезопасности (заземление, зануление, защитное отключение, ограждения, изоляция, индивидуальные средства защиты. и т.п.)

Во избежание ожогов и пожаров запрещается использовать легковоспламеняющиеся жидкости (бензин, керосин и т. п.) при промывке нагретых поверхностей, а также поверхностей, находящихся под током.

Отходы ветоши со следами масла следует складывать в специальный металлический ящик с крышкой.

Загоревшиеся деревянные предметы, ветошь необходимо тушить водой или пенным огнетушителем ОП-5, а легковоспламеняющиеся жидкости и электропроводку - углекислотными огнетушителями ОУ-2, -5,-8, соблюдая меры предосторожности при обращении с ними во время работы.

При работе с кислотами и щелочами необходимо знать, что при попадании на тело они вызывают тяжелые ожоги кожи или роговицы глаз, а пары кислот, кроме этого, раздражают и прижигают слизистые оболочки верхних дыхатель-

ных путей, поражают легкие. Поэтому не допускается переливать кислоты и щелочи вручную без резиновых фартука, сапог, перчаток, без предохранительных очков и противогазов.

Категорически запрещается засасывать ртом жидкость в резиновую или другую трубке с целью создания вакуума. Переливать кислоты и щелочи следует только применяя специальные сифоны, опрокидывающиеся стаканы и при помощи воронок.

Пролитые на пол сильные кислоты и щелочи следует нейтрализовать (кислоту слабым раствором соды, щелочь слабым раствором уксусной кислоты), засыпать песком, удалить совком, смыть водой и вытереть пол тряпкой насухо.

В случае ожогов пораженные места необходимо обильно промыть водой с помощью раковин самопомощи, которые должны быть установлены в помещении реагентного хозяйства. Затем наложить стерильную повязку, смоченную 2-3%-ным раствором питьевой соды.

При попадании на кожу растворов серноокислого алюминия пораженное место промывают водой.

Частое попадание раствора коагулянта на кожу может вызвать химическую экзему, поэтому необходимо периодически обращаться к врачу. При попадании коагулянта в глаза их следует обильно промыть водой и немедленно обратиться к врачу.

*Дежурный инженер-электрик* отвечает за выполнение плана подачи воды в смену, правильную и экономную эксплуатацию, исправное состояние и бесперебойную работу всего электрического оборудования, устройств автоматики, телемеханики и контрольно-измерительных приборов насосных станций. Инженер-электрик несет ответственность за переливы и уровень воды в резервуарах чистой воды, за рабочее положение задвижек, за соблюдение правил техники безопасности и охраны труда дежурным персоналом объекта, за противопожарное и санитарное состояние зданий, сооружений и территорий насосных станций, за правильное ведение журналов.

Дежурным инженером-электриком может быть лицо, имеющее специальное техническое образование, прошедшее техминимум, сдавшее соответствующий и прошедшее производственную практику по обслуживанию электрооборудования устройств автоматики.

Дежурный инженер – электрик подчиняется:

в административно-техническом отношении начальнику и старшему инженеру станции;

в техническом отношении - главному электрику и старшему инженеру электрохозяйства, а также главному механику в части эксплуатации ;

в оперативном отношении - дежурному и старшему инженеру водопроводной станции (объекта).

Дежурному инженеру-электрику подчинен весь дежурный персонал насосной станции; он является старшим на станции (объекте) при отсутствии начальника водопроводной станции (объекта) и старшего инженера станции.

Дежурный инженер электрик обязан докладывать старшему инженеру, начальнику станции (объекта), дежурному инженеру водопровода о неисправностях; вести учет работы агрегатов, расхода электроэнергии, подачи воды и передавать дежурному инженеру водопровода эти сведения.

В распоряжении дежурного инженера-электрика находятся: вся необходимая оперативная и учетная документация; должностные инструкции подчиненного персонала; запасные предохранители и сигнальные лампы; комплект индивидуальных защитных средств; набор необходимых инструментов; углекислотные огнетушители; ручные фонари; ключи от подстанции и других сооружений; исполнительные электрические схемы.

Приходить следует за 15-20 мин до начала смены, ознакомиться с записями и распоряжениями в оперативной документации за предыдущую смену:

- путем личного осмотра совместно с дежурным инженером, сдающим смену, ознакомиться с состоянием и режимом работы с состоянием и режимом работы всего электрооборудования в машинном зале; открытого закрытого распределительного устройства, устройств автоматики,

- выявить оборудование, находящееся в работе, в резерве, в нерабочем состоянии (по какой причине);

- проверить наличие всех защитных и изолирующих средств, особо обратить внимание на переносные заземлители и места их нахождения. Проверить сроки испытаний, клеймовку;

- проверить наличие инвентаря, инструмента, средств противопожарной безопасности, оперативной документации;

- доложить начальнику или старшему инженеру станции, дежурному инженеру водопровода о неисправностях;

- после тщательного осмотра заполнить необходимую оперативную документацию и расписаться в приеме смены;

- после приемки смены по телефону доложить дежурному инженеру водопровода по-фамильно о составе смены, приемке смены и обнаруженных неисправностях.

Сдача и приемка смены при аварии разрешается только с ведома начальника объекта.

Дежурный инженер-электрик несет персональную ответственность за выполнение плана подачи воды объекту, грамотность эксплуатации оборудования, средств автоматики, КИП, учет электроэнергии и подачи воды, за охрану труда, строгий учет и сохранность всех защитных и изолирующих устройств, инструмента, инвентаря, оперативной документации, за выполнение правил санитарной гигиены персоналом, за весь персонал, находящийся на объекте (станции очистки воды).

Дежурному инженеру-электрику в отсутствии начальника объекта или старшего инженера подчиняется весь персонал объекта (очистой станции). Он имеет право привлекать весь эксплуатационный персонал станции к аварийным работам на объекте. При отсутствии начальника станции, старшего инженера и телефонной связи с дежурным инженером водопровода дежурный инженер-электрик в экстренных случаях самостоятельно принимает решения и меры по

устранению аварии с последующим уведомлением дежурного инженера водопровода.

Дежурный инженер-электрик обязан не допускать к смене лиц в нетрезвом состоянии, и поставить в известность начальника объекта или старшего инженера, а в их отсутствие - дежурного инженера водопровода.

#### *4.2. Безопасность жизнедеятельности при эксплуатации очистных сооружений водопровода*

К работе оператора допускаются лица, достигшие 18 лет, прошедшие медицинский осмотр, инструктаж, специальное и курсовое обучение по технике безопасности и производственной санитарии.

Во время работы оператор обязан пользоваться специальной одеждой, специальной обувью и индивидуальными средствами защиты, работать только исправным инструментом и по его прямому назначению, соблюдать чистоту и выполнять требования личной гигиены.

Перед началом работы оператор обязан:

- проверить наличие числящегося на смене инвентаря и инструмента, исправность освещения в зале фильтров и отстойников;
- проверить отсутствие трещин на трубопроводах, герметичность задвижек, вентиляей, арматуры и приборов на трубопроводах воды, воздуха, а в зимнее время - состояние отопительных приборов;
- установить уровень воды в смесителях, отстойниках, камерах реакции, фильтрах;
- наличие и надежность ограждений в зале и галерее фильтров;
- при обнаружении какой-либо неисправности в работе фильтров, отстойников, оборудования, недостатке приборов, инвентаря, инструмента и других дефектов - немедленно сообщить главному инженеру, начальнику или старшему инженеру цеха.

Требования техники безопасности к обслуживающему персоналу во время работы следующие:

- быть внимательным, не отвлекаться по второстепенным вопросам и не отвлекать других;

- не допускать входа и пребывания в зале и галерее фильтров, отстойников лиц, не имеющих специальной одежды или разрешения ;

- находиться в положенной спецодежде;

- не допускать к управлению кран-балкой лиц, не имеющих квалификации стропальщика;

- во время перемещения груза находиться от него на безопасном расстоянии;

- не выполнять работы у открытых проемов и люков без ограждений;

- люки промышленного коллектора и камеры запорной арматуры в зале и галерее фильтров и отстойников должны быть закрыты крышками;

- работать в отстойниках, смесителях, фильтрах, промышленном коллекторе только при закрытой запорной арматуре и вывешенных на пультах управления плакатах «Не включать - работают люди». Везде соблюдать чистоту. Во избежание образования скользких мест пролитое масло или воду немедленно убрать. Соблюдать правила личной гигиены;

- при мойке полов, стен очистных сооружений и фильтров запрещается применение кислот и пахучих веществ.

*После окончания работы* необходимо проверить санитарное состояние зала и галереи фильтров, отстойников. О всех неполадках, обнаруженных во время работы, сообщить сменному инженеру и сменщику. Спецодежду, спецобувь и защитные приспособления поместить в личный шкаф.

При эксплуатации очистных водопроводных сооружений без защитных средств и средств спасения работать запрещается (противогаз марки «В», резиновые сапоги, резиновые перчатки, прорезиненный фартук, халат хлопчатобумажный, диэлектрические перчатки, аккумуляторный фонарь; полотенце, мыло головной убор).

#### *4.3. Безопасность жизнедеятельности при эксплуатации очистных сооружений канализации.*

Устройства и сооружения по очистке сточных вод должны соответствовать требованиям СНиП 2.04.03-85, ПУЭ и действующих санитарных правил. На площадке очистных сооружений каналы, подающие сточную жидкость, активный ил, а также отводящие очищенную воду шириной до 0,8 м необходимо закрывать съемными деревянными или бетонными щитами. При ширине каналов более 0,8 м они могут быть открытыми с обязательным устройством ограждения высотой не менее 1 м. Рабочие проходы по аэротенкам должны быть шириной не менее 0,7 м и иметь ограждение высотой не менее 1 м. Удаление плавающих веществ и очистку водосливов из сборных лотков отстойников следует выполнять, соблюдая меры, исключая падение рабочих в воду. Запрещается ручная очистка ходового пути тележек илоскребов, илососов, отстойников непосредственно перед надвигающейся фермой механизма. Засорившиеся вращающиеся и стационарные оросители биофильтров очищаются только после выключения их из работы. Очистку аэраторов из пористых материалов растворами соляной кислоты производят под вытяжкой с соблюдением мер по предотвращению ожогов и отравлению. Окислительные каналы, искусственные сооружения на оросительной сети полей орошения и фильтрации должны иметь удобные подходы и ограждения. На территории полей орошения и фильтрации, окислительных каналов предусматривают теплые помещения для обогрева и хранения необходимого инструмента из расчета 1 помещение на 30 га площади. В помещениях очистных сооружений устанавливается вентиляция с 12-кратным обменом воздуха. Предусмотрено наружное включение вентиляции, осуществляемое не менее чем за 10 мин до входа обслуживающего персонала в помещение. Перед входом в помещение состав воздуха проверяют лампой ЛБВК. Профилактический ремонт и осмотр сооружений пенной флотации производится после выключения центробежных вентиляторов и опорожнения резервуаров пенной флотации. Приемник пенного продукта и напорный патрубок вентилятора должны иметь сетчатое ограждение. Особое внимание следует уделять эксплуа-

тации сооружений по обработке осадка сточных вод. При анаэробном сбраживании осадков сточных вод в метантенках образовывается газ-метан. Метан - горючий газ. Наиболее опасно образование взрывчатой смеси при соотношении 1 объема метана на 5-15 объемов воздуха. Вдыхание смеси воздуха с метаном с содержанием последнего 25-30% вызывает учащенное дыхание. Площадки, на которых располагаются метантенки и газгольдеры ограждают и устанавливают предупреждающие транспаранты о запрещении курения. Разрыв между метантенками, автомобильными и железными дорогами, а также линиями высоковольтных электропередач должен быть не менее 20 м. В пятиметровой зоне горловины метантенков, люков, лазов устанавливаются предупреждающие транспаранты и знаки; запрещены установка электрических устройств, курение, пользование открытым огнем. Не допускается нахождение персонала, а также проведение каких-либо работ в помещениях метантенков при неработающей системе вентиляционных устройств. Персонал, обслуживающий метантенки и связанное с ними газовое хозяйство, обязан проходить специальное обучение и соответствующий инструктаж

При эксплуатации сооружений для обработки осадка иловых площадок к ним следует предусматривать удобные подходы и ограждения, обеспечивающие безопасную работу обслуживающего персонала, а в случае размещения иловых площадок за пределами площадки очистных сооружений - теплые помещения с санитарно-бытовыми устройствами и телефонной связью.

Оборудование для механического обезвоживания осадков сточных вод (вакуум-фильтры, центрифуги) и термической обработки осадков размещают так, чтобы были безопасные проходы между ними и удобство в обслуживании.

Движущиеся элементы оборудования должны иметь защитные ограждения и кожухи; электрическое оборудование выполняется в соответствии с требованиями ПУЭ.

Процессы, связанные с разгрузкой реагентов из вагонов или автомобилей, транспортированием - и укладкой реагентов внутри склада и загрузкой в устройство для приготовления растворов, а также с дозированием растворов или

реагентов, должны быть механизированы. Разгрузку и складирование реагентов производят под наблюдением специально назначенного и проинструктированного лица.

Персонал оснащают спецодеждой, спецобувью, очками, рукавицами, в необходимых случаях применяют индивидуальные средства защиты от возможного отравления. Взвешивать хлорную известь и готовить известковый раствор необходимо в противогазах. При работе с активными и порошкообразными углями и другими пылевидными материалами следует пользоваться противопылевыми респираторами типа Ф-62 или У-2К.

Дверные проемы складов реагентов по окончании выдачи реагентов плотно закрывают.

По окончании смены рабочие должны принять душ.

Помещения для хранения и сухого дозирования активного угля отнесены к классу В-II по пожаро- и взрывоопасности. Оборудование этих помещений должно соответствовать требованиям ПУЭ. В помещениях нельзя курить и пользоваться огнем. Электрическое оборудование должно быть выполнено во взрывозащищенном исполнении.

Хлорную известь хранят в закупоренных деревянных бочках в сухом затемненном помещении. Жидкий хлор, кислоты и жидкий аммиак должны поступать и храниться в таре, отвечающей санитарным и техническим средствам.

Промывку баков реагентов следует производить без спуска людей в них с соблюдением мер, исключающих попадание брызг на оператора.

*4.4. Безопасность при эксплуатации хлордозаторных и хлораторных.* Применяемый для обеззараживания очищенных сточных вод реагент-хлор является сильнодействующим ядовитым газом. Газообразный хлор в 2,5 раза тяжелее воздуха, поэтому он скапливается внизу помещения и медленно рассеивается в воздухе.

Хлордозаторные, располагаемые в блоках очистных сооружений, изолируют от других помещений, а совмещенные с расходными складами хлора- отделяют от них капитальной огнестойкой стеной без проемов. Хлордозаторные

должны иметь два выхода: один - через тамбур, второй - непосредственно наружу. Если хлордозаторные с испарителями блокируются с очистными сооружениями, производительность хлорозаторных не должна превышать 2 кг хлора в 1 ч. Хлорозаторные оборудуют системами: электроосвещения, подачи воды, водоотведения, центрального отопления, обеспечивающего температуру воздуха в помещении не ниже 16°C, приточно-вытяжной вентиляцией, создающей постоянно 6-кратный воздухообмен в/ч, а также аварийной вентиляцией с дополнительным 6-кратным воздухообменом в 1 ч. При производительности хлораторных более 10 кг/ч предусматривается автоматическое управление аварийной вентиляцией, осуществляемое перед входом в помещение хлорозаторной.

Вентиляционные каналы хлорозаторной не должны объединяться с вентиляционной системой других помещений. Кроме того, хлорозаторные оборудуют аварийным электроосвещением, питаемым от резервных источников электроэнергии с установкой светильников в тамбуре или снаружи.

Осветительную арматуру хлорозаторных выполняют газозащищенной, герметичной с разводкой кабелями **СРГ** или **ВРГ**.

Вентиляция и освещение хлорозаторных должны включаться вне помещения. Защитные средства со спецодеждой хранятся в опломбированных шкафах, размещаемых в тамбуре перед входом. На дверце шкафа вывешивается перечень хранимых средств.

Дверь из тамбура в хлорозаторную следует исполнять герметичной с застекленным смотровым окном. Категорически запрещается подогревать емкости с хлором открытым огнем. Во избежание испарения жидкого хлора запрещается подключать более шести баллонов или двух бочек, а также хранить емкости с жидким хлором около хлораторных. Контроль за расходом хлора обязательно осуществляется весовым учетом.

При монтаже и ремонте оборудования запрещается использовать материалы, нестойкие к хлору: масляную или хлопчатобумажную набивку и т. д. Можно применять нержавеющую сталь, легированную и углеродистую сталь (Ст3,

Ст2), эбонит, полиэтилен, стекло, паронит, асбестографитную набивку, свинец, медные трубы.

Трубопроводы хлора подключают к баллону-грязевику только через тройник с вентилями, ввернутый в горловину баллона. Запрещается делать врезки в баллон-грязевик. Трубопроводы хлорной воды после хлораторов и отдельно стоящих эжекторов допускается объединять только через бак, с разрывом струи. На трубопроводах перекачивания жидкого хлора и после испарителей необходимо устройство для периодического удаления и обезвреживания треххлористого азота осушенным воздухом.

Хлордозаторные оборудуют камерами-футлярами и дегазационными емкостями-ямами с глубиной не менее 1,5 м для сработки неисправных баллонов и бочек. Дегазационные емкости оборудуют системой подачи воды, переливной трубой и выпуском в систему водоотведения.

В дегазационной емкости хранится запас сухих реагентов: гипосульфит и кальцинированная сода в соотношениях 1:2 из расчета, что на 1 кг хлора расходуется 30 л раствора концентрацией 10%.

Баки для приготовления раствора хлорной извести выполняют из дерева, кислотостойких материалов или железобетона, изнутри оштукатуривают кислотостойким цементом и выкладывают плитками на таком же растворе. Баки должны плотно закрываться деревянными крышками.

#### *4.5. Инструкции для обслуживающего персонала*

**Цеха очистки воды.** К обслуживанию воздуходувок, вакуум-насосов и компрессоров допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медосмотр, инструктаж и специальное обучение.

Дежурный машинист является ответственным за работу установок, включает их в работу по устному или письменному распоряжению станции, старшего или сменного инженера цеха очистки воды.

Дежурный машинист должен быть обеспечен спецодеждой и индивидуальными средствами защиты (противогаз, защитные очки и пр.).

В машинном зале, санитарно-бытовых помещениях и на рабочем месте

полы, лестницы и площадки дежурный машинист содержит в чистоте и исправности, соблюдает требования личной гигиены.

Пользоваться только исправным инструментом и по его прямому назначению.

Дежурному машинисту запрещено производить ремонт электрооборудования. Во всех случаях его неисправности вызывать электрика цеха или дежурного электрика, находящегося при диспетчере водопровода.

*Перед началом работы* машинист цеха очистки воды обязан правильно одеть спецодежду, спецобувь и при необходимости индивидуальные средства защиты (противогаз, защитные очки и др.) просмотреть записи в журнале о неисправностях, нарушениях за предыдущую смену.

Проверить наличие на смене инструмента и инвентаря, исправность электроосвещения, отсутствие видимых деформаций на трубах, герметичность вентилях, исправность манометров, вакуумметров и запорной арматуры.

Перед пуском одной из машин в работу дежурный машинист обязан подготовить к пуску электродвигатель и внешне осмотреть пускаемую машину, проверить: крепление приборов, наличие масла в подшипниках или картере машины, уровень которого должен совпадать с верхней отметкой на стержнях масломера, наличие масла в воздушном фильтре, поступление воды в систему охлаждения; подготовить нагнетательную линию от компрессора до ресивера и всасывающую линию. Открыть разгрузочный вентиль, сообщающий нагнетательный воздухопровод с ресивером. Затем провернуть маховик пускаемой машины вручную на 2-3 оборота. После монтажа или ремонта проверить направление вращения электродвигателя при вынутых пальцах упругой муфты. Пуск воздуходувки, вакуум насоса или компрессора производится нажатием кнопки и пуска магнитного пускателя.

Пуск машины в работу запрещается при следующих обстоятельствах: недостаточном уровне масла в масляных ваннах; отсутствии в охлаждающей системе воды или при недостаточном ее поступлении; отсутствии ограждения муфт; незаземленном электродвигателе и отсутствии резинового коврика возле шкафа управления.

*Во время работы* машинист обязан следить за уровнем масла в ваннах, за работой охлаждающей системы (охлажденная вода должна иметь температуру 20-40°С). Периодически должен проверять исправность предохранительных клапанов путем нажатия на рычаг клапана. Следить за показаниями манометров I и II ступени компрессоров и ресиверов. Давление на одну ступень компрессоров не должно быть более 0,4 МПа на второй ступени и на ресивере не более 0,6 МПа (6 кгс/см<sup>2</sup>).

Машинист обязан регулярно проверять устройства для отвода скопляющегося масла и воды, следить за температурой нагрева цилиндра. Если в систему охлаждения не поступила вода и цилиндры компрессора сильно разогрелись, то ни в коем случае нельзя пускать охлаждающую воду.

В обязанности машиниста входит ведение журнала, в котором записываются количество часов работы, все замеченные неполадки, причины, вызывающие их, и способы устранения, кроме того, он обязан производить смену масла и осмотр подшипников в газодувке ТВ-80-16 через каждые 1000—1500 ч работы, в компрессоре ВЦ-6/4-400-500 ч, в компрессоре СО-7А-100 ч, в компрессоре ВЭ-25Е-300 ч.

Машинист немедленно останавливает машину при таких обстоятельствах:

- появлении несвойственного шума, стука или вибрации машины;
- сильном нагреве трущихся частей (цилиндры кожуха, подшипники);
- в случае если давление на одном из манометров превышает заданное;
- нагреве электродвигателя до температуры 60°С;
- повышении температуры охлаждающей воды выше 40°С;
- выходе из строя манометров, термометров и предохранительных клапанов;
- повышении температуры сжатого воздуха выше 75°С;
- повышении температуры масла в подшипнике выше 75°С;
- утечке газа в помещение машинного зала у газодувок.

Запрещается на ходу вытирать двигатель и машины, засорять каналы промасленным обтирочным материалом и мусором, оставлять на полу лужи масла и легковоспламеняющиеся жидкости, загромождать проходы. Запрещается ремонтировать машину и двигатель на ходу, подтягивать болты на движущихся частях.

Во время работы сосудов под давлением, не разрешается затягивать болты, трубопроводы, охлаждать маслоотделитель и воздухоотборник.

Не разрешается также оставлять без присмотра работающую машину, снимать кожухи и крышку на работающем оборудовании. При регенерации не прикасаться к нагретым частям электродвигателя, трубопроводов. При открывании и закрывании запорной арматуры запрещается пользоваться рычагами или другими приспособлениями.

Вход и пребывание лиц в машинном зале, не имеющих отношения к работе механизмов, запрещается.

*После окончания работы* машинист обязан убрать свое рабочее место и машинный зал. О всех обнаруженных в процессе работы неполадках поставить в известность сменщика, старшего инженера и сделать об этом запись в журнале. Спецодежду, спецобувь и индивидуальные средства защиты убрать в специально отведенное для них место. Вымыть руки и лицо теплой водой с мылом.

Обслуживать цех очистки воды без защитных средств и средств спасения запрещается (противогаз марки «В» защитные очки; сапоги резиновые; халат хлопчатобумажный; ботинки рабочие; полотенце, мыло; перчатки резиновые).

**Грейферный кран.** К работе по обслуживанию грейферного крана допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медосмотр и обучение по специальности, сдавшие экзамены и получившие удостоверение на право производства работ.

К работе по обслуживанию грейферного крана допускаются лица, технически ознакомленные с электроустройством напряжением до 1000В.

Крановщик должен знать инструкцию по технике безопасности и эксплуатации грейферного крана; устройство крана и назначение его механизмов; свободно управлять грейферным краном при перевозке и загрузке коагулянта в затворные баки; знать приемы освобождения от действия токов, попавших под напряжение и способы оказания им первой помощи.

*До начала работы* машинист должен ознакомиться с записями в журнале крановщика и принять кран. После осмотра крана, перед пуском его в работу,

он обязан вхолостую апробировать работу ковша, подъем, опускание, закрывание, открывание, затем включить рубильник в кабине, убедившись при этом, что в кране никого нет.

При обнаружении во время осмотра и опробования крана неисправностей, препятствующих его безопасной работе и невозможности их устранения своими силами, крановщик не приступает к работе, а производит запись в журнале и докладывает об этом лицу, ответственному за исправное состояние крана, ставит в известность лицо, ответственное за безопасность производства работ.

Приняв кран, крановщик делает соответствующую запись в журнале о результатах осмотра и апробирования крана и после получения заказа от лица, ответственного за безопасность ведения работ, приступает к работе.

*Во время работы* крановщик не должен отвлекаться от своих прямых обязанностей, производить чистку механизмов от загрязнения остатков Смазочного материала и смазку вращающихся частей;

крановщик не должен допускать посторонних лиц на кран и передавать управление крана без разрешения лица, ответственного за исправное состояние крана. Он обязан давать предупредительные сигналы перед каждым пуском крана. Если на пути движения крана находятся люди и не слышат сигналы, надо остановить кран.

Не разрешается производить подъем, перемещение и опускание груза при нахождении людей под грузом, даже когда по производственным условиям это необходимо.

Крановщику запрещается включать кран, когда внизу находятся люди, кроме случаев осмотра крана лицом, ведущим регулярное наблюдение за ним.

Крановщик должен остановить кран по сигналу «стоп», передаваемым кем-либо.

Следить, чтобы на кране были средства для тушения пожара (ящик с песком, огнетушители и пр.).

Крановщику запрещается прикасаться к проводам или изоляторам каким-либо инструментом, ручки которого не изолированы; производить смену плав-

ких вставок и других предохранителей, а также чистить кулачки и барабаны контролеров.

В случае перегорания плавких вставок или порчи электрооборудования, крановщик должен вызвать дежурного электрика.

*После окончания работы* крановщик обязан поставить кран в назначенное место для стоянки, выключить рубильник в кабине и закрыть окна и дверь на замок. Он должен сообщить своему сменщику о всех неполадках в работе крана и сдать смену, сделав в журнале соответствующую запись.

**Обеззараживание и аммонизация воды.** Вопросы охраны труда техники безопасности при работе с ядовитыми газами (хлором и аммиаком) имеют особое значение.

К обслуживанию устройств, связанных с применением таких газов, допускаются рабочие, хорошо усвоившие правила техники безопасности правила технической эксплуатации, и получившие в процессе обучения надлежащие навыки в обращении с аппаратурой и приспособлениями. Такие рабочие должны обязательно знать, как поступать при утечке газа из баллона, аппаратуры или хлоропроводов, при взрыве баллона или бочки с газом; что предпринимать при возникновении пожара; хорошо знать инструкцию первой помощи при отравлении газом.

Газодозаторное помещение необходимо располагать только на первом этаже и обязательно иметь запасной выход наружу.

Для обеспечения быстрого удаления из помещения газа каждое газодозаторное помещение оборудуют побудительной вентиляционной установкой, рассчитанной на двенадцатикратный обмен воздуха в час. Вытяжку в хлораторном помещении устраивают вблизи пола, а в аммонизационном отделении - вблизи потолка.

Перед входом в газодозаторное помещение должны быть настенный шкафчик для хранения противогазов и рубильник или кнопочный для включения вентилятора.

На случай прорыва баллонов с хлором на расстоянии не более 10м от вхо-

да в хлораторное помещение сооружают утепленный аварийный колодец глубиной 2-3 м с водонепроницаемыми стенками и днищем для погружения в него неисправных баллонов с хлором. В такой колодец подводят воду для заполнения его известковым молоком. Необходимо также иметь специальный аварийный баллон для перепуска в него хлора из неисправного баллона.

В газодозаторном помещении кроме основного электроосвещения предусматривают аварийное освещение от аккумуляторной батареи напряжением не выше 36 В.

Во избежание образования хлорного аммония затрудняющего работу обслуживающего персонала, помещение аммонизаторной обязательно изолируют от хлораторной.

Необходимо иметь в виду, что при большой концентрации хлора в воздухе (более 1%) его запах ясно ощущается даже через противогаз. В этом случае хлораторщик должен заменить противогаз марки «В» маской с выходным шлангом или кислородной маской марки КИП и принять необходимые меры к устранению утечки.

При обнаружении утечки хлора из баллона или бочки место утечки поливают водой с целью образования ледяной корки, закрывающей утечку. После этого баллон или бочку помещают в аварийный колодец с раствором извести.

Категорически запрещается применять открытый огонь для разогрева хлороподводящих трубопроводов. Для этого используют тряпки, смоченные горячей водой.

Для работы с баллонами и хлоропроводами не следует применять ударные инструменты (молоток, зубило). В необходимых случаях следует применять гаечные или шведские ключи, пилу и другие неударные инструменты.

Рабочим не разрешается переносить на себе баллоны с хлором и аммиаком. Запасные баллоны в хлораторном помещении устанавливают вертикально на специальных подставках.

Для работы в аммонизационном помещении используют противогаз марки «К».

Для предупреждения взрывов и пожаров в хлораторной и аммонизаторной категорически запрещается курение.

*Базисные склады хлора* с устройствами по розливу хлора из стационарных цистерн в мелкую тару (бочки и баллоны) являются химическими предприятиями, действующими по нормам и правилам, принятым в химическом производстве. Сооружения по хранению хлора отнесены к группе З-Б.

При наполнении бочек жидким хлором категорически запрещается производить такие работы:

- наливать хлор в неисправные и просроченные техническим освидетельствованием бочки;
- хранить наполненные хлором бочки под прямыми лучами солнца;
- бросать наполненные бочки, ударять по ним, подогревать открытым огнем или паром, а также производить на незаполненных бочках ремонтные работы;
- подтаскивать и поднимать бочки при косом натяжении тросов;
- доводить обойму крюка до конечного выключателя, так как последний является аварийным ограничителем;
- производить работу на электротали при наличии неисправностей, а также оставлять электротали без надзора с поднятым грузом;
- проверять техническое состояние электротали, устранять какие-либо неисправности, производить смазку без выключения электромотора и рубильника.

После прекращения работы электроталь должна быть обесточена.

Персонал по заполнению бочек хлором обязан иметь при себе исправный фильтрующий противогаз с коробкой марки В или ВКФ. Аналогичные требования предъявляются и при наполнении баллонов хлором.

Обслуживающий персонал должен знать правила эксплуатации электроталей и наполняемых бочек. Бочки освидетельствуют на заводе-наполнителе или наполнительной станции. Находящиеся в бездействии свыше трех лет бочки подлежат до пуска в работу техническому освидетельствованию.

Баллоны под хлор, согласно тем же правилам, подлежат техническому осмотру также не реже чем через каждые два года.

Емкость *расходных складов хлора* независимо от суточного потребления должна быть не более 100 т. Расходные склады хлора предназначены только для хранения хлора в таре, отпускаемой заводом-поставщиком, т. е. в баллонах и бочках.

Вентиляция расходных складов всегда должна быть в исправном состоянии. Рубильник, включающий вентиляцию, должен находиться при входе в склад хлора. Персонал, работающий на расходном складе хлора не реже 1 раза в месяц, должен подвергаться медицинскому освидетельствованию. Запрещается работать подросткам моложе 18 лет, а также беременным и кормящим женщинам. Обслуживающий персонал должен быть обеспечен спецодеждой в соответствии с установленными нормами, а также защитными средствами.

Основные мероприятия по технике безопасности складского хозяйства и хлораторных такие:

- оснащение защитными средствами, инструментами и инвентарем в объеме, установленном для складов хлора;

- наличие инструкций для дежурного персонала по обслуживанию складов хлора с указанием обязанностей каждого работника при возникновении аварийного состояния;

- устройство звуковых сигналов для оповещения окружающих о возникновении аварии на складе или в хлораторной;

- контрольное наблюдение за вновь прибывшей на склад партией баллонов с хлором для выявления утечки;

- перед входом в склад дежурный персонал должен включить вентиляцию и убедиться в отсутствии газа посредством реактивных иодокрахмаленных бумажек, смоченных в дистиллированной воде (при наличии хлора бумажки синеют).

Работы по установлению утечек хлора необходимо производить в шланговых противогазах марки ПШ-1.

При возникновении аварийных ситуаций в расходном складе проводятся следующие мероприятия:

- при сильном вытекании хлора из баллона или бочки струей со свистом, а также, если около склада обнаруживают стелющиеся волны зеленого газа, объявляется малая тревога (редкие звуковые сигналы);

- при взрыве баллона или бочки с хлором в любом помещении или во дворе объявляется общая тревога (частые звуковые сигналы).

При малой тревоге хлораторщик надевает противогаз и выполняет распоряжение мастера по устранению утечки и дегазации помещения. При повышении концентрации хлора в воздухе станции свыше 1% рабочие удаляются на возвышенные участки территории.

При общей тревоге часть рабочих под руководством мастера производят дегазацию помещения, а остальные рабочие в противогазах или приложив к носу и рту тряпки, смоченные раствором гипосульфита и соды, удаляются на возвышенное место.

**Обращение с хлорной известью и гипохлоритом кальция.** Раствор хлорной извести приготавливают в растворных баках. Помещение для затворения хлорной извести и хранения готового раствора должно находиться в отдельно стоящем здании и оборудоваться вентиляционным устройством.

Баки для приготовления раствора хлорной извести и его хранения плотно закрываются деревянными съемными крышками и оборудуются мешалками.

При затворении хлорной извести вентиляционное устройство должно быть включенным, а обслуживающий персонал должен быть в противогазах марки В, резиновых перчатках фартуке и сапогах.

Сухой порошок гипохлорита при загрузке его в баки пылит и выделяет хлор. Выгружают барабаны, перемешивают, перетаривают, загружают гипохлорит в баки в защитной санитарной одежде и обуви с применением респираторов У-2 при работающей приточно-вытяжной вентиляции с восьмикратным обменом воздуха. Респиратор У-2К задерживает до 99,9% пыли, содержащейся во вдыхаемом воздухе. Во избежание попадания брызг воды с содержанием гипохлорита на поверхность кожи и в глаза, загрузочные баки промывают в спецодежде, рукавицах и защитных очках типа ПО-3. Гипохлорит кальция сле-

дует охранять от попадания органических веществ и масел во избежание образования взрывчатых веществ.

**Фторирование воды.** Фтораторную установку в процессе эксплуатации может обслуживать один человек, а при небольшой производительности водопровода - это может быть поручено дежурному машинисту станции после его обучения и проверки знаний в установленном порядке.

Кремнефтористый натрий ядовит, особенно опасна его пыль, попадающая при дыхании в легкие. Загружают соль во фторатор осторожно, не допуская пыления.

Пыль кремнефтористого натрия не обладает запахом, не видна и человеком не ощущается. Неприятный привкус во рту появляется только при очень большой концентрации его в воздухе. Поэтому помещение фтораторной должно быть отгорожено от других производственных помещений непроницаемой перегородкой. Распечатывают бочки с кремнефтористым натрием, заполняет порошкообразным реагентом, переносят тару, а также затворяют горячей водой ( $t=50-60^{\circ}\text{C}$ ) в отдельной изолированной от помещения фтораторной комнате, оборудованной приточно-вытяжной вентиляцией, с пятикратным обменом воздуха.

Работы по распечатыванию бочек, заполнению сухим реагентом переносной тары и затворению его теплой водой должны выполняться в тканевом противопыльном респираторе. Если брызги мокрой соли попадут на тело, обожженные места следует быстро промыть теплой водой с мылом. Обслуживающий персонал должен быть обеспечен халатами из плотной ткани, а после работы принимать душ.

### ***Контрольные вопросы***

1. Основные положения технической и хозяйственной характеристики водопроводно-канализационного хозяйства населенных мест Украины.
2. Структура организации управления водопроводно-канализационным хозяйством Украины.
3. Основные задачи грамотной эксплуатации водопроводно-канализационного хозяйства Украины.
4. Зоны санитарной охраны поверхностных источников водоснабжения.

5. Зоны санитарной охраны подземных источников водоснабжения;
6. Санитарно-защитные зоны канализационных сооружений;
7. Понятие диспетчеризации, классификация диспетчерской службы.
8. Основные функции лаборатории автоматики и контроля.
9. Назначение приборов контроля на водоподготовительных станциях.
10. Суть производственного контроля на очистных сооружениях.
11. Основные должностные обязанности главного инженера предприятия.
12. Функции главного механика предприятия.
13. Основные требования к работе начальника структурного подразделения.
14. Должностные обязанности мастера, его полномочия.
15. Основные функции дежурного инженера-электрика.
16. Основные положения безопасной эксплуатации водопроводных сетей.
17. Правила работы персонала при обслуживании водопроводных сетей.
18. Основные требования, предъявляемые к работе оператора на очистных водопроводных сооружениях.
19. Правила эксплуатации сооружения во время работы и после ее окончания.
20. Обслуживание очистных сооружений канализации с соблюдением требований охраны труда.
21. Основные принципы безопасного обслуживания хлордозаторных и хлораторных.
22. Основные положения инструкции для обслуживания персоналом цеха очистки воды.
23. Основные положения инструкции для обслуживания персоналом грейферного крана.
24. Основные положения инструкции для обслуживания персоналом при обеззараживании и аммонизации воды.
25. Главные принципы обращения с хлорной известью и гипохлоритом кальция.
26. Безопасность эксплуатации фтораторных установок.

## **СМ 2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ВОДОПРОВОДА**

### ***ТЕМА 5. Испытание, приемка в эксплуатацию сооружений и организация эксплуатации очистных станций водопровода***

#### ***5.1. Испытание, приемка в эксплуатацию сооружений***

Водопроводные сооружения могут быть предъявлены государственной приемочной комиссии при наличии проектно-сметной документации, исполнительных чертежей, актов на скрытые работы и разрешений на специальное водопользование. До этого приказом руководителя предприятия или организации заказчика создается рабочая комиссия, которая проводит гидравлические и технологические испытания (СНиП 2.04.02-84).

Гидравлические испытания осуществляются с целью установления водонепроницаемости железобетонных (емкостей, резервуаров, баков, каналов и других сооружений). При этом испытываемая емкость заполняется водой до наивысшего проектного уровня: все задвижки и шиберы закрываются и запломбировываются. По истечении определенного срока (не менее 3 суток) фиксируют величину суточного понижения уровня воды в емкости; убыль воды за сутки не должна превышать 3 л на 1 м<sup>3</sup> смоченной поверхности стен и днища. При гидравлическом испытании соблюдается очередность в проведении работ. Выявленные в ходе осмотра и испытаний строительно-монтажные и проектные дефекты и недоделки отмечаются в акте с указанием срока их ликвидации. После исправления недочетов; отмеченных в акте, все сооружения и трубопроводы станции дезинфицируются раствором с концентрацией активного хлора 75-100 мг/л в течение 5-6 ч или концентрацией 40-50 мг/л в течение не менее 24 ч контакта.

Хлорная вода после ее дехлорирования выбрасывается на прилегающие к сооружениям территории или в водоемы. Пусконаладочные работы (технологические испытания) могут осуществляться как эксплуатационным персоналом станции, так и специализированными пусконаладочными организациями; в том и другом случаях обязательно присутствие представителей проектной организации.

В период пусконаладочных работ необходимо установить и сравнить с проектными и технологическими параметрами работы очистных сооружений; режимы работы регулирующей и контрольно-измерительной аппаратуры, дозаторов, расходомеров, уровнемеров, регуляторов расхода и скорости и т. п.; дозы реагентов, последовательность их ввода и т. д. По окончании пусконаладочных работ и пробного пуска станции, который должен продолжаться не менее 2-4 суток, при получении воды надлежащего качества по согласованию с СЭС станция сдается государственной приемочной комиссии. В подготовительный период, а также в период пусконаладочных работ и пробного пуска инженерно-технический персонал станции совместно с представителями пусконаладочной организации составляют инструкции по технической эксплуатации сооружений и должностные инструкции по каждому рабочему месту, устанавливают режимы работы очистной станции, проверяют работу станции по расчетным и аварийным режимам, условиям сброса и обработки продувочных и промывных вод, а также производственных сточных вод. Все материалы, характеризующие количество, состав и режимы сброса производственных сточных вод в водоемы, а также расчетные данные, предусматривающие необходимую степень обработки этих вод, согласование с соответствующими организациями, представляются проектными организациями.

Ниже приводятся нормативные сроки продолжительности технологической наладки водопроводных сооружений: производительность комплекса сооружений:

Производительность комплекса сооружений, тыс. м <sup>3</sup> /сут	до 0,8	12,5	40	80	125	160	200	250	320
Продолжительность технологической наладки, мес.	2	4	5	6	7	8	9	10	11

### *5.2. Организация эксплуатации очистных станций*

Количество эксплуатационного персонала для обслуживания очистных сооружений принимается по данным табл. 5.1, в которой учтены трудовые затраты на работы по текущему ремонту, выполняемые слесарем-ремонтником,

электромонтером-ремонтником, слесарями по ремонту КИПиА и аварийно-восстановительных работ.

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

Общая численность обслуживающего 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 устройств и сооружений и т. п.

**Таблица 5.1-** Нормативы численности, чел.-смен/сут, рабочих, занятых на эксплуатации очистных сооружений водопровода, по элементам сооружений

Наименование элементов сооружений	Наименование профессий рабочих	Производительность, тыс. м <sup>3</sup> /сут						
		до 2	2-15	15-30	30-60	60-100	100-200	200
1. Смеситель	оператор ОС	0,25	0,25	0,50	0,75	0,75	0,75	0,75
2. Камера реакции	оператор ОС	-	-	1,0	1,0	1,25	1,25	2,0
3. Отстойники	оператор ОС	0,25	-	1,0	1,0	1,25	1,25	2,0
4. Осветлители со взвешенным осадком	оператор ОС	-	0,1	-	-	-	-	-
5. Скорые фильтры	оператор ОС	2,0	33,5	5,5	6,0	6,0	7,0	7,0
6. Насосы для наполнения промывных баков водой	оператор ОС	0,25	0,25	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
7. Промывные баки	оператор ОС	-	-	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
8. Резервуар чистой воды	оператор ОС	0,25	0,50	0,50	0,50	0,75	0,75	1,25
9. Хлораммиачная установка	оператор хлораторной установки	3,0	3,5	4,0	4,5	4,5	5,0	5,0
10. Коагуляционная установка	коагулянтщик очистных сооружений	3,0	5,0	6,0	6,5	6,5	8,0	9,0
Итого		9	14	19,5	21,25	22	25	28

Примечание: 1. При наличии отстойников производительностью от 2-х до 15 тыс. м<sup>3</sup>/сут устанавливается норматив 0,5 чел.-смен.

2. При наличии осветлителей со взвешенным осадком производительностью более 15 тыс. м<sup>3</sup>/сут устанавливается норматив, предусмотренный для обслуживания камер реакции и отстойников суммарно в соответствии с производительностью осветлителей.

3. При наличии промывных баков производительностью менее 15 тыс. тыс. м<sup>3</sup>/сут устанавливается норматив 0,5 чел.-смен.

## ТЕМА 6. Общие положения по обслуживанию очистных станций.

Работы по ППО и ППР сооружений, устройств и оборудования станций водоочистки ориентировочно проводятся в сроки, указанные в табл. 6.1 и 6.2, более точные сроки назначаются в зависимости от местных условий. Перечень основных видов работ по текущему и капитальному ремонтам водопроводных очистных сооружений приведен в табл. 6.3, а периодичность работ - в табл. 6.4.

**Таблица 6.1 - Работа по ППО станции водоочистки**

Наименование устройств и сооружений	Состав работ	Кем проводится	Периодичность выполнения
1	2	3	4
Смесители	Внутренний осмотр стен и перегородок; осмотр задвижек на подводящей стороне и для спуска в водосток	главный инженер или технолог	По мере надобности, но не реже 1 раза в год
Камеры хлопьеобразования	Внутренний осмотр перегородок и стен; осмотр задвижек на подводящих и спускных трубопроводах	главный инженер или технолог	По мере надобности, но не реже 1 раза в год
Отстойники	Внутренний осмотр стен, перегородок, каналов; осмотр задвижек	главный инженер или технолог	По мере надобности, но не реже 1 раза в год "
	Осмотр дренажей	главный инженер или технолог	1 раз в квартал
Барабанные сетки и микрофильтры	Определение интенсивности промывки сетчатых элементов Проверка засорения промывного устройства Проверка состояния сетчатых элементов	главный инженер или технолог	1 раз в месяц
	Определение плотности прилегания фильтровальных рамок к корпусу барабана Проверка наличия шумов в работе привода и подшипников Определение состояния поверхности металла барабанов (наличие антикоррозионной краски и т. п.)	главный инженер или технолог	1 раз в месяц
Резервуары чистой воды	Внутренний осмотр резервуара Осмотр задвижек в камерах и на трубопроводах	главный инженер или технолог	1 раз в год
Оборудование для коагулирования	Внешний осмотр оборудования	дежурный по станции	Ежедневно
Оборудование для хлорирования и аммонизации	Осмотр и испытание на утечку	дежурный по станции	Постоянно



**Таблица 6.2 - Работа по ППР станции водоочистки**

<b>Сооружения и оборудова- ние</b>	<b>Наименование работ</b>	<b>Периодичность выполне- ния</b>
1	2	3
Смеситель	Промывка от грязи стен и перегородок Проверка работы задвижек, перебивка сальников Испытание на утечку	По мере накопления осадка, но не реже 1 раза в год 1 раз в год 1 раз в год
Камера хлопьеобразования	Промывка от грязи стен и перегородок Проверка работы задвижек, перебивка сальников и дру- гие работы	1 раз в год (одновременно с чисткой смесителей) 1 раз в год
Отстойники	Промывка стен и перегород- док от грязи Проверка работы задвижек, перебивка сальников и дру- гие работы Испытание на утечку	По мере накопления осадка, но не реже 1 раза в год Одновременно с чисткой от- стойников  Одновременно с чисткой от- стойников
Фильтры	Догрузка фильтра песком  Проверка работы задвижек, перебивка сальников и дру- гие работы Удаление песка из-под дре- нажа, хлорирование Испытание на утечку	По мере надобности, но не реже 1 раза в год По мере надобности, но не реже 1 раза в год  По мере надобности, но не реже 1 раза в год 1 раз в год
Барабанные сетки и микро- фильтры	Проверка повреждения сет- чатых полотен Возобновление антикоррози- онной покраски Замена сетчатых элементов и других деталей, подвергших- ся коррозии	По мере надобности  По мере надобности  По мере надобности
Оборудование для коагули- рования	Чистка, покраска, текущий ремонт	По мере надобности, но не реже 1 раза в квартал
Оборудование для хлориро- вания и аммонизации	Чистка, покраска, текущий ремонт	По мере надобности, но не реже 1 раза в квартал
Система вентиляции газодо- заторных помещений	Внутренний осмотр, чистка, текущий ремонт	По мере надобности, но не реже 1 раза в квартал
Манометры, вакуумметры, расходомеры	Проверка точности показа- ний, ремонт, покраска	По мере надобности, но не реже 1 раза в квартал
Регуляторы скорости	Проверка точности показа- ний, ремонт, покраска	То же, но не реже 2 раза в год

**Таблица 6.3 - Перечень видов работ по текущему и капитальному ремонтам очистных сооружений**

Наименование объекта	Текущий ремонт	Капитальный ремонт
1	2	3
Отстойники (осветлители)	<p>Ремонт задвижек, подтяжка крепежных задвижек, щитов и клапанов</p> <p>Ремонт и покраска люков, лестниц, скоб</p> <p>Испытание на утечку</p> <p>Промывка и хлорирование после ремонта</p> <p>Ремонт местами штукатурки с затиркой и железнением (до 10% общей площади оштукатуренной поверхности); разделка механических трещин.</p>	<p>Смена задвижек, ходовых скоб, щитов</p> <p>Смена настила и других деревянных элементов</p> <p>Вскрытие и ремонт дренажа вокруг отстойника</p> <p>Наладка работы по заданному режиму</p> <p>Переоборудование отстойника в осветлитель, работающий с более высоким технологическим эффектом (без изменения основной конструкции отстойника); ремонт или замена изношенных щитовых затворов и трубопроводов</p>
Фильтры всех систем (контактные осветлители системы АКХ, скорые двухслойные, большой грязеемкости и др.)	<p>Предварительная промывка загрузки.</p> <p>Очистка и промывка внутренних поверхностей фильтра.</p> <p>Ремонт задвижек, затворов и шиберов на месте.</p> <p>Ремонт мешалок без демонтажа.</p> <p>Ремонт штукатурки местами с железнением (до 10 % общей площади); разделка мелких трещин</p> <p>Прочистка и промывка трубопроводов распределительной системы</p> <p>Ремонт воздухопроводов</p> <p>Проверка и подготовка на горизонтальность переливных кромок желобов и восстановление их геометрической формы</p> <p>Замена отдельных элементов системы управления задвижками</p> <p>Окраска металлических поверхностей</p> <p>Испытание на утечку</p> <p>Дезинфекция фильтров хлорированием</p>	<p>Полная перегрузка или догрузка песка с рассевом и промывкой</p> <p>Догрузка гравия</p> <p>Ремонт дренажа с частичной заменой, изменение конструкции дренажа</p> <p>Удаление песка из-под дренажа</p> <p>Разборка и ремонт задвижек с заменой изношенных деталей, смена задвижек и приводов задвижек</p> <p>Смена деревянных элементов (решеток и др.)</p> <p>Смена участков трубопроводов</p> <p>Ремонт повреждений со вскрытием стен и дренажа</p> <p>Замена на фильтрах системы управления задвижками</p> <p>Наладка работы фильтров по заданному технологическому режиму</p> <p>Переоборудование фильтров в фильтры АКХ или фильтры большой грязеемкости, работающие с более высоким технологическим эффектом</p> <p>Частичное изменение коммуникаций трубопроводов с установкой задвижек; ремонт изоляции трубопроводов и емкостей раствора коагулянта</p>

На станции должна вестись следующая отчетность:

- общий журнал работы очистной станции с ежедневной записью: общего количества обработанной воды; воды, израсходованной на собственные нужды;

количества израсходованных реагентов и их доз; сооружений и оборудования, находящихся в работе, чистке, ремонте; проведенных ППО и ППР;

- журнал анализов с ежедневной записью результатов и складской журнал.

**Таблица 6.4.** - Периодичность работ по капитальному ремонту

Наименование объектов	Характер ремонта	Периодичность в годах
Основной комплекс очистных сооружений: отстойники, осветлители, фильтры всех систем, смесители и камеры реакций	Ремонт отстойников, фильтров, смесителей и камер реакции (стен, днища, перекрытия и дренажа)	1 раз в 6 лет
	Ремонт осветлителей (стен, днища, перекрытия и дренажа)	1 раз в 3 года
	Догрузка песка в фильтры и контактные осветлители	1 раз в 1-1,5 года
Прочие очистные сооружения (баки раствороотстойные для коагулянта и хлорной извести)	Ремонт	1 раз в 1,5 года
Хлораторы и аммонизаторы	Ремонт и замена деталей	1 раз в 2 года

## **ТЕМА 7. Очистные сооружения водопровода**

### *7.1. Реагентное хозяйство, его эксплуатация*

**Реагентные цеха.** В качестве основных реагентов, используемых при осветлении и обесцвечивании хозяйственно-питьевой воды, применяются: сульфат алюминия  $[Al_2(SO_4)_3]$ , алюминат натрия  $[NaAlO_2]$ , хлористый алюминий  $(AlCl_3)$ , оксихлорид алюминия  $\{[Al_2(OH)_5Cl]6H_2O\}$ , сульфит железа  $(FeSO_4)$ , сульфат железа  $[Fe_2(SO_4)_3]$ , хлорное железо  $(FeCl_3)$ , гашеная известь  $[Ca(OH)_2]$ , сода  $(Na_2CO_3)$ , полиакриламид (ПАА), озон  $(O_3)$  и др. Состав и дозы реагентов, последовательность и места их введения в обрабатываемую воду, начало и конец периода применения различных реагентов устанавливаются главным инженером или технологом станции совместно с заведующим лабораторией на основании физико-химических, санитарно-бактериологических и технологических анализов исходной воды и воды, прошедшей обработку на отдельных сооружениях, а также с учетом опыта производственной обработки ее на собственной станции или на аналогичных станциях. Принятые технологические схемы обработки воды утверждаются по представлению начальника водопроводной станции и согласуются с местными органами Государственного санитарного надзора.

Место ввода реагентов и их ориентировочные дозы, принимаемые при про-

ектировании реагентного хозяйства, в ходе эксплуатации станций постоянно корректируются.

Твердые реагенты растворяются в растворных баках 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 (табл. 7.1 и 7.2).

**Таблица 7.1-** Крепость растворов по показаниям ареометра

Характеристика Раствора при $t=12\div 15^{\circ}\text{C}$	При концентрации растворов, %									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Крепость раствора сернокислого алюминия, %	0,9	3,5	4,8	5,4	6,1	7,6	8,6	9,7	10,7	11,7
Содержание негашеной извести в 1 л известкового молока, г	7,5	16,5	26,0	36,0	48,0	56,0	65,0	75,0	84,0	94,0

**Таблица 7.2 -** Зависимость плотности растворов химически чистых реагентов от концентрации

Концентрация	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ при		$\text{FeCl}_2$ при $t=20^{\circ}\text{C}$	$\text{FeSO}_4$ при $t=18^{\circ}\text{C}$	Суспензия активированного угля марки ОУ-3 (сухая)
	$t=15^{\circ}\text{C}$	$t=19^{\circ}\text{C}$			
0,50	1,005	-	-	-	1,002
1,00	1,017	1,009	1,007	1,008	1,004
1,75	-	-	-	-	1,006
2,00	1,027	1,019	1,015	1,018	-
2,30	-	-	-	-	1,008
3,00	1,037	-	-	-	1,010
3,50	-	-	-	-	1,012
4,00	1,047	1,040	1,032	1,037	-
4,25	-	-	-	-	1,014
4,80	-	-	-	-	1,016
5,45	-	-	-	-	1,018
6,00	1,067	1,061	1,049	1,057	1,020
6,75	-	-	-	-	1,022
7,30	-	-	-	-	1,024
8,00	1,087	1,083	1,066	1,078	-
10,00	1,107	1,105	1,085	1,100	-
12,00	-	1,129	1,104	1,122	-
14,00	-	1,152	1,122	1,144	-
16,00	-	1,176	1,141	1,167	-
18,00	-	1,201	1,161	1,190	-
20,00	-	1,226	1,182	1,213	-
22,00	-	1,252	-	-	-
24,00	-	1,278	-	-	-
25,00	-	-	1,234	-	-
26,00	-	1,306	-	-	-
28,00	-	1,333	1,268	-	-
30,00	-	-	1,294	-	-

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 следует производить в противогазах. Проверка дозирующих устройств производится, как правило, ежеквартально, но не реже 2 раза в год и заключается в осмотре арматуры, проверке отсутствия засорений, состояния соединений и т. п. (см. табл. 7.3 и 7.4). Основные типы дозаторов для дозирования известкового молока, газов и растворов коагулянтов приведены соответственно в табл. 7.3 и 7.4.

**Таблица 7.3** - Дозаторы для дозирования известкового молока и других суспензий

Название дозатора	ДИМБА-1	ДИМБА-3	ДИМБА-10	ДИМБА-20	ДИМБА-40
Верхний предел производительности, м <sup>3</sup> /ч	1,0	3,0	10,0	20,0	40,0
№ типового проекта	4.901-2 вып.1	4.901-2 вып. 2	ВС.02.31, вып.1	ВС.02.31, 1 вып. 2	ВС.02.31, вып. 2

ДИМБА - дозатор известкового молока бункерный автоматический.

**Таблица 7.4** - Аппараты для дозирования реагентов

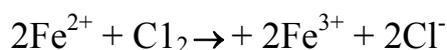
Тип дозатора	Название дозатора	Условие применения	Принцип действия
1	2	3	4
Безнапорный постоянной дозы	Дозированный шаровой кран из пластмассы	Для подачи постоянно заданной дозы раствора реагента в безнапорный трубопровод	Постоянство уровня раствора в дозирующемся бачке над дозирующим шаровым краном обеспечивает равномерное истечение раствора.
Безнапорный постоянной дозы	Поплавковый дозатор системы В.В. Хованского	То же, при постоянном расходе воды не более 6000-9000 м <sup>3</sup> /сут	В дозированном бачке имеется поплавок, к которому снизу прикреплена трубка со вставкой сменной диафрагмы (соответственно расходу реагента). Другой конец трубки присоединен к выпускной трубе, по которой отдозированный раствор поступает в смеситель
Безнапорный пропорциональной дозы	Сифонный дозатор пропорциональной дозы для растворов	Для изменения дозы раствора реагента пропорционально колебаниям расхода воды, поступающей на очистку	Пропорциональность дозирования расходу воды достигается тем, что при изменении последнего изменяется положение поплавка; соответственно происходит понижение или повышение связанного с поплавком сифона и увеличение или уменьшение подачи через него раствора реагента к смесителю по трубе.

Продолжение таблицы 7.4

1	2	3	4
Безнапорный пропорциональной дозы	Автоматический дозатор системы В.К. Чейшвили и И.Л. Крымского (ВНИИГС)	Для обработки больших количеств воды с невысоким содержанием (не более 150-250 мг/л)	Действие дозатора, имеющего датчик и электронный мост, основано на измерении разности электропроводностей некоагулированной и коагулированной воды, протекающей через измерительные электролитические ячейки. Если эта разность сопротивлений воды прохождению тока отклоняется от той, которая отвечает заданной дозе коагулянта, то включается электропривод регулятора и количество раствора реагента, подаваемого по трубе, изменяется.
Безнапорный пропорциональной дозы	Автоматический дозатор растворов коагулянта ИОНХ АН УССР	Для автоматического контроля и управления процессом обработки воды раствором коагулянта	Прибор автоматический (по заданной дозе) регулирует раствор коагулянта, измеряет и регистрирует расход раствора, выполняет контрольные замеры расхода раствора и сигнализирует о происшедшем отклонении от заданной дозы.
Напорный пропорциональной дозы	Шайбовый напорный дозатор	Для подачи раствора в напорный трубопровод	В установке имеется два переменных работающих дозатора с водомерными стеклами. Ввиду разности давления, создаваемой шайбой на трубе исходной воды, раствор реагента вытесняется из дозатора в трубопровод по другую сторону шайбы, где давление понижено. Количество раствора регулируется вентилем на линии исходной воды и контролируется по водомерному стеклу, а более точно - ротаметром

При приготовлении известкового молока в нем содержится много нерастворимых примесей, являющихся балластом в процессах подщелачивания и стабилизации воды. Для доочистки известкового молока от нерастворимых примесей могут применяться гидроциклоны диаметрами 75, 125 и 150 мм. Перед подачей известкового молока на гидроциклон и предварительным отделе-

нием крупных частиц в отстойном баке известковое молоко рекомендуется разбавлять до рабочей концентрации  $1 \div 2\%$  по  $\text{CaO}$ . При использовании железного купороса одновременно с коагуляцией рекомендуется применять известкование воды, доводя рН до  $9 \div 9,5$ . При меньших значениях рН гидролиз солей двухвалентного железа не протекает до конца, а скорость окисления ионов закисного железа в окисное кислородом, растворенным в воде, недостаточна. Для ускорения гидролиза обрабатываемую воду необходимо хлорировать перед введением закисного железа. Окисление ионов двухвалентного железа протекает по формуле:



Расход хлора составляет 17,75 мг на 1 мг-экв коагулянта. При этом необходимо учитывать, что, кроме приведенной реакции, хлор расходуется на окисление органических примесей природных вод. Фторирование воды осуществляется после фильтрования, перед поступлением воды в водопроводную сеть, часто совместно с хлорированием. Для фторирования воды применяются 35% кремнефтористоводородной кислоты, 90÷95% фтористого натрия, 99% кремнефтористого натрия и др. При фторировании воды необходимо соблюдать положения: постоянство поступающей на обработку воды; точность дозирования фтора и глубокое перемешивание его с водой; измерение и контроль концентрации фтора после обработки воды.

Фтористые соединения в процессе фторирования воды подаются сухими питателями с точностью дозирования  $\pm 3\%$  или гравиметрическими питателями с точностью дозирования  $\pm 1\%$ . Дозирование жидких реагентов осуществляется напорными или вакуумными дозаторами (табл. 7.5). Предпочтение необходимо отдавать вакуумным дегазаторам. 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.

**Таблица 7.5 - Типы вакуумных хлораторов и их технические характеристики**

Типы хлоратора	Производительность по хлору, кг/ч	Нормальное давление перед хлоратором, МПа	Габариты, мм				Завод изготовитель (город):
			высота	глубина	ширина	масса, кг	
ЛОННИ-100 с ротаметром	0,8-0,72 0,21-1,28 0,4-2,05	0,025 0,025 0,025	830	650	160	41	Завод «Светотехника» (Лихославль)
ЛОННИ-100	1,28-8,1	0,03		650	160	41	
С ротаметром РС-5	2,05-12,8	0.035		650	160	41	
ЛК-10 (малая модель)	0,04-0,8	0,025	630	230	160	12,35	
ЛК-10 (большая модель)	2,0-20,0	0,02-0,05	800	370	250	45	
ЛК-11	0,5-4,5	0,03-0,05	500	200	150	11	

**Примечание:** 1. Указанные типы дозаторов применяют и для аммонизации обрабатываемой воды, при этом медные, бронзовые и латунные детали заменяют на стальные или чугунные, в газометре серная кислота заменяется ртутью.  
2. При обработке воды сернистым газом применяют в основном вакуумные хлораторы ЛОННИ-100.

Для коагулянта и угольного порошка может быть применено сухое дозирование. Точность работы дозаторов (по объему или по массе) проверяется не реже 1 раза в смену.

Отклонение от заданных доз, а также перерывы в их подаче не допускаются. Бесперебойность подачи достигается установкой запасных дозаторов, наличием оборудования и запасных частей, необходимых для неотложного ремонта. Съем или расход газа с одного баллона без подогрева при нахождении его в помещении с  $t=15-18^{\circ}\text{C}$  не должен превышать для хлора 500 г/ч. Для увеличения объема может быть использовано подогревание хлора. При этом необходимо иметь в виду, что категорически запрещается на хлорпроводах устанавливать испарители трубчатого типа, резервуары, открытые змеевики или другие емкости. Подогрев должен осуществляться только в закрытых змеевиковых испарителях. Испарители этого типа представляют собой вертикальные емкости кожухи, в которых протекает вода, подогретая до температуры не выше 40-

50°C, и расположен змеевик для жидкого хлора, превращающегося в газообразный.

Очистка газа перед впуском его в газодозатор осуществляется в промежуточном баллоне (ресивере). Ресивер помещается между редукционным вентиляем рабочих баллонов (или коллектором, собирающим хлор от нескольких бочек или баллонов) и входным вентиляем газодозатора. Один промежуточный баллон может обслуживать до 8 рабочих баллонов. На кинетику процесса осветления и обесцвечивания воды реагентами большое влияние оказывают цветность и мутность исходной воды, ионный состав ее, рН, температура, наличие в ней фито- и зоопланктона; на протекание процесса существенное влияние оказывают перемешивание, место и последовательность введения реагентов, состав и особенности очистных сооружений и т. п. Таким образом, на дозу реагентов оказывает влияние весь перечисленный комплекс физико-химических, биологических и технологических параметров.

Большое число переменных факторов, их взаимосвязь, а также наличие значительного числа неизвестных неизменяемых параметров не позволяют выразить эти связи с помощью обычных функциональных зависимостей. Поэтому для обработки экспериментальных данных должны быть использованы методы математической статистики с применением ЭВМ.

**Склады реагентов.** Склады реагентов рассчитываются на хранение 30-дневного запаса, считая по периоду максимального потребления их. При обосновании объем складов допускается принимать на другой срок хранения, но не менее 15 суток. При наличии базисных складов объем складов при станциях допускается принимать на срок хранения не менее 7 суток. Склады реагентов проектируются на сухое или мокрое хранение в виде концентрированных растворов или продуктов, залитых водой. Вид хранения и тары, а также высота слоя хранящихся продуктов приведены в табл. 7.6.

**Таблица 7.6** - Некоторые данные по хранению реагентов в складах

Реагент	Способ хранения, вид тары	Высота слоя реагента, м
1	2	3
Сернистый алюминий	Навалом В виде концентрированных растворов	2-3,5 -
Известь гашеная	Навалом В резинокордных контейнерах вместимостью от 1 до 3м <sup>3</sup>	1,5-2,5 -
Железный купорос	В бумажных мешках массой до 50 кг В деревянных бочках	2-3,5 -
Хлорное железо Активированный уголь	В металлических барабанах В бумажных мешках массой до 50 кг	До 2,5 Не более 2,5
Кальцинированная сода	В бумажных мешках В резинокордных контейнерах	2-3,5 -
Жидкое стекло	В железных бочках вместимостью до 250 л В деревянных заливных бочках вместимостью 100 - 150 л	До 2,5 До 2,5
Техническая поваренная соль	Навалом В виде концентрированных растворов	До 2,0 -
Марганцовокислый калий	В металлических бочках или банках	-
Кремнефтористый натрий	В металлических бочках	
Фтористый натрий полиакриламид	В металлических бочках В полиэтиленовых мешках, уложенных в тарные ящики или в деревянные бочки	- -
Едкий натрий	В баках промышленного Изготовления (БЕ-30) вместимостью 30 м <sup>3</sup> или другой, более мелкой, таре, изготовленной из нержавеющей стали или полиэтилена	-
Крепкая серная кислота	В баках промышленного изготовления (БК-15) вместимостью 15 м <sup>3</sup>	-
Хлорная известь	В деревянных бочках или фанерных барабанах	До 2,5
Гипохлорид кальция	В стальных оцинкованных барабанах	До 2,5

**Примечания.** Высота укладки более 1,5-2,0 м допускается при наличии механизации погрузочно-разгрузочных работ. 2. Хранение затаренных заводом поставщиком реагентов надлежит предусматривать в таре. 3. Разгерметизация тары с хлорным железом и силикатом натрия не допускается до момента их непосредственного использования.. 4. 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 ак-

тивированного угля должен располагаться в отдельном помещении, быть пожаро- и взрыво- безопасен (относиться к категории В).

Помещение склада фторсодержащих реагентов должно быть отделено от других производственных помещений. При этом места возможного выделения пыли должны быть оборудованы местными отсосами воздуха, а растаривание кремнефтористого натрия 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.

Условия разгрузки реагентов и работы на складах должны удовлетворять требованиям безопасной эксплуатации 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.

К содержанию складов предъявляются следующие требования: дверные проемы, предназначенные для приема и выдачи 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 следует делать сухими, прохладными и хорошо вентилируемыми; реагенты внутри складов должны размещаться отдельными партиями и расходоваться в соответствии с очередностью поступления, чтобы исключить их залеживание.

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 потреблением свыше 1 т хлора в сутки разрешается устраивать из тэнков (стационарных емкостей) заводского изготовления вместимостью до 40 т. Передача газообразно-

го 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 следующие правила: баллоны, которые хранятся в вертикальном положении, помещаются в гнездах, предохраняющих 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 потребле-

ния транспортируется либо в баллонах или бочках на специальных тележках, либо по хлоропроводу из бочек, расположенных на складе. После полной сработки бочки с жидким хлором оставшийся хлоргаз 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.

Дозирование жидких реагентов осуществляется напорными или вакуумными дозаторами (табл. 7.5). 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  $t=15\div 18^{\circ}\text{C}$  не должен превышать для хлора 500 г/ч. Для увеличения съема может быть использовано подогревание баллонов.

### *7.2. Процессы смешения и смесители*

Процесс смешения предназначен для быстрого и равномерного распределения реагентов в обрабатываемой воде. Смешение по нормативам должно быть закончено в течение 1 - 2 мин при мокром и не более 3 мин при сухом дозировании реагентов. В то же время необходимо отметить, что эффект смешения в значительной степени зависит от первоначального смешения: чем меньше

срок смешения, тем быстрее и глубже происходит коагулирование примесей, т. е. быстрее наступает хлопьеобразование.

Эффективное смешение реагентов с обрабатываемой водой достигается турбулизацией ее потока в смесителях гидравлического и механического типов. В принятых в Украине смесителях гидравлического типа эффект смешения создается трехкратным местным увеличением скорости потока обрабатываемой воды с 0,3-0,6 до 1,0 м/с при расчетных расходах воды. При снижении или увеличении расходов воды (уменьшении или увеличении скорости) гидравлические смесители не обеспечивают удовлетворительного смешения ее с реагентами. В этом случае требуемое время пребывания воды в смесителях необходимо поддерживать дополнительными устройствами, обеспечивающими, например, циркуляцию воды или пропуск ее части мимо смесителей.

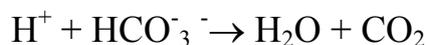
Применение механических смесителей связано с применением дополнительных устройств и повышенными затратами электроэнергии. Применение таких смесителей требует в каждом случае обоснования.

При эксплуатации смесителей необходимо стремиться к тому, чтобы коэффициент объемного использования сооружения (т. е. объем смесителя) был наивысшим.

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

Для интенсификации процесса смешения обрабатываемой воды с коагулянтном и улучшения процесса осаждения коагулированной взвеси применяют аэрирование воды. Как известно, продуктами гидролиза сернокислого алюми-

ния при растворении его в воде являются коллоиды гидроокиси алюминия или основные соли его 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 воды. При этом хлопья становятся более рыхлыми, менее прочными, со сниженными сорбционными свойствами. Все это ухудшает процесс осаждения взвеси в отстойных сооружениях.

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

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

### *7.3. Процессы хлопьеобразования и камеры хлопьеобразования (реакции)*

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

В 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.

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

При проведении процессов хлопьеобразования необходимо учитывать следующие положения:

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

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

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

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

- интенсификация хлопьеобразования может быть достигнута продуванием через обрабатываемую воду воздуха в специально оборудованной камере с уложенными на ее дне решетками из перфорированных труб или пористых плит с расходом воздуха 0,15 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>2</sup> площади резервуара.

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

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

#### *7.4. Сооружения по отстаиванию воды, их эксплуатация*

Во время работы вертикальных и горизонтальных отстойников необходимо: следить за накоплением в них осадка и влиянием его на качество отстаиваемой воды; проверять не реже одного раза в квартал равномерность распределения воды как между отстойниками воды, так и по их сечению; следить за отсутствием перекоса кромок переливных лотков и желобов.

При эксплуатации осветлителей с взвешенным слоем особое значение имеет их «зарядка»: перед наладкой осветлителей необходимо провести пробное коагулирование воды в соответствии с ГОСТ 2919-81 с целью установления требуемой дозы коагулянта; для более интенсивного процесса хлопьеобразования рекомендуется производить вторичное коагулирование установленными дозами реагентов, равными 20-25% от начальной расчетной дозы. Для ускорения «зарядки» осветлителей со слоем взвешенного фильтра рекомендуется применять тяжелые железные коагулянты и интенсифицирующие реагенты (ПАА, АКК и др.); накопление расчетного слоя взвешенного фильтра должно происходить при закрытой задвижке, установленной на системе принудительного отсоса.

После того, как верхняя граница взвешенного слоя достигнет верха шламоотводящих труб (в осветлителях с поддонным шпамоуплотнителем) или

уровня специальных окон (в осветлителях с вертикальным осадкоуплотнителем), 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 как через контрольные краны, так и на разных высотах с помощью вакуум-насоса, барометра или измерения глубины погружения электрической лампочки низкого напряжения (12 В), опускаемой в осветлитель сверху на шнуре.

Образование в осветлителе слоя взвешенного фильтра производится при скорости восходящего движения воды 0,8-1 мм/с; заданная скорость движения воды устанавливается после «зарядки». Перевод осветлителя на более высокую скорость (или производительность) осуществляется постепенным открытием задвижки на подающей трубе, с тем, 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, фильтры-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 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 накопления шлама удаляют лопатами, скребками или специальными механизмами. При чистке камер осветлителей попутно производят осмотр задвижек, перебивку сальника, а также осмотр и ремонт других его деталей.

Выпуск осадка из междудонного пространства в осветлителях с поддонным шламоуплотнителем производится также 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.

При эксплуатации осветлителей со слоем взвешенного фильтра большое внимание следует уделять обработке маломутных цветных вод, и 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 для коридорных осветлителей не больше 0,65 мм/с 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 такие параметры:

- подбор оптимальных доз реагентов для обработки воды и установление 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 оптимальной его высоты;
- установление оптимальной скорости восходящего потока воды в осветлителе и определение его производительности в разные периоды года;
- установление периодичности и продолжительности сброса осадка из осадкоуплотнителя при продувке осветлителя; определение потерь воды при продувке.

Для предварительного осветления и обесцвечивания хозяйственно-питьевой воды перед поступлением ее на фильтры находят применение флотационные установки (ФУ), которые 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 производится гидравлическое испытание всех систем.

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 определяются 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 осветления ее, 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.

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 поверхности взвешенных частиц, рекомендуется содержание последних доводить до 3-8 мг/л в зависимости от местных условий.

Удаление накопившегося в отстойных сооружениях осадка осуществляется не реже 1 раза в год, обычно перед наступлением паводка. Этот процесс осуществляется в следующем порядке: прекращается подача воды в отстойник, открываются водосточные задвижки, и вода из него с частью осадка сбрасывается в сток; оставшийся осадок размывается водой из брандспойтов с удалением его также в сток; загрязнения со стенок и перегородок удаляются щетками, а затем обрабатываются 5%-ным раствором  $FeSO_4$ . После очистки резервуары дезинфицируются хлорной водой с дозой активного хлора 25 мг/л.

При работе отстойников следует исключить образование «мертвых зон», увеличивать коэффициент объемного использования сооружений. Для улучшения работы горизонтальных отстойников и повышения качества осветляемой воды рекомендуется монтировать системы рассредоточенного отбора воды.

Тонкослойные отстойники позволяют значительно интенсифицировать процесс осаждения, на 25-30 % повысить эффект осветления, на 60 % уменьшить площадь застройки. К преимуществам тонкослойных отстойников следует отнести также устойчивость их работы при значительных колебаниях расхо-

дов поступающей на очистку воды, изменениях ее температуры и концентраций загрязнений.

Применение принципа тонкослойного отстаивания перспективно при реконструкции действующих отстойников различного типа с целью увеличения их производительности. Это является наиболее экономичным, а в ряде случаев единственным решением, учитывая стесненные условия действующих очистных станций и, как правило, отсутствие вблизи них свободных земельных площадей. При этом реконструкция сооружений может быть осуществлена в кратчайший срок, так как переустройство этих сооружений в тонкослойные отстойники не требует длительных и сложных строительно-монтажных работ, а сводится к установке заранее изготовленных блоков тонкослойных элементов в отстойной зоне.

Тонкослойные элементы могут быть выполнены как из гибких материалов, не обладающих достаточной жесткостью, так и из материалов достаточной жесткости. Для обеспечения сползания в осадочную часть отстойника взвеси, оседающей на поверхности тонкослойных элементов, последним придается наклон к горизонту. Угол наклона принимается обычно  $55-60^{\circ}$ . По конструкции тонкослойные элементы выполняются в виде плоских или гофрированных полок, а также в виде труб различного поперечного сечения: круглого, квадратного, прямоугольного и т. д.

Способ осаждения взвеси в слоях с малой высотой может быть использован в осветлителях со взвешенным осадком для повышения эффекта осветления и увеличения их производительности. Особенно это эффективно при очистке цветных вод с малой и средней мутностью. Для этого могут быть применены разработанные научно-исследовательским институтом КВиОВ (НИИКВиОВ) академии коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова тонкослойные модули, состоящие из каркаса и полок из поливинилхлорида. Тонкослойные модули высотой 1,1 м устанавливаются в рабочих камерах и осадкоуплотнителе. Установка этих модулей позволяет увеличить скорость восходящего движения потока в

осветлителе в 1,5 раза по сравнению со скоростями, принимаемыми для осветлителей обычной конструкции.

В Петербургском государственном университете путей сообщения разработана конструкция полочного отстойника вертикального типа, позволяющая повторно использовать осадок без дополнительных устройств для его возврата в отстойную зону и без разрушения хлопьев осадка. Повторное использование осадка позволяет сократить расход реагентов и улучшить процесс очистки воды за счет более интенсивного хлопьеобразования и их осаждения. Использование осадков особенно эффективно в осенне-зимний период работы водоочистных станций, когда температура воды понижается и процесс хлопьеобразования замедляется, что, в свою очередь, требует увеличения дозы коагулянта.

В НИИКВиОВ разработаны водоочистные установки типа «Струя», в которых напорные отстойники оборудованы трубами небольшого диаметра для реализации принципа тонкослойного осаждения.

Поскольку продолжительность пребывания воды в тонкослойных отстойниках по сравнению с обычными очень мала, то следует особое внимание уделять равномерному распределению потока воды между тонкослойными элементами, процессам смешения воды с реагентом и созданию условий для процесса хлопьеобразования. Если в обычных отстойниках неудовлетворительная работа смесителей или камер хлопьеобразования может в какой-то мере компенсироваться за счет более длительного пребывания воды в отстойнике, то в тонкослойных отстойниках это невозможно.

#### *7.5. Фильтры и контактные осветлители*

Осмотр фильтров, очистка, замер и восполнение количества песка, а также ремонтные работы производятся в соответствии с установленными правилами ППО и ППР (см. табл. 6.1 и 6.2).

Пуск фильтров в эксплуатацию после производства ремонтных работ осуществляется следующим образом: фильтр медленно заполняется снизу через промывную систему отстоянной водой с целью вытеснения воздуха из порового пространства фильтрующего слоя и исключения нарушения горизонтально-

сти (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 сбросом фильтрата в канализацию. По окончании отмывки загрузки фильтр обеззараживают хлорной водой, содержащей 20-50 мг/л 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·м<sup>2</sup>). В дальнейшем фильтры и контактные осветлители (КО) тщательно промывают с расчетной интенсивностью подачи воды. Таким образом с поверхности песка или антрацита снимают грязь и мелкие фракции, 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 преду-

сматривается непосредственно перед фильтрами. Смещение происходит за счет направленного движения воды в трубопроводе.

В качестве фильтрующих материалов, кроме кварцевого или карьерного песка и антрацита, могут использоваться дробленый мрамор, магнетит, керамическая крошка, керамзит, горелые породы и другие фильтрующие материалы, отвечающие по определенным параметрам установленным требованиям. К таким параметрам относятся: плотность, химическая стойкость, механическая прочность, истираемость, измельчаемость и гранулометрический состав. В качестве материала поддерживающих слоев применяются гравий или щебень, которые должны быть устойчивы против измельчения и истирания, химически стойки, содержать частицы известняка в количестве не более 10 %. 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 (16-32 мм) гравия. Также находят применение фильтры без поддерживающих слоев.

Доставляемый на станцию фильтрующий материал и гравий необходимо мыть и сортировать сразу же после его доставки. Промытый и отсортированный загрузочный материал должен храниться в закромах или штабелях, защищенных от внешнего загрязнения. Подбор фильтрующего материала для однослойных и двухслойных фильтров АКХ и КО изложен в «Правилах технической эксплуатации водопроводов и канализаций», ТУ 401-08-56181 (песок заполнитель контактных осветлителей с гравийной загрузкой), ТУ 401-08-11980 (гравий - заполнитель контактных осветлителей) и др.

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

ется по величине потерь напора промытой 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 град. При промывке водой указанного качества (в зимний период) в фильтрующей загрузке не происходит роста остаточных загрязнений ни в виде микроорганизмов, ни в виде минеральных взвесей. По бактериологическим и органолептическим свойствам вода, прошедшая через фильтр, промываемый неочищенной водой, не отличается от воды, прошедшей фильтр, промытый очищенной водой.

При эксплуатации медленных фильтров необходимо: вести наблюдение за состоянием биологической пленки и верхнего слоя песка; своевременно удалять верхний загрязненный слой; своевременно заготавливать и досыпать песок взамен удаляемого; производить химико-бактериологический контроль за качеством обработанной воды; равномерно распределять воду, поступающую на фильтр. Работы по удалению загрязненного песка и досыпке чистого должны быть механизированы. Медленные фильтры чувствительны к содержанию в осветляемой воде планктона. Поэтому при числе клеток 1000-1500 шт в 1 мл вода перед подачей ее на фильтры должна процеживаться через микрофильтры или другие устройства. Во избежание развития фитопланктона на фильтрах желательно исключать попадание света в помещение, где они находятся.

#### *7.6. Обеззараживание воды хлором и эксплуатация основных установок*

Для обеззараживания воды применяется хлор в газообразном состоянии и в виде соединений (хлорная известь, гипохлориты и др.). Хлорирование питьевой воды при суточном расходе до 50 кг, как правило, разрешается производить только из баллонов. При расходе хлора больше 50 кг/сут могут использоваться как баллоны, так и бочки-контейнеры 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 устраивается спираль для свободной работы весов. Принципиальные схемы хлораторных установок без испарителей и с испарителями показаны на рис. 2.1. 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 с 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.

Все линии хлораторной установки при их замене должны выполняться из хлоростойких материалов. Для сухого хлора-газа стойкими материалами являются нержавеющие, легированные, углеродистые (Ст. 3, Ст. 2) и хлористые стали, алюминиевые сплавы, винипласт, эбонит, фаолит, стекло, свинец, медь, паронит (прокладки), асбестографитовая 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.



Утечка газообразного хлора из баллонов (бочек) может быть приостановлена с помощью хомутов, мокрой тряпки или заливкой места утечки водой. При непрекращающейся утечке газа на баллон следует надеть аварийный футляр или погрузить баллон в ванну с 10%-ным 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 поврежденная бочка должна быть помещена в специальный приямок глубиной не менее 1,5 м, в который подается раствор тиосульфата натрия. Приямок после этого следует покрывать 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 (табл. 7.7 и 7.8) хранятся, как правило, в индивидуальных шкафах с надписями и в соответствии с требованиями правил техники безопасности подвергаются периодической проверке.

Хлорная известь для обеззараживания воды применяется 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.

**Таблица 7.7 - Табель оснащения защитными средствами**

Наименование	Необходимое количество	
	На одного работающего	На один склад
Противогаз марки В	2 шт.	2 шт.
Кислородный изолирующий противогаз КИП	-	2 шт.
Шланговый противогаз ПШ – 1	-	1 шт.
Прорезиненный фартук с нагрудником	1 шт.	-
Резиновые сапоги	1 пара	-

Продолжение табл. 7.7.

Наименование	Необходимое количество	
	На одного работающего	На один склад
Резиновые перчатки	1 пара	-
Полотенце и мыло	1 шт.	-
Нашатырный спирт для обнаружения утечек хлора	-	2 флакона
Индикаторная бумага в лентах	-	3 пачки
Дистиллированная вода	-	1 бутыль (3л.)
10% - ный раствор тиосульфата натрия (срок хранения 1 месяц)	-	1 бутыль (3л.)
10 % - ный раствор соды (срок хранения 6 месяцев)	-	1 бутыль (3л.)
Запас чистых тряпок или ваты в мешках	-	3 кг.
Аптечка	-	1 шт.
Аккумуляторный фонарь	-	2 шт.
Тиосульфат натрия для дегазации в бутылки	-	1 бутыль (10л.)
Инструкция по технике безопасности	-	1 шт.
Противоипритный костюм	-	1 шт.

**Таблица 7.8** - Табель оснащения защитными средствами хлораторных на городских водопроводах

Наименование	Потребное количество	
	на одного работающего	на один склад
Противогаз марки В	2 шт.	2 шт.
Прорезиненный фартук с нагрудником	1 шт.	
Резиновые сапоги	1 пара	-
Резиновые перчатки	1 пара	-
Полотенце и мыло	1 шт.	-
Нашатырный спирт для обнаружения утечек	-	2 флакона
10%-ный раствор тиосульфата натрия	-	1 бутыль (3л.)
Дистиллированная вода	-	1 бутыль (3л.)
Раствор питьевой соды	-	1 бутыль (3л.)
Запас чистых тряпок или ваты в мешках	-	1 кг.
Аптечка	-	1 шт.
Аккумуляторный фонарь	-	1 шт.
Инструкция по технике безопасности	-	1 шт.
Огнетушитель химический ручной	-	2 шт.

#### *7.7. Обеззараживание воды озонированием и другими способами*

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

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

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

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

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

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/см<sup>2</sup> 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.

Метод обеззараживания воды ионами серебра особенно эффективен при необходимости ее длительного хранения, так как бактерицидное действие даже небольших доз серебра сохраняется на протяжении многих месяцев. Внутренние поверхности емкостей, предназначенных для длительного хранения воды, содержащей ионы серебра, рекомендуется покрывать следующими веществами: силикатной эмалью, лаком ХС-74, эмалью ХС-710, высококачественной штукатуркой, серебром или посеребренными металлами.

Емкости из дюралюминия, стали, оцинкованного железа и других металлов, более активных, чем серебро, для длительного хранения питьевой воды, содержащей ионы серебра, непригодны.

**Таблица 7.9 - Ионаторы серебра**

Наименование ионатора	Выход серебра в воду, мг/ч	Количество обрабатываемой воды, м <sup>3</sup> /ч	Завод изготовитель
ЛК-21, ЛК-22	50-900	5	Механический завод Управления водоканализации, Киев
ЛК-25 (переносной)	250	25	Механический завод Управления водоканализации, Киев
ЛК-26, ЛК-27 (дорожный карманный)	4	-	Сумский завод электронных микроскопов
ЛК-28 (стационарный автоматизированный)	10000	До 50	Киевский опытно-экспериментальный завод медицинских приборов
ЛК-30	15000	100	Мелитопольский компрессорный завод

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 пролонгированного действия. В настоящее время для обеззараживания воды применяются установки с погружными и непогружными лампами (табл. 7.10 и 7.11). Продолжительность эксплуатации ламп, гарантируемая заводами, составляет не менее 1500 ч.

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

**Таблица 7.10 - Характеристика ртутно-кварцевых ламп**

Тип	Напряжение, В	Максимальный пусковой ток, А	Характеристика при установившемся режиме	
			напряжение, В	мощность, Вт
РК-2	120	6	120±6	375±13
РК-4	120	5	70±5	220±8
РК-5	220	4,2	120±6	240±11
РК-7	220	14	135±6	1000±40

Примечания: 1. Лампы ПРК-2, ПРК-4 и ПРК-5 могут работать на постоянном переменном токе. 2. Лампа ПРК-7 работает только на переменном токе.

**Таблица 7.11 - Характеристика аргонортутных ламп**

Тип ламп	Напряжение, В		Ток в лампе, А	Мощность ламп, Вт
	в сети	в лампе		
БуВ-15	127	57	0,3	15
БуВ-30	220	110	0,32	30
БуВ-30П	127	46	0,6	30

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

Ультразвуковые волны с малой длиной и частотой более 20 000 Гц активируют 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. Недостатком этого способа обеззараживания является сложность создания достаточно мощных генераторов ультразвуковых колебаний, которые действуют более эффективно на крупные клетки и многоклеточные организмы, чем на бактерии, гибель которых является основной целью обеззараживания.

#### *7.8. Стабилизация, фторирование и обесфторирование воды*

Стабильность состава воды определяется не реже четырех раз в год: зимой, весной, летом и осенью. Дозы реагентов устанавливаются по результатам лабораторного анализа. При отсутствии анализов они определяются по форму-

лам, приведенным в СНиП 2.04.02-84. В качестве реагентов для стабилизации состава воды с целью устранения углекислотой агрессивности применяются едкий натр, сода, известь, мел или мрамор. Расход реагентов на связывание 1 мг углекислоты составляет:

вид реагента	NaOH	CaO	Мел, мрамор	CaCO <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
расход реагента на связывание 1 мг агрессивной CO <sub>2</sub> , мг	0,9	0,45	2,26	1,7

При применении для стабилизации воды извести, мела и мрамора повышается общая жесткость воды. Неточная дозировка едкого натра, извести и соды может привести к резкому повышению pH, что отразится на ходе коагуляции. При введении растворов этих реагентов в смеситель возможно повышение цветности обрабатываемой воды за счет того, что при повышении pH усиливается окраска гуминовых веществ.

Для стабилизации очищенной воды, кроме введения растворов 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 pH 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, не смываемой при промывке фильтров.

В процессе стабилизационной обработки воды необходимо осуществлять контроль за образованием на стенках труб защитной карбонатной пленки. Для этого выделяются контрольные (отключаемые) доступные для осмотра участки трубопроводов.

Дозы для фторирования воды в каждом отдельном случае назначаются органами Госсаннадзора. Обычно требуемое содержание фтора в питьевой воде в условиях умеренного климата составляет 0,9-1,5 мг/л, в условиях жаркого климата 0,6-0,8 мг/л. Применяемые реагенты, места введения и дозы определяются согласно СНиП 2.04.02.-84.

Склад фторсодержащих реагентов и фтораторная должны располагаться рядом в закрытом помещении. Складское помещение может совмещаться с фтораторной; при этом должна быть предусмотрена общеобменная вентиляция. Содержание фтора в воздухе помещения фтораторной не должно превышать  $1 \text{ мг/м}^3$ . Помещения фтораторной и склада следует изолировать от других помещений. Фторсодержащие соединения являются токсичными соединениями, поэтому рабочие должны обеспечиваться специальной 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 разрешаются прием пищи и курение. Нельзя допускать к работе лиц с ожогами, потрескавшейся или раздраженной кожей.

Обесфторирование воды производится при содержании в ней фтора более  $1,5 \text{ мг/л}$ . Удаление фтора из воды осуществляется 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: перед поступлением известкового молока для разрушения защитных коллоидов и для обесцвечивания воды и затем в резервуар чистой воды для ее обеззараживания.

При эксплуатации осветлителей со слоем взвешенного фильтра необходимо учитывать, что хлопья гидроокиси магния легкие, поэтому скорости восходящего потока воды не должны превышать  $0,2-0,3 \text{ мм/с}$ . 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, обесфторирование целесообразно производить на сорбционных фильтрах, в основе которых лежат процессы ионного обмена. В качестве ионообменных веществ применяются

сильно-кислотные катиониты, сильноосновные аниониты, магниезальные сорбенты, фосфат кальция, специально обработанные активированные угли, активированная окись алюминия и др. Перед загрузкой сорбента в фильтры необходимо определять его рабочую обменную емкость по фтору. Сорбционные фильтры могут быть напорными и открытыми.

#### *7.9. Сооружения по удалению из воды железа, марганца и кремния*

При эксплуатации сооружений, применяемых для обезжелезивания воды, необходимо следить: за полнотой процесса удаления из воды  $\text{CO}_2$  и насыщения ее кислородом (при аэрации воды); за высотой слоев насадки, числом их и размерами кусков насадки в контактных и вентиляторных градирнях; за временем пребывания воды в сборных и контактных резервуарах (оптимальное 30-60 мин); за оптимальным значением pH, при котором наиболее интенсивно протекают процессы гидролиза, окисления и холопьеобразования железосодержащих веществ; за состоянием отверстий в дренажных системах фильтров. Чтобы улучшить отмывку верхнего слоя песка в фильтрах от задержанных железистых загрязнений, следует предусмотреть устройство для поверхностной промывки или продувки фильтрующего слоя воздухом.

Один раз в год следует отбирать пробы фильтрующего материала для определения загрязненности. Не реже двух раз в год желательно проверять 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 гидрат окиси железа. Железо, присутствующее в воде в виде органических комплексов и коллоидной гидроокиси, 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 кремниевой кислоты в коллоидные соединения с последующей ее коагуляцией и осаждением взвесей. Обескремнивание осуществляется реагентным и анионитовым способами. В качестве реагентов используются известь, соли железа ( $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{FeCl}_3$  и др.), соли алюминия [ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{NaAlO}_2$ ,  $\text{Mg}(\text{AlO}_2)_2$ ], гидроксид магния, обожженный доломит, каустический магнезит, гранулированная окись магния, магнезиальный сорбент (ВНИИ ВОДГЕО) и др. Процесс образования коллоидов гидроксиды кремния и их коагулирование значительно ускоряются при повышении рН до 8,5-10 и температуры воды до 90-95°C.

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.

## ***ТЕМА 8. Производственный контроль за работой очистных сооружений водопровода и повышение ее эффективности***

### ***8.1. Подготовка воды на сооружениях***

На водоподготовительных станциях любого назначения необходимо предусматривать установку приборов с целью контроля:

- расхода воды, поступающей на станцию; обработанной и чистой, подаваемой в резервуары; поступающей на каждое водоочистное сооружение (отстойники, осветлители со взвешенным слоем, фильтры и КО, катионитовые и анионитовые фильтры и т. п.); поступающей на промывку фильтров; подаваемой в сеть водопотребителей (насосной станцией II подъема); подаваемой на собственные нужды станции (от трубопровода насосной станции II подъема);

- уровня воды в отстойниках, фильтрах, а также в резервуарах чистой воды, промывных баках, реагентных баках;
- потерь напора в фильтрах и отдельных участках трубопроводов;
- давлений на всасывающих и напорных линиях;
- автоматического дозирования вводимых в воду реагентов;
- качества воды, поступающей на станцию, обработанной после сооружений, подаваемой потребителям.

Производственный контроль может быть местным и централизованным. Он должен обеспечивать нормальный ход технологического процесса и своевременно оповещать об изменениях качества исходной и обработанной воды. Контроль осуществляется круглосуточно и разделяется: на гидравлический, предусматривающий наблюдение за уровнем воды в смесителе, камере хлопьеобразования, отстойниках, фильтрах, контактных осветлителях и резервуарах, контроль за расходами воды на станции I и II подъемов; химико-бактериологический и гидробиологический, осуществляемой лабораторией водоподготовительной станции (за проведение анализов отвечает заведующий лабораторией станции); технологический, осуществляемый дежурным по станции под наблюдением главного инженера или начальника станции и включающий контроль за своевременной заготовкой растворов реагентов, их концентрацией и подачей в сооружения станции, а также за работой всех сооружений, включая хлораторные и аммонизаторные.

Перечень химико-бактериологических и гидробиологических анализов, осуществляемых в лаборатории станции, приведен в табл. 8.1. График лабораторно-производственного контроля качества воды устанавливается в зависимости от местных условий.

Контрольные замеры, обходы и наблюдения за работой сооружений осуществляются в определенные сроки, устанавливаемые эксплуатационными инструкциями (см. табл. 6.1). 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 являются снижение расхода ее на собственные нужды и уменьшение количества реагентов, используемых для обработки воды.

Уменьшить расходы воды на собственные нужды можно повторным использованием при осветлении и обесцвечивании воды промывных вод после фильтров (с подачей их после отстаивания на смесители или на повторную промывку фильтров). Вопрос повторного использования промывных вод должен решаться одновременно с утилизацией осадка, образующегося в отстойных резервуарах, отстойниках и осветлителях: промывкой фильтров с использованием воздушной продувки фильтрующей загрузки, что позволяет снизить интенсивность подачи промывной воды и улучшить условия отделения шлама от загрузки; использованием для взрыхления ионитовых фильтров промывных вод; применением для регенерации ионитовых фильтров I ступени в многоступенчатых установках регенерационных растворов после использования их в фильтрах II и III ступеней.

Снижение расхода воды в пределах станции может быть достигнуто: постоянным контролем за состоянием арматуры (ликвидация протечек в сальниках); систематическим наблюдением за бетонными стенками резервуаров, отстойников и фильтров (и немедленным принятием мер при малейшем нарушении целостности стенок); контролем за напорными линиями в пределах станции и ликвидацией возможных утечек в кратчайшие сроки; исключением переливов воды в сооружениях (в открытых смесителях или др.).

Расходы реагентов на станциях можно снизить путем точной дозировки их в полном соответствии с качеством поступающей на очистку воды или использованием прерывистого коагулирования при осветлении и обесцвечивании воды.

В ходе эксплуатации водопроводных очистных сооружений нередко возникает необходимость в повышении производительности станции при сохранении неизменными размеров станций и сооружений. Накопленный опыт позволяет дать рекомендации по повышению эффективности работы отдельных сооружений и устройств.

**Таблица 8.1 – Ориентировочный график лабораторно-производственного контроля качества воды**

Наименование проб воды	Место отбора проб	Периодичность отбора проб	Определяемые показатели	Состав исполнителей
1	2	3	4	5
Исходная вода	Перед смесителем	1 раз в 2 ч	Прозрачность (мутность), цветность, щелочность	Сменный лаборант
		1 раз в смену	Температура, запах, привкус	Сменный лаборант
		1 раз в сутки	Окисляемость, аммиачный азот, нитраты, нитриты, общее железо, рН, хлориды, общее число бактерий, коли-титр.	Старший лаборант
		1 раз в месяц	Окись кальция, общая жесткость, сульфаты, сероводород, свободная и агрессивная углекислота, свинец, фосфаты, йод, фенол, растворенный кислород, окись магния, фтор, кремний, БПК, марганец, калий и натрий, медь, цинк, сухой остаток, взвешенные вещества, мышьяк, ароматические углеводороды, нефтепродукты.	Старший лаборант и частично заведующий лабораторией (при выполнении наиболее сложных анализов).
		1 раз в месяц и чаще (в зависимости от изменения состава воды)	Пробные коагулянты и хлорирование	Сменный и старший лаборанты.
		По особому плану	Радиологический анализ	Сменный и старший лаборанты.
Коагулированная вода	В конце смесителя	Через 1-2 ч при постоянных дозах реагента и через 0,5-1 ч при изменениях доз	Щелочность, рН, остаточный хлор	Сменный лаборант
Осветленная вода	На выходе из осветлителя	2 раза в смену	Прозрачность (мутность), цветность, щелочность	Сменный лаборант
	Общий коллектор осветленной воды	1 раз в смену	Прозрачность (мутность), цветность	Сменный и старший лаборанты.

Продолжение таблицы 7.12

1	2	3	4	5
Осветленная вода	Общий коллектор осветленной воды	1 раз в сутки	Запах, щелочность, рН, коли-титр, общее количество бактерий, остаточный хлор.	Сменный и старший лаборанты
Профильтрованная вода	После каждого фильтра и в общем коллекторе	Через каждые 4 ч и чаще по мере ухудшения качества воды или изменения доз реагентов	Прозрачность (мутность), цветность, остаточный хлор, запах.	Сменный лаборант
		1 раз в смену	Окисляемость, общее число бактерий, коли-титр	Старший лаборант
Очищенная вода	После резервуара чистой воды	Через 1 ч	Остаточный хлор	Сменный лаборант
		Через 2 ч	Прозрачность, цветность, щелочность, запах, привкус	Сменный лаборант
		1 раз в смену	Температура	Сменный лаборант
		1 раз в сутки	Общее железо, рН, окисляемость, общий счет бактерий, коли-титр, хлориды, аммиачный азот, нитраты, нитриты	Старший лаборант
		1 раз в месяц	Окись кальция, сульфаты, свинец, фосфаты, растворенный кислород, окись магния, фтор, кремний, БПК, калий и натрий, медь, цинк, мышьяк, уголекислота, сухой остаток.	Старший лаборант
		По особому плану	Радиологический анализ	старший лаборант

**Примечание:** 1. Пробы на остаточный хлор в смесителе и после фильтров берутся после предварительного хлорирования.

2. Анализ поступающих на станцию реагентов и контроль над приготовлением и дозировкой их растворов включается в ориентировочный график самостоятельным пунктом.

## 8.2. Приготовление растворов и режимы коагуляции

Основными факторами, влияющими на время приготовления растворов коагулянта, являются высокая температура растворителя (табл. 8.2), конструктивное совершенство системы перемешивания растворов и состояние растворяемого вещества (мелкораздробленный порошок или жидкий продукт).

Интенсификация процессов коагулирования может осуществляться двумя путями: внесением в обрабатываемую воду дополнительных реагентов - флокулянтов, окислителей, регуляторов величины рН, новых коагулирующих веществ, а также применением различных вариантов электрохимической коагуляции; осуществлением наиболее рациональных способов введения коагулянтов в воду - прерывистого коагулирования, концентрированного коагулирования и фракционного коагулирования, рециркуляции коагулированной взвеси через зону ввода свежих порций коагулянта и совмещения коагулирования химическими реагентами с физическими методами коагуляции - электрическим и магнитным полями, ультразвуком, вибрацией и т. д.

Прерывистая коагуляция может проводиться как для двухступенчатых, так и для одноступенчатых схем подготовки воды.

**Таблица 8.2 - Растворимость реагентов**

Температура воды, °С	Растворимость реагентов, кг/м <sup>3</sup>								
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·18H <sub>2</sub> O	FeSO <sub>4</sub>	FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	FeCl <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	NaOH	NaCl	Ca(OH) <sub>2</sub>
0	321	608	156	284	744	70	420	357	1,85
10	335	650	205	374	818	125	515	358	1,76
20	364	703	265	485	919	215	1090	360	1,65
40	457	890	402	733	1100	485	1290	366	1,41
60	592	1148	485	902	-	464	1740	373	1,16
80	771	1420	-	-	5250	458	-	384	0,94
100	890	1725	-	-	5370	455	3470	398	0,77

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 коа-

гулянта, 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 доз 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 фильтра 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 град.; для речных вод со значительным содержанием взвешенных веществ и легкоустраняемой цветностью (частично минерального происхождения), что характерно для паводковых вод, границы применения прерывистого коагулирования расширяются до цветности 100 град.; при прерывистом коагулировании имеет место уменьшение грязевой нагрузки на КО, которая может достигать 18-35% по сравнению с режимом обычного коагулирования, а это ведет 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 в Украине 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 положение, что скорость любой реакции прямо пропорциональна концентрации реагирующих веществ. Сущность способа заключается в том, что полная расчетная доза коагу-

лянта (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 ускоряя процесс хлопьеобразования.

После перемешивания обработанной реагентом воды с необработанной процесс протекает в среде 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:  $3/4$  расчетной дозы коагулянта вводится предварительно, а  $1/4$  - через 2-3 мин; к фракционному коагулированию относится и коагулирование воды различными коагулянтами в разных соотношениях.

### *8.3. Повышение эффективности работы сооружений*

***Смесительные устройства.*** Система подачи воды и реагентов в смеситель должна обеспечивать равномерное распределение и смешение воды с реагентами по всей глубине и площади смесителя за расчетное время. Не менее важным обстоятельством при смешивании их является правильный выбор точек ввода реагентов и соблюдение необходимого разрыва между введением отдельных реагентов в разные сезоны года.

***Камеры хлопьеобразования.*** Важным условием нормальной работы камер 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.

***Отстойники и осветлители со слоем взвешенного фильтра.*** Увеличение скоростей движения воды в сооружениях, а, следовательно, повышение производительности последних может быть достигнуто путем ускорения осаждения хлопьев в результате укрупнения и утяжеления их при введении в от-

стойник флокулянтов (ПАА или АКК). Образование в отстойниках плотного осадка способствует увеличению продолжительности работы сооружений без продувки. Эффективность работы отстойников и осветлителей со слоем взвешенного фильтра может быть повышена путем введения в обрабатываемую воду (в смеситель или перед смесителем) вместе с коагулянтом шлама, взятого из отстойников или осветлителей. Дозы шлама зависят от местных условий и могут колебаться в широких пределах (100-500 мг/л). Данный способ обработки воды может быть рекомендован для маломутных цветных вод.

***Скорые фильтры и контактные осветлители (КО).*** 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. 8.3), 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 увеличивается в 1,85-2 раза, а коэффициент формы зерен - в 1,75- 4,2 раза. Все эти данные создают более благоприятные условия для задержания загрязнений в фильтрующей загрузке из дробленого керамзита и позволяют увеличивать производительность фильтров в 1,8-2,3 раза, а длительность фильтроцикла - в 2,5- 3,5 раза.

**Таблица 8.3** - Характеристика новых фильтрующих материалов

<b>Материалы</b>	<b>Плотность, г/см<sup>3</sup></b>	<b>Объемная масса, кг/м<sup>3</sup></b>	<b>Пористость, %</b>	<b>Коэффициент формы зерна</b>
Керамзит дробленный	1,2-1,5	350-500	58-61	1,7-2,5
Керамзит недробленный	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 большими 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, при этом продолжительность фильтроцикла увеличивается.

Скорость фильтрования и продолжительность фильтроцикла 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, что позволяет повысить скорость фильтрования, не допуская увеличения мутности фильтрата.

## ***Контрольные вопросы***

1. Назначение и методика гидравлических испытаний сооружений.
2. Основные принципы организации эксплуатации очистных сооружений.
3. Организация планово-предупредительного осмотра и планово-предупредительного ремонта очистных сооружений.
4. Принципы ведения отчетности работы очистных сооружений.
5. Основные требования при эксплуатации реагентного хозяйства.
6. Правила эксплуатации смесителей.
7. Способы интенсификации процессов хлопьеобразования.
8. Пуск в работу флотационной установки, ее эксплуатация.
9. Основные принципы эксплуатации фильтров.
10. Основные правила эксплуатации установок по обеззараживанию воды хлором.
11. Суть альтернативных методов обеззараживания воды.
12. Характеристика процессов фторирования и обесфторивания воды.
13. Эксплуатация сооружений по удалению из воды железа, марганца, кремния.
14. Способы интенсификации коагуляции, их суть.
15. Способы снижения расхода воды на собственные нужды очистной станции.
16. Основы повышения эффективности работы отстойников и осветлителей со взвешенным осадком.
17. Основы повышения эффективности работы скорых фильтров и контактных осветлителей.

### **СМ 3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД**

#### ***ТЕМА 9. Общие вопросы организации эксплуатации***

##### *9.1. Организация эксплуатации, подготовка обслуживающего персонала*

«Нормативы численности рабочих, занятых на работах по эксплуатации сетей, очистных сооружений и насосных станций водопровода и канализации» и другие нормативные документы устанавливают состав, численность и квалификацию обслуживающего персонала.

До назначения на работу работники обязаны пройти специальную подготовку и обучение на рабочем месте. Обязательна проверка знаний по правилам технической эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения населенных мест, правилам техники безопасности, содержанию производственных и должностных инструкций, правилам технической эксплуатации и безопасности обслуживания электроустановок промышленных предприятий. После первичной проверки знаний производится утверждение в занимаемой должности. Очередные периодические проверки знаний проводят для рабочих ежегодно, для ИТР - 1 раз в 3 года. В случае обнаружения нарушения правил назначаются внеочередные проверки.

Обслуживающий персонал обязан обеспечить постоянное ведение и хранение в комплектном виде технической, эксплуатационной и исполнительной документации, материалов инвентаризации и паспортизации. Подразделения и службы эксплуатации ежемесячно составляют технические отчеты по установленной форме. По материалам месячных отчетов составляются годовые отчеты с анализом показателей работы коммуникаций, сооружений и оборудования, предложениями по совершенствованию работы. На основе годовых планов разрабатываются перспективные планы развития систем водоотведения, улучшения обслуживания населения, повышения технико-экономических показателей.

##### *9.2. Планово-предупредительный и капитальный ремонты*

Система технического обслуживания предусматривает комплекс организационно-технических мероприятий по уходу и надзору за сооружениями и всеми видами ремонтов.

На основе дефектных ведомостей и журналов осмотров и ремонтов оборудования, сооружений и строений составляются планы по срокам и номенклатуре ремонтов согласно «Положению о проведении планово-предупредительного ремонта водопроводно-канализационных сооружений». В табл. 9.1. приведена периодичность осмотров и ремонтов оборудования и приняты следующие сокращения: ТО - техническое обслуживание; ТР - текущий ремонт; КР - капитальный ремонт. Содержание и типовые объемы работ в период проведения ТО, ТР и КР по некоторым видам оборудования также приведены ниже.

**Таблица 9.1 - Периодичность осмотров и ремонта оборудования**

Оборудование (тип, марка, краткая характеристика)	Периодичность ТО и ремонта (числитель), продолжительность простоя (знаменатель), ч			Трудоемкость ТО и ремонта, чел.-ч		
	ТО	ТР	КР	ТО	ТР	КР
1	2	3	4	5	6	7
<b>Воздуходувки</b>						
ТВ-60-1,8	-	720/8	39 560/120	-	6	108
ТВ-80-1,6	24/1	2160/8	8 640/120	1	16	144
ТВ-175-1,6	-	1440/10	34560/196	-	10	248
ТВ-450-1,08	180/4	2160/4	25920/196	6	84	256
<b>Нагнетатели</b>						
50-21-1	-	1440/6	25920/96	-	4	127
200-11-1М (200 м <sup>3</sup> /мин)	-	2160/6	17280/136	-	4	168
360-21-1 (375 м <sup>3</sup> /мин)	-	2160/6	34560/240	-	4	720
360-22-1 (270 м <sup>3</sup> /мин)	-	2160/6	34560/240	-	4	720
<b>Нагнетатели</b>						
360-22-1 (270 м <sup>3</sup> /мин)	-	2160/6	34560/240	-	4	720
450-11-2 (445 м <sup>3</sup> /мин)	-	1440/6	34560/168	-	4	720
700-12-1 (700 м <sup>3</sup> /мин)	-	2160/6	34560/240	-	4	532
<b>Вентиляторы стальные</b>						
ВВД № 8	240/1	1440/16	25920/96	1	12	38
ВВД № 9	360/8	1440/8	25920/96	4	16	80
ВМ 40/750	24/1	720/24	8640/110	1	38	96
ВМ 50/1000	24/1	720/24	8640/110	1	38	96
<b>Центрифуги</b>						
ОГШ-352К	24/1	1440/24	17280/96	1	24	120
ОГШ-500-6Н	720/8	2160/38	17280/110	10	24	120
НОГШ-1000	720/8	2160/38	17280/182	10	48	192
Центрифуга «Гумбольдт»- (диаметр ротора 1000 мм)	720/8	2160/8	17280/134	10	16	144
<b>Вакуум-фильтры</b>						
БОУ5-1,75	10/4	4320/41	25920/114	4	54	127
БОУ-10	720/8	2880/46	25920/138	6	54	164
БОУ-20	-	2160/48	25920/138	-	72	164
БОУ-40	-	1440/96	25920/192	-	84	210

1	2	3	4	5	6	7
<b>Фильтр-прессы</b>						
ФПАКМ-2,5	720/12	2160/132	25920/408	26	135	406
ФПАКМ-10	720/12	2160/156	25920/480	26	154	462
ФПАКМ-25	720/12	2160/192	25920/576	26	182	546
<b>Печи и печные агрегаты</b>						
Печь барабанная вращающаяся (диаметр 1600 мм, длина 18100 мм, частота вращения 1,5 мин <sup>-1</sup> , материал - углеродистая сталь)	-	720/18	8640/192	-	48	960

### **Воздуходувки и газодувки**

Техническое обслуживание заключается в замене масла и промывки картера подшипников качения, ревизии муфт сцепления, проверке состояния подшипников; визуальной проверке фундаментов турбоагрегата и электродвигателя; проверке затяжки фундаментных болтов агрегата и электродвигателя. Для газодувок с редукторами проведение ревизии подшипников редуктора и газодувки, маслосистем, холодильников и маслофильтров с очисткой и промывкой.

Текущий ремонт. Состав работ технического обслуживания. Проверка: состояния редуктора, шестерен и их износа; аксиального и радиального биения рабочих колес; центровки и вибрации газодувки; состояния системы регулирования; износа и крепления деталей ротора; ротора на биение; торцевых и лабиринтных уплотнений, замена изношенных; состояния баббитовой заливки подшипников и регулировка их зазоров или замена подшипников качения; проверка маслососа. Чистка диафрагмы, ротора, рубашки водяного охлаждения и обвязки, крыльчатой и маслосифона. Замер износа шеек ротора и валов редуктора. Центровка агрегата.

Капитальный ремонт. Состав работ текущего ремонта. Статическая и динамическая балансировка ротора. Ревизия рабочих колес, шестерен маслососа, посадочных мест корпуса. Замена при необходимости трубного пучка холодильника, полумуфт, зубчатых пар редуктора.

## *Насосы центробежные*

Техническое обслуживание. Проверка и регулировка осевого разбега ротора. Проверка зазора в подшипниках скольжения, проверка состояния подшипников качения. Перенабивка сальников. Проверка состояния нажимных сальниковых втулок. Осмотр соединительной муфты, набивка смазки. Проверка системы охлаждения и смазки. Проверка крепления насоса и электродвигателя к раме и рамы к фундаменту. Проверка центровки насоса с электродвигателем.

Текущий ремонт. Состав работ технического обслуживания. Шлифовка или замена защитных гильз вала. Ремонт или замена уплотнительных колец рабочих колес и корпуса. Проверка состояния баббитовой заливки подшипников скольжения, регулировка их зазоров, дефектовка подшипников качения. Проверка ротора на биение и его статическая балансировка, проточка и шлифовка уплотнительных колец рабочих колес. Ремонт или замена деталей торцевых уплотнений, разборка, ревизия и при необходимости замена соединительной муфты. Очистка и промывка масляных емкостей подшипников. Шлифовка разгрузочного диска и его шайбы. Осмотр и восстановление резьбовых соединений насоса. Осмотр и восстановление шеек, шпоночных канавок и резьб вала. Ремонт нажимных втулок сальниковых уплотнений, замена маслоотбойных и маслоъемных колец, грундбукс, фонарных колец установочных шпилек, центровочных штифтов. Центровка валов насоса и электродвигателя. Проверка состояния приемного клапана. Обкатка и опробование насоса в работе.

Капитальный ремонт. Состав работ текущего ремонта. Расточка и загильзовка посадочных мест корпуса насоса под диафрагму, уплотнительные кольца, промежуточные опоры, грундбуксы; нарезка ремонтных резьб, восстановление прокорродированных мест, проточка привалочных поверхностей. Расточка и загильзовка посадочных мест корпусов подшипников, нарезка ремонтных резьб, проточка привалочных поверхностей. Осмотр и замена рабочих колес. Статическая и динамическая балансировка ротора. Ремонт фундамента. Обкатка и испытание насоса.

## ***Центрифуги***

Техническое обслуживание. Чистка барабана. Регулировка зазоров. Набивка сальников. Смазка подшипников шнека и замена масла в подшипниках барабана. Проверка крепления болтов, гаек, сопла, центровки валов электродвигателя и редуктора.

Текущий ремонт. Состав работ технического обслуживания. Замена сопла резиновых втулок муфты привода. Проверка состояния режущих кромок ножей и замена изношенных; проверка баббитового слоя подшипников барабана и их шабровка с регулировкой зазоров. Ревизия шнека, гидросистемы, редуктора привода с заменой масла и промывкой картера.

Капитальный ремонт. Состав работ текущего ремонта. Ревизия тормозов барабана с заменой тормозной ленты, редуктора шнека, масляного насоса, регулировочного клапана и его привода, тахометра. Замена при необходимости ножей, манжет гидросистемы, пальцев и втулок муфты привода, подшипников редуктора привода, подшипников барабана с регулировкой зазора. Промывка и продувка трубопроводов масляной системы.

## ***Фильтр-прессы***

Текущий ремонт. Замена сальников, фильтрующих прокладок, кожаных манжет поршня, гидравлического зажима. Осмотр зубчатого зацепления электромеханического зажима. Проверка центровки электродвигателя с редуктором. Замена смазки в редукторе привода.

Капитальный ремонт. Состав работ текущего ремонта. Ревизия и замена плит, рам, задней упорной и нажимной плит, плунжеров I и II ступеней, зубчатой пары, гайки, винта. Замена подшипников качения в редукторе и упорного подшипника электромеханического зажима. Ремонт электромеханического зажима или его замена. Ревизия гидронасоса с заменой изношенных деталей.

## ***Вакуум-фильтры***

Техническое обслуживание. Промывка лубрикаторов и маслопроводов, устранение утечек в маслосистеме. Замена масла в редукторах. Осмотр и при

необходимости замена смотростекол и прокладок под ними. Проверка состояния полумуфт. Замена или добивка сальников.

Текущий ремонт. Состав работ технического обслуживания. Ревизия шнека и рихтовка ножа. Замена вкладыша среднего подшипника шнека. Ревизия редуктора и вариатора, упорных подшипников барабана. Ревизия планшайбы, при необходимости - шабровка. Замена сальников цапф и распределительной головки.

Капитальный ремонт. Состав работ текущего ремонта. Вскрытие крышки фильтра, замена ткани и проволоки. Проверка состояния сеток и пазов барабана, замена сеток. Ремонт шнека и правка ножа. Проточка и шабровка планшайбы и распределительной головки. Шабровка вкладышей подшипников барабана, опиловка и зачистка цапф. Замена гибких шлангов. Опрессовка барабана. Замена колес, шестерен и червяков редуктора и подшипников качения через два капитальных ремонта.

### ***Барабаны сушильные***

Текущий ремонт. Регулировка бандажных колец на барабане. Осмотр вентиляторов и муфт. Замена сальниковой набивки на запорной арматуре и печи сушильного барабана. Очистка и промывка колпачковых масленок. Осмотр подшипников сушильного барабана и редуктора. Замена смазки в редукторе.

Капитальный ремонт. Состав работ текущего ремонта. Восстановление или замена бандажных колец сушильного барабана венцовой шестерни, башмаков, упорных роликов, опорных роликов. Замена подшипников, футеровки и форсунок печи сушильного барабана. Ремонт дутьевого и отсасывающего вентиляторов. Ревизия и замена деталей редуктора, направляющих лопастей, обечаяк барабанов, запорной арматуры, сальникового уплотнения между печью и барабаном. Центровка, выверка и регулировка узлов и механизмов сушильного барабана.

### ***Трубопроводы***

Текущий ремонт. Наружный осмотр. Очистка участков трубопровода от отложений, внутренний осмотр (выборочно). Замер толщины стенок труб, отводов тройников, переходов и т. д. Замена дефектных участков. Испытание на прочность и плотность.

Капитальный ремонт. Состав работ текущего ремонта. Замена трубопровода или большей его части.

### ***Задвижки стальные и чугунные***

Текущий ремонт. Очистка и промывка деталей. Набивка сальников. Прогонка гайки по шпинделю. Испытание на прочность и плотность.

Капитальный ремонт. Состав работ текущего ремонта. Наплавка, проточка, шлифовка, притирка уплотняющих поверхностей, замена колец, клина, плашек шпинделя. Замер толщины стенки корпуса, крышки при обнаружении коррозии и эрозии.

### ***Задвижки приводов***

Текущий ремонт. Смена тяг, штока привода. Наплавка кулачков. Замена подшипников привода, набивка сальников. Испытание на прочность и плотность.

Капитальный ремонт. Состав работ текущего ремонта. Наплавка и проточка клина, колец. Замена толщины стенки корпуса при обнаружении коррозии.

### ***Вентили***

Текущий ремонт. Очистка деталей. Притирка золотника. Набивка сальника. Испытание на прочность и плотность.

Капитальный ремонт. Состав работ текущего ремонта. Наплавка и расточка уплотнительной поверхности. Расширение гнезда вентиля. Притирка золотника по гнезду. Замена гнезда шпинделя. Наплавка и расточка направляющей крышки корпуса для штока. Замер толщины стенки корпуса при обнаружении износа.

## **ТЕМА 10. Очистные сооружения городской канализации**

### *10.1. Условия работы очистных сооружений городской канализации*

Эффективность очистки сточных вод городской канализации определяется условиями спуска загрязненных вод в водоемы. Городское канализационное хозяйство выступает в качестве основной организации, принимающей на отведение и очистку сточные воды предприятий промышленности и несущей всю полноту ответственности за сброс очищенной воды в водоемы. Такой принцип устанавливают «Правила приема производственных сточных вод в системы канализации населенных пунктов». Изложенные в «Правилах» положения относятся главным образом к полной раздельной системе канализования объекта, поскольку в них не установлены принципы расчета допустимых сбросов загрязнений в дождевых водах, не установлена степень загрязненности вредными компонентами части, перехватываемой городской канализационной сетью дождевых вод и той части, которая направляется в водоем, отсутствуют данные по расчету степени очистки дождевых вод в сооружениях по накоплению и очистке стоков.

При полной раздельной системе канализования поверхностный сток с территории промышленных площадок не допускается сбрасывать в городские сети. Этот поток должен отводиться в водоем самостоятельной сетью и очищаться до установленных нормативов. В случае значительной загрязненности, серьезно влияющей на условия сброса сточных вод всех видов в данный водоем, к поверхностному стоку предъявляют такие же требования, как и к производственным сточным водам.

Допустимая концентрация вредных примесей устанавливается в следующей последовательности. По условиям сброса сточных вод в водоемы определяется кратность разбавления очищенных стоков в водном объекте  $n$ . Затем определяется допустимая концентрация вредного компонента в очищенной воде:

$$C_{оч} = n - 1(C_{ПДК} - C_p) + C_{ПДК}. \quad (10.1)$$

В этом выражении  $C_{ПДК}$  и  $C_p$  - предельно допустимая и фактическая концентрация вредного компонента в речной воде. Не следует упускать из виду,

что величина  $C_{ПДК}$  может быть уменьшена согласно правилу наложения воздействия ряда компонентов с одинаковым лимитирующим признаком вредности.

Если вредные компоненты имеют одинаковый признак вредности, то вступает в силу правило:

$$\frac{C_1}{C_1^{ПДК}} + \frac{C_2}{C_1^{ПДК}} + \frac{C_n}{C_n^{ПДК}} \leq 1. \quad (10.2)$$

Можно назначать значения допустимых концентраций вредных веществ  $C_1, C_2, \dots, C_n$  исходя из возможностей предприятий по снижению количества сбрасываемых загрязнений либо пропорционально их числу  $m$  уменьшать предельно допустимые концентрации:

$$C_i = \frac{1}{m} C_i^{ПДК}. \quad (10.3)$$

Более логично распределять между предприятиями предельно допустимые сбросы количества загрязнений, учитывая мощности предприятий, уровень совершенства технологического процесса и водного хозяйства и руководствуясь необходимостью выполнения приведенного выше условия.

Затем устанавливается допустимая концентрация тех же компонентов в поступающих на очистную станцию сточных водах с учетом эффекта очистки их совместно с бытовыми сточными водами:

$$C_n = \frac{C_{оч}}{(1 - \varepsilon)}. \quad (10.4)$$

Эффект очистки  $\varepsilon$  (в долях единицы) приведен в приложениях «Правил». Полученное значение  $C_n$  относится к взболтанной пробе сточных вод, содержащей данное вещество в растворенной и нерастворенной формах.

Величина  $C_n$  не должна превышать допустимые значения тех же веществ для биологической очистки сточных вод. Ниже приводится выписка из перечня допустимых концентраций для наиболее часто встречающихся загрязнений. В табл. 10.1 представлена допустимая концентрация элементов для биологической очистки.

**Таблица 10.1** - Допустимая концентрация элементов для биологической очистки

Соединение	Допустимая концентрация для биологической очистки, мг/л
Алюминий	0,75
Ацетон	40
Бензол	100
Ванадий	25
Висмут	15
Железо	5
Жиры растительные и животные	50
Кадмий	0,1
Кобальт	1
Красители сернистые и синтетические	25
Марганец	30
Медь	0,5
Метанол	30
Нефть и нефтепродукты	25
Никель	0,5
Ртуть	0,005
Свинец	0,1
Сероводород	1
СПАВ:	
- анионные*	20
-неионогенные*	50
Титан	0,1
Толуол	15
Фенол	15
Хром трехвалентный	2,5
Хром шести валентный	0,1
Цианиды	1,5
Цинк	1

\*При распаде их в процессе очистки не менее чем на 80 %

С учетом разбавления промышленных сточных вод городскими стоками вычисляется допустимая концентрация  $C$  производственных сточных вод:

$$C = \frac{Q}{q}(C_n - C_6) + C_6, \quad (10.5)$$

где  $Q$  и  $q$  - суточные расходы городских и производственных сточных вод, м<sup>3</sup>/сут;

$C_6$  - содержание тех же загрязнений в бытовых сточных водах, мг/л.

Количество загрязнений в бытовых стоках определяется экспериментально либо по таблице возможных концентраций (табл. 10.2), а при отсутствии какого-либо вещества его концентрация  $C_6$  приравнивается нулю.

**Таблица 10.2** - Возможные концентрации загрязнений в бытовых сточных водах

Загрязнения	Возможная концентрация в бытовых сточных водах, мг/л
Алюминий	0,5
Азот аммонийный	18-20
Железо	1-2
Жиры	30-50
Медь	0,01-0,03
СПАВ (анионные)	5-8
Сульфаты	80-100
Хлориды	40-60
Цинк	0,02-0,3

В тех случаях, когда осадок сточных вод используется в качестве удобрения, значение  $C$  снижается на величину  $K$  в соответствии с расчетной концентрацией данного вещества в осадке. Величина  $K$  приводится в приложениях к «Правилам».

Таким образом, допустимый сброс загрязнений от предприятия определится как произведение среднечасового расхода  $q$  на концентрацию  $C$ , г/ч:

$$G_{\text{дон}} = qC. \quad (10.6)$$

В пределах  $G_{\text{дон}}$  возможно изменять  $q$  и  $C$  при введении оборотного водоснабжения на предприятии либо совершенствовании технологического процесса.

Общие требования к составу смеси сточных вод, поступающей на очистку, вытекают из условий сброса производственных стоков, количество которых может максимально достигать 50-60% от общего расхода. В этом случае температура смеси не превысит в летнее время  $30^{\circ}\text{C}$  (допускаемая для производственных вод температура  $40^{\circ}\text{C}$ ), рН не выйдет за пределы 6,5-8,5 (для промстоков 6,5-9), ХПК не превысит БПК более, чем в 1,4 раза (для промстоков не более чем в 1,5 раза). Обычным для эксплуатации сооружений биологической очистки является соотношение БПК: азот: фосфор как 100:5:1, причем БПК исчисляется в осветленной пробе.

По соотношению биогенных элементов в бытовых стоках разбавление в 2 раза производственными водами, даже лишенными азота и фосфора, позволяет успешно вести процесс биологической очистки.

Обеспечение нормальных условий эксплуатации очистных станций в первую очередь зависит от соблюдения технологического режима на промышленных предприятиях. В связи с этим на передний план выдвигаются четкий учет расходования, сброса, утилизации и ликвидации материалов и реагентов на производстве, что отражено в паспорте водного хозяйства.

#### *10.2. Организация химико-технологического контроля за работой очистной станции*

Химико-технологический контроль тесно увязан с автоматизацией работы очистных станций и оснащенностью контрольно измерительной аппаратурой, постоянно изменяется и совершенствуется.

Руководствуясь унифицированными методами анализа сточных вод, возможно, составить примерный обязательный (для составления водно-массовых балансов) перечень показателей состава исходных, частично или полностью очищенных сточных вод.

Показатели физических и органолептических свойств сточных вод: температура; мутность; окраска по разбавлению; запах.

Показатели санитарно-химической оценки состава сточных вод: рН воды; общее содержание примесей, в том числе минеральных; концентрация взвешенных веществ, в том числе минеральных; сухой остаток (содержание примесей в фильтрованной пробе), в том числе минерального характера; ХПК бихроматное; БПК полное; соединения азота (общего, аммонийного, азота нитритов и нитратов); соединения фосфора (общего, минерального).

Показатели бактериологического загрязнения сточных вод: общее содержание сапрофитных бактерий; коли-титр.

Специфические показатели загрязнений: жиры; нефть и нефтепродукты; соли тяжелых металлов и др.

В сгущенных продуктах и осадках обычно определяются влажность и зольность суспензии, специфические показатели состава, оценочные свойства технологического характера ( $\xi$  - потенциал дисперсной системы, формы связи воды и т. п.).

Точная оценка количества загрязнений позволяет составить водно-массовый баланс очистной станции и аргументированно маневрировать производственными мощностями. Баланс загрязнений может быть составлен при условии выражения концентрации загрязнений через ХПК взболтанных, отстаиваемых и фильтрованных проб. Целесообразно вести оперативный контроль по ХПК, определяя БПК по соотношению этих величин в сточных водах.

Рекомендуется обрабатывать материалы измерений в виде уравнения

$$\frac{L_t}{X_t} = \frac{L_0}{X_0} \cdot \left( \frac{X_t}{X} \right)^n = \frac{L_0}{X_0} \cdot (1 - \varepsilon_{\text{ХПК}})^n, \quad (10.7)$$

где  $L_t$  и  $L_0$  - БПК очищенной воды и исходных (осветленных) стоков, мг/л;  $X_t$  и  $X_0$  - ХПК тех же сточных вод, мг/л;

$\varepsilon_{\text{ХПК}}$  - эффект снижения ХПК в долях единицы;

$n$  - эмпирический показатель степени, символизирующий соотношение констант скорости биологической очистки, выражаемых в единицах БПК и ХПК.

Для нескольких очистных станций городских канализаций отношение  $L_0/X_0$  может приближаться к 0,70, а величина  $n \approx 0,8$ . В этом случае соотношение между БПК и ХПК биологически очищенной воды будет следующим:

$X_t$ мг/л	60	70	80	100	120
$L_t$ мг/л	11	15,9	20	30	50

Построив кривую корреляции БПК и ХПК (в условиях отсутствия повышенного выноса взвешенных веществ), относительно легко вести оперативный контроль по ХПК, что гарантирует получение результатов анализов в день измерения. В условиях выноса взвешенных веществ ведут определение ХПК во взболтанных и осветленных (либо фильтрованных) пробах, оценивая качество очистки по остаточной растворенной части загрязнений. Определение ХПК возвратных потоков (фильтратов, фугатов, иловой воды) дает возможность оперативно оценивать качество обезвоживания осадка и дополнительные нагрузки на очистную станцию. Контроль такого типа значительно облегчится при массовом выпуске ХПК-метров.

Существенное значение имеет правильная организация отбора проб. Автоматические пробоотборники упрощают эту операцию. При ручном отборе следует учитывать такие моменты: объем разовых проб должен быть пропорционален расходу сточных вод, что должно быть отражено в инструкции либо на кривой соотношения наполнения лотка (трубы) в месте отбора и объема разовой пробы. Частота отбора должна соответствовать характеру изменений притока воды на очистную станцию. Отдельные залповые поступления загрязнений не должны «проскакивать» между двумя пробоотборами.

Обеззараживание сточных вод предусматривается жидким хлором или гипохлоритом натрия, получаемым на месте в электролизерах.

Расчетную дозу активного хлора на  $1 \text{ м}^3$  сточных вод следует принимать (г): после механической очистки - 10, после полной биологической очистки в искусственно созданных условиях - 3, после неполной биологической очистки в искусственно созданных условиях - 5.

Принятую дозу активного хлора необходимо уточнять в процессе эксплуатации, исходя из того, что количество остаточного хлора в обеззараженной воде после контакта должно составлять не менее  $1,5 \text{ г}$  на  $1 \text{ м}^3$  сточных вод.

Хлорное хозяйство очистных сооружений должно обеспечивать возможность увеличения расчетной дозы хлора в 1,5 раза.

## ***ТЕМА 11. Эксплуатация сооружений механической очистки сточных вод***

### *11.1. Решетки*

Эффективность работы решеток оценивается по частоте отказов, происшедших вследствие закупорок рабочих зазоров и трубопроводов отбросами. Особенно ощутимо влияние отбросов при обезвоживании осадка на центрифугах, сепараторах, очистке сточных вод в тонкослойных отстойниках.

Основной рабочий параметр - скорость движения воды в прозорах решетки в пределах  $0,8- 1,0 \text{ м/с}$  - обусловлен разными причинами. Верхний предел предопределен продавливанием и проскоком отбросов через решетку и носит технологический характер. Нарушение его непосредственно увеличивает число

отказов. Нижний предел скорости связан с возможным накоплением песка и тяжелых минеральных примесей в канале перед решеткой, который работает в условиях пониженной скорости по сравнению с самоочищающей скоростью движения сточных вод. С технологической точки зрения небольшие скорости подвода отбросов к решетке благоприятствуют их задержанию.

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

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

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

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

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

Решетки-дробилки проверяются и осматриваются в часы минимального притока воды при выключенном приводе. Все виды профилактических работ на решетках-дробилках проводят при соответствующем обеспечении техники безопасности.

### *11.2. Песколовки*

Песок в сточных водах может находиться в свободном состоянии и в механически связанном виде, когда он является составной частью агрегата, состоящего из смеси твердых органических примесей и песка. Агрегатно не связанный песок задерживается в песколовках, рассчитанных на осаждение чистого песка под действием сил гравитации. Механически связанный песок осаждается вместе с окружающей его массой агрегата и вследствие этого имеет более низкую гидравлическую крупность. Для выделения связанного песка необходимо разрушение агрегата. Соотношение между массой свободного и связанного песка может быть определено путем отстаивания неосветленной пробы сточных вод в покое: свободный песок осаждается относительно быстро ( $t = h/u_0$ , т.е. за 27 с, при высоте цилиндра 500 мм и гидравлической крупности частиц 18,7 мм/с), в то время как связанный песок отделится за относительно больший промежуток времени. Отмывка чистой водой проб осадка, отобранного из цилиндра (емкости) через 30 с и через 5, 10, 15, 30 мин, может дать примерную картину вида связи песка с твердыми примесями.

Песколовки, рассчитанные на задержание связанного песка, имеют большую длину (в зарубежной практике до 60-90 м) либо включают в технологический процесс узел отмывки песка. Разрушение агрегатов обычно производится путем аэрации (аэрируемые песколовки) либо возмущением потока жидкости. Перемешивание сточных вод мешалками, насосами, в том числе водоструйными,

обеспечивает отмывку песка. Такой же результат может дать гидромеханическое возмущение потока в ершовых смесителях, распределительных чашах, в зазорах полупогруженных щитов и других запорно-регулирующих устройствах. Длительность воздействия возмущения, по аналогии с аэрируемыми песколовками, должна составлять 90-150 с; эта величина может быть определена экспериментально на стенде с заранее установленным градиентом скорости. Достаточно просто выразить результаты в виде числа Кемпа.

На полноту изъятия песка, помимо естественных свойств частиц и агрегатов, существенное влияние оказывает структура потоков жидкости в песколовках. Несовершенство гидравлического режима проявляется в резкой неравномерности распределения скорости движения воды в живом сечении песколовки, наличии транзитных потоков и образовании малоподвижных зон. Оценка гидравлического совершенства сооружения производится методом трассирования с последующим выражением результатов в виде коэффициента объемного использования либо другого показателя, образуемого на основе математической обработки кривой отклика.

Результаты трассирования сооружения связывают с элементами распределительных систем и геометрическими размерами песколовки либо с гидравлической крупностью песка в тех случаях, когда существенно изменяется скорость движения воды.

Среднесуточные, среднесменные и разовые пробы не гарантируют получение достоверного результата. Достаточно надежные результаты могут дать постоянные анализы осадка первичных отстойников на содержание песка. Анализы целесообразно проводить путем отмывки песка в сосудах с перемешиванием и медленной промывкой осадка чистой водой. Задержанная проба песка взвешивается после сушки, и одновременно проводится определение гидравлической крупности основной (по весу) массы. Микроскопированием определяется средний диаметр (в случае окатанной формы) частиц песка.

Простое определение эффекта задержания песка по содержанию его до и после песколовки без определения гидравлической крупности частиц, распре-

ления его в свободном и связанном виде не раскрывает причин неудовлетворительной работы сооружений.

***Горизонтальные песколовки с прямолинейным и круговым движением воды.*** В песколовках данного типа отсутствует отмывка связанных форм песка, в связи, с чем контроль должен производиться только по несвязанной части. Основным фактором является гидравлический режим работы песколовки, обусловленный степенью совершенства распределительных устройств, движением жидкости в основной части сооружения и условиями регулирования расхода воды на выходе из песколовки.

Для песколовки с прямолинейным движением воды, необходимо обеспечить быстрое и равномерное распределение потока по живому сечению. При неблагоприятных условиях (резкий переход от лотка к песколовке), когда соотношение площадей сечения входных отверстий ( $b_n, h_n$ ) и живого сечения песколовки ( $B_n, H_n$ ) составляют 3 и более, прибегают к применению дополнительных устройств в виде поворотных свободно опущенных стержней, щита-отражателя на входе в песколовку и т. п. приемов, не приводящих к засорению устройств отбросами. Движение жидкости на основном участке должно быть равномерным, следует избегать отеснения потока к одной из стен песколовки и образования водоворотных зон. Для регулирования скорости движения воды в песколовках рекомендуется устраивать водосливы с широким порогом. Интенсификация работы таких песколовки достигается путем организации отмывки песка в подводящих лотках аэрацией сточных вод при одновременном повышении уровня воды (при возможности) либо интенсивным перемешиванием.

В песколовках с круговым движением воды гашение энергии потока происходит при резких поворотах потока, более сложной проблемой остается проток части жидкости через песковый приямок и выпадение в нем органических примесей.

Распределение потоков воды и определение продолжительности протока выявляется при трассировании сооружения. Проверка параметров работы пес-

коловок заключается в измерении расхода воды на каждое отделение и скорости движения воды гидрометрическими вертушками, определении высоты наполнения лотков и рабочих отделений, оценке гидравлической крупности песка до и после песколовки.

Удаление песка из песковых приемков гидроэлеваторами затруднено при засорении отверстий элеваторов либо при недостаточных величинах напоров и расходов воды.

Гидромеханическое удаление песка из горизонтальных песколовок требует проверки равномерности выхода жидкости из отверстий распределительной системы и достаточной для псевдооживления слоя песка скорости восходящего потока воды (0,0065 м/с). Наладку этой системы целесообразно проводить на чистой воде и отмытой порции песка с песковых площадок (либо привозного песка). Возможность выноса песка при гидромеханическом удалении проверяют непрерывным отбором проб на выходе из песколовки. Следует обратить внимание персонала на то, что более целесообразно удалять песок при низких скоростях движения воды и малом наполнении лотков.

***Аэрируемые песколовки.*** В аэрируемых песколовках должно быть достигнуто соответствие времени отмывки песка и времени осаждения песчинок при требуемом гидравлическом режиме. Время отмывки устанавливают в аэрируемых цилиндрах, в которых при изменении интенсивности и продолжительности аэрации определяют оптимальное значение числа Кемпа.

По критерию Кемпа проверяют соответствие проектных параметров и действительно требуемых. Гидравлический режим проверяют по скорости движения воды на нисходящем к песковому приемку участке наклонного днища. Скорость движения воды у дна вблизи приемка не должна превышать 0,2 м/с; эпюра распределения скорости по высоте в этом створе должна приближаться к треугольной, без резких отклонений и возмущений. Вынос песка может быть обусловлен неравномерностью аэрации по длине песколовки и усилением продольного турбулентного переноса масс воды. Неравномерность аэрации ликвидируется регулировкой расхода воздуха по стоякам (путем установки диафрагм

из резины внутри фланцевых соединений), а продольный перенос резко снижается путем устройства полупогруженных поперечных перегородок (секционирование с целью приближения к вытеснительному режиму).

Интенсификация работы аэрируемых песколовков должна производиться по лимитирующему фактору по отмывке песка либо по созданию оптимальных условий осаждения песчинок. При несовместимости этих условий переходят к зонному распределению воздуха - большей интенсивности дутья на первых участках секционированной песколовки и меньшей либо снижающейся интенсивности аэрации до минимально допустимой скорости движения воды у дна (0,15 м/с) на остальных участках песколовки.

Благодаря отмывке песка зольность его в аэрируемых песколовках выше, неаэрируемых (90 по сравнению с 60 %). Кроме того, в аэрируемых песколовках возможно задержание песка крупностью 0,15 мм (гидравлическая крупность 13,2 мм/с).

Естественно, что удаление песка данной фракции требует соблюдения оптимальных условий отмывки и осаждения наиболее мелких частиц.

***Тангенциальные песколовки.*** Их работа целиком зависит от совершенства гидравлического режима. Резкие колебания расхода сточных вод вредно влияют на скорость вращательного движения воды и продолжительность отстаивания жидкости. Задача эксплуатационной службы заключается в создании оптимальных параметров - градиента скорости, центробежных сил и продолжительности осаждения, взаимосвязь между которыми не раскрыта в математической форме.

В пусковой период особое внимание должно быть уделено качественному исполнению узлов по вводу и сбору сточных вод. При вводе сточных вод должны быть исключены резкие возмущения потока вследствие неровностей стен и сопряжений. Желательна установка поворотной перегородки на входе в песколовку, сохраняющей постоянство скорости входа жидкости. Регулировка сборного устройства заключается в организации равномерного сбора жидкости по всему периметру вихревой воронки, соблюдении соосности отводящей трубы и центра водоворотной области (смещение возникает вследствие строительных дефектов).

### 11.3. Первичные отстойники

Соответствие параметров осветления сточных вод в первичных отстойниках проектному технологическому режиму зависит от свойств взвешенных веществ, в том числе промышленного происхождения, структуры потоков жидкости в отстойных сооружениях режима выгрузки осадка и ряда других, менее значительных факторов. В условиях производства эффект осветления может не совпадать с проектным значением, в связи с чем важно определить и устранить причину неблагоприятных воздействий.

Свойства взвешенных веществ устанавливаются путем определения кинетики их осаждения в покое в цилиндрах (сосудах) диаметром не менее 120 мм и высотой столба жидкости не менее 500 мм. Способность взвешенных веществ к агломерации определяется соотношением времени отстаивания для достижения одинакового эффекта осветления в пробах, отобранных из пробоотборников, установленных на разных глубинах. Показатель степени агломерации частиц определяется из выражения

$$n = \frac{\lg \frac{t_1}{t_2}}{\lg \frac{h_1}{h_2}} \quad (11.1)$$

В зависимости от характера сточных вод величина  $n$  колеблется для городских стоков от 0,1 до 0,4; фактическое значение этого параметра будет оказывать влияние на работу отстойника.

Еще большее влияние окажет несовпадение величины  $t_p$  - времени осветления сточных вод в покое для достижения заданного эффекта осветления - с фактически требуемым  $t_{\phi}$ , определяемым по кривым осаждения взвеси в сточных водах с расчетной концентрацией взвеси. Продолжительность отстаивания  $t_p$  входит в формулу для расчета гидравлической крупности частиц в покоящейся жидкости:

$$u_n = \frac{h_1}{\left[ t \left( \frac{h_2}{h_1} \right)^n \right]} h_1 \quad (11.2)$$

Нетрудно заметить, что несовпадение величин  $t_p$  и  $t_f$  прямо влечет за собой изменение и  $u$  фактически достигаемого эффекта осветления.

В зависимости от типа и конструкции отстойника в расчетах принята усредненная величина коэффициента гидравлического совершенства отстойника  $K$ . Реальное значение его может не совпадать с расчетным, в связи с чем проводится трассирование сооружения. В качестве трассера (индикатора) выбирают вещество, не обладающее значительной молекулярной диффузией (как, например, флуоресцин). Трассирование проводят при постоянном (максимальном) расходе сточных вод. По кривой отклика определяют значение как отношение

$$K_\phi = \frac{\tau_{\max}}{\tau_{cp}}. \quad (11.3)$$

Следует избегать распространенных ошибок, когда площадь кривой отклика ( $\sum q_i C_i$ ) не равна количеству введенного трассера. Ввиду размытости (нечеткости) максимума на кривой отклика рекомендуется выражать результаты трассирования в виде математической формулы (например, формулы цепи аппаратов идеального перемешивания либо другой модели) и определять  $\tau_{\max}$  аналитически.

В условиях движущейся жидкости гидравлическая крупность определяется с учетом коэффициента объемного использования (мм/с):

$$u_D = \frac{1000KH}{\left[ t \left( \frac{KH}{h} \right)^n \right]}. \quad (11.4)$$

Фактически допустимую (по проектным данным) гидравлическую крупность (мм/с) можно определить в отстойниках:

горизонтальных

$$u_\phi = \frac{H\nu}{K_\phi L}, \quad (11.5)$$

радиальных и вертикальных

$$u_\phi = \frac{4Q}{\left[ 3.6\pi K_\phi (D^2 - d^2) \right]}. \quad (11.6)$$

Подставив в формулу (11.3)  $u_{\phi}$ , можем определить  $t$  (с):

$$t = \frac{1000 K_{\phi} H}{\left[ u_{\phi} \left( \frac{K_{\phi} H}{h} \right)^n \right]} \quad (11.7)$$

**Горизонтальные отстойники.** Коэффициент  $K$  зависит от горизонтальности переливных лотков, равномерности впуска и сбора сточных вод. Существенное влияние на него оказывает распределение жидкости по вертикальной плоскости, не регулируемое ввиду жесткого закрепления полупогруженной доски и переливных кромок лотков. Оценку вертикального распределения производят трассированием потока раствором поваренной соли и одновременным замером электропроводности воды в нескольких створах системой датчиков либо переносной рамой с закрепленными на ней датчиками. По результатам замеров рекомендуют изменение погружения доски при излишнем отклонении потока от центра проточной части. Возможна установка стержней из труб сразу за полупогруженной доской, причем следует предусматривать возможность выемки стержней из потока воды для очистки от налипающих отбросов. При излишне высокой гидравлической нагрузке на ребро водосливов устраивают дополнительные распределительные лотки за полупогруженной доской, поток из которых направляют в сторону доски. Снижение гидравлической нагрузки, в том числе и на сборных лотках, положительно влияет на структуру потоков воды в отстойниках.

Способ и режим выгрузки осадка может повлиять на эффективность осветления. Излишне долгое хранение осадка приводит к его загниванию, насыщению газами и всплыванию на поверхность воды. Характерным признаком брожения является интенсивное всплывание пузырьков газа; более точные показатели определяют измерением рН осадка,  $\xi$ -потенциала, количества летучих жирных кислот. Эти определения более подробно рассматриваются в разделе обезвреживания осадка анаэробным методом.

В случае интенсивного брожения, в особенности в летнее время, переходят на более частый выпуск осадка. Влажность выпускаемого осадка предохра-

делена его расходом: при большом расходе образуется воронка над выпускным отверстием и происходит подсос воды. Порционный выпуск снижает количество захватываемой воды, вследствие чего откачка осадка плунжерными насосами обеспечивает его влажность на уровне 93-94%, в то время как использование центробежных насосов или выпуск осадка под гидростатическим напором повышает влажность до 95-96%. В этой связи следует обратить внимание эксплуатационного персонала на возможность удаления разбавленного осадка влажностью 99,5-99,6% (концентрация 4-5 г/л) на осадкоуплотнители для совместного уплотнения с избыточным активным илом. Такая мера резко повышает аэробность среды, в особенности при наличии нитритов и нитратов в очищенной воде.

Загнивание и вынос частиц осадка главным образом заметны в случае некачественного изготовления и монтажа скребковых устройств. В пусконаладочный период следует произвести подбетонку пазух, углов и других мест заживания осадка.

Осадок в приямок может сгребаться при помощи скребков на тележках. Регулировка скребка по индивидуальным поверхностям днища отдельных секций отстойников более затруднительна и требует тщательной подгонки в пусконаладочный период.

***Радиальные отстойники.*** Совершенствование системы распределения воды осуществляется путем опускания или подъема нижней кромки полупогруженного кольцевого щита, но эта мера связана с большими трудностями, поскольку наращивание или уменьшение высоты щита требует больших усилий и затрат. Система сбора воды может быть усовершенствована с меньшими затратами средств и труда путем устройства дополнительных отверстий в днище и стенках лотков, установки дополнительных радиальных ответвлений лотков и т. п.

Сбор и удаление осадка в радиальных отстойниках не вызывает особых затруднений при достаточно качественном изготовлении и монтаже скребковых устройств. Устройство для сгребания осадка включают за 1 - 1,5 ч до выгрузки

осадка. Выключение их из работы производят перед началом либо по окончании выгрузки.

При удалении осадка центробежными насосами либо под гидростатическим напором влажность осадка колеблется на уровне 95-96%; использование плунжерных насосов снижает влажность до 93 - 94%. С увеличением высоты слоя накапливаемого осадка возможно некоторое снижение влажности, но этому обычно препятствует его загнивание. С этой точки зрения целесообразно накапливать осадок перед выгрузкой в центральной приемке, уплотнять его некоторое время и затем выгружать.

***Вертикальные отстойники.*** Распределительное устройство обычных вертикальных отстойников с центральной трубой и отражательным щитом недостаточно гидродинамически совершенно. Струя жидкости, выходящая из зазора между центральной трубой и отражательным щитом, создает препятствие для осаждения взвешенных веществ из отстойной зоны.

Транзитная струя, поднимающаяся вдоль стенок отстойника к сборным лоткам, выносит значительное количество взвешенных веществ, не успевших осесть. Ликвидация отрицательного влияния этого фактора является основной задачей совершенствования конструкции вертикальных отстойников. Вертикальные отстойники с разветвленной распределительной системой - отстойники с нисходяще-восходящим потоком и центральной либо периферической системой подачи воды лишены этого недостатка, благодаря чему повышаются эффект осветления и коэффициент использования объема сооружения. Следует заметить, что чрезмерно высокие значения коэффициента использования объема (более 0,6), приводимые в литературе, трудно считать достоверными, поскольку в упомянутых конструкциях не достигаются более благоприятные условия, нежели в горизонтальных и радиальных отстойниках.

Ухудшение работы обычных отстойников связано с перекосом и плохой центровкой трубы и отражательного щита, неравномерным распределением воды в зазоре между трубой и щитом, неравномерностью сбора воды. Все эти недостатки обнаруживаются при трассировании отстойников путем отбора проб

по периферии отстойника на разных уровнях. Несовершенство работы сборных устройств легче всего проявляется при минимальных расходах сточных вод.

**Тонкослойные отстойники.** Тонкослойные блоки и модули чаще применяют в качестве средства интенсификации работы обычных отстойников, устанавливая их перед сборными лотками. Тонкослойные модули следует защищать от забивания плавающими отбросами, предусматривая возможность их выемки и очистки.

Положительный результат будет получен только в случае тщательного распределения потоков воды до и после модулей. Отсутствие систем распределения воды приводит к появлению застойных зон и транзитных струй, вследствие чего резко снижается эффективность осветления воды. При установке модулей в существующих отстойниках следует обратить внимание на правильное расположение водосборных устройств: отдельные элементы модулей не должны слишком близко располагаться к сборным лоткам; после модуля должна оставаться камера достаточно больших размеров для формирования потока, выходящего из отстойных элементов. Режим работы модулей - противоточный, что позволяет возвращать осадок в зону действия скребков. Иногда применяют вертикальную установку модулей, и они превращаются в ламинизирующие элементы (известно, что для тонкослойных модулей число Рейнольдса  $Re$  должно быть менее 500). В этом случае система сбора осветленной воды оказывает решающее влияние на эффективность работы отстойника.

Ожидаемую эффективность осветления отстойников со встроенными тонкослойными блоками можно определить с помощью формулы (11.7) и кинетики осветления воды. Величина  $t$  будет состоять из суммы  $t_1$  и  $t_2$ , рассчитанных отдельно для обычного отстойника ( $t_1$ ), и тонкослойного модуля ( $t_2$ ), причем значение показателя  $n$  снижается до 0,1 - 0,2 для тонкослойных элементов. Если поставлена задача повышения производительности отстойника, то по формулам СНиП определяют значение  $u_{\phi}$  и далее по (11.7) находят возможный эффект очистки.

## **ТЕМА 12. Эксплуатация сооружения биологической очистки**

### *12.1. Сооружения биологической очистки в естественных условиях*

**Поля фильтрации.** Поля фильтрации устраивают на грунтах с хорошими фильтрационными свойствами. Нарушение процесса биологической регенерации почвенных структур немедленно приводит к их кольматации и заболачиванию. Фильтрация сточных вод способствует интенсивному развитию микроорганизмов почвенного биоценоза, ослизнению и закупорке порового пространства, ухудшению аэрации, развитию плесневых грибов и других кислотообразующих культур. Взвешенные вещества задерживаются в поровом пространстве и становятся существенным фактором прироста биомассы. Задача службы эксплуатации заключается в создании режима подготовки и напуска сточных вод, исключающего кольматацию почвы.

Агротехнические мероприятия - обработка почвы, выращивание растений и т. п. – необходимы для сохранения и улучшения структуры культурного почвенного слоя, ликвидации накоплений органических веществ, в том числе биомассы микроорганизмов, изъятию биогенных элементов (азота, фосфора, калия). Сочетание периода орошения с последующим периодом профилактических мероприятий достигается на основе годовых и сезонных графиков орошения. Графики составляются по годовым и месячным прогнозам погоды с учетом требований агротехники, севооборота, потребности в воде и биогенных элементах. Количество воды и длительность разового полива определяются фильтрационными свойствами почвы.

Излишняя гидравлическая нагрузка наиболее быстро отражается на агрохимическом составе почвы: снижается рН, усиливаются анаэробные процессы, ухудшается кислородный режим, биоценоз почвы обедняется и смещается к факультативно-анаэробному. По сумме таких признаков методом проб (путем напуска различного количества сточных вод на карты с последующим наблюдением за ними) устанавливают нормы разового полива. Нормы должны корректироваться в зависимости от сезона года, количества атмосферных осадков, дефицита влажности почв. Длительность периода для восстановления сбалан-

сированного биотопа почвы не может быть назначена заранее, она устанавливается опытным путем с участием агрохимической службы.

Учитывая упомянутые обстоятельства, составляют календарный циклический график полива карт, предусматривающий длительность цикла от 2-3 до 10-15 суток. Карты полей систематизируют по фильтрационным свойствам грунтов для возможности маневра, создания запаса площадей на период снеготаяния, интенсивного выпадения осадков.

Вспашка полей способствует их аэрации, интенсивному окислению накопленных загрязнений. Пахоту проводят 2-3 раза в год, разрушая поверхностный слой закольматированного грунта. Выращиваемые культуры должны быть влаголюбивыми, с интенсивным ростом, широко разветвленной корневой системой. Со сточными водами в почву попадают семена сорняков, требующих определенных усилий по борьбе с ними. Но в целом не следует упускать из виду, что растениеводство служит улучшению морфологических свойств почвы, а не задачам повышения урожайности.

Система сбора дренажных вод (закрытый дренаж, осушительные канавы) необходима для вывода избыточной воды из поверхностного слоя почвы и защиты подземных водоносных горизонтов от загрязнения азотом, фосфором, растворенными органическими веществами. В нормальном режиме работы полей загрязненность дренажных вод складывается в зависимости от количества и качества подземных и фильтрующихся с поверхности стоков.

В наиболее неблагоприятном случае их состав приближается к качеству очищенной биологически воды (после аэротенков и биофильтров). Обычно состав дренажных вод близок к составу сточных вод после доочистки на скорых фильтрах.

Под зимнее намораживание отводят не более 80% площади карт. Намораживание должно сопровождаться подледной фильтрацией, в связи, с чем желателен напуск сточных вод под слой льда с предотвращением выпуска воды тонким слоем поверх льда. Небольшие по размерам карты удается заполнять сразу на большую высоту (30-40 см), удерживая их от полного промерзания подлед-

ным напуском. При поверхностном отводе воды в весенний период нарезкой борозд и очисткой отводящих проемов резко снижают таяние льда и снега, уменьшают опасность прорыва талых вод.

Инфекционные и паразитические начала сохраняют жизнеспособность в почве длительное время, с чем должен быть ознакомлен эксплуатационный персонал. Выращиваемые растения необходимо подвергать термообработке (например, в аппаратах для приготовления травяной муки) с целью обеззараживания.

**Биологические пруды.** В практике очистки городских сточных вод применяют биологические пруды окислительного типа, не допуская накопления осадка на дне и создания там анаэробных условий. Система анаэробно-аэробных прудов рациональна в случае поступления высококонцентрированных сточных вод от перерабатывающих предприятий агропрома.

Окислительные пруды могут включать частично либо полностью осуществленную трофическую схему. В полной схеме трансформация загрязнений проходит цикл: гетеротрофное окисление загрязнений - автотрофное воспроизводство вторичной биомассы - потребление биомассы простейшими организмами, рачками - разведение рыбы на основе данной кормовой базы. Очистка воды достигает уровня, характерного для загрязненных природных водоемов (БПК=6÷8 мг/л). В неполной схеме цепочка разрывается по окончании окислительных либо автотрофных процессов, и в этом случае очищенная вода характеризуется значением БПК=15 мг/л, повышенным содержанием взвешенных веществ – 20-30 мг/л, представленными бактериальной массой, значительным фоном соединений азота – 10 - 20 мг/л.

В секционированных прудах движение воды приближается к вытеснительному режиму, все стадии схемы протекают последовательно и достаточно четко разграничены. Пруды-смесители (одноступенчатые, круглой либо квадратной формы) характеризуются значительной диффузией, все процессы протекают параллельно, разграничение их затруднительно. Стадия окисления загрязнений гетеротрофными организмами в присутствии растворенного кислорода проте-

кает аналогично окислению загрязнений в водоемах, длительность ее  $t_\phi$  определяется по константе скорости окисления загрязнений  $K$ , равной 0,1 1/сут

$$t_\phi = \frac{1}{K} \cdot Lg \frac{L_0}{L_t}. \quad (12.1)$$

Значение  $t_\phi$  относится к активной части биопруда, которая оценивается коэффициентом объемного использования  $K_{o.и}$  ( $t_\phi = K_{o.и} \cdot \frac{V}{Q_{cym}}$ , где  $V$  - общий объем биопруда). Пруды с автотрофными процессами рассчитываются по  $K=0,07$  1/сут, а полная трофическая цепь характеризуется снижением константы скорости от 0,07 до 0,05÷0,04 1/сут. Окислительные пруды обеспечивают растворенным кислородом за счет атмосферной аэрации (3-4 г  $O^2/m^2 \cdot сут$ ) либо искусственной аэрации при помощи пневматических и механических аэраторов.

Перегрузка биопрудов и несоблюдение режимных параметров приводят в конечном итоге к образованию донных отложений, появлению анаэробных зон, вторичному загрязнению воды. Избыток органических загрязнений вызывает интенсивный рост гетеротрофной биомассы и постепенное накопление ее вследствие осаждения. Такой же эффект возникает при недостатке кислорода, когда процессы роста микроорганизмов превалируют над окислительными и основная часть загрязнений трансформируется в биомассу. В донные отложения попадает масса планктона в осенний период вследствие сезонных изменений и отмирания светолюбивых культур. Ввиду сложности управления таким разнообразным сообществом микроорганизмов целесообразно провести ряд профилактических мероприятий по сбору и удалению донного ила. К ним можно отнести: организацию направленной циркуляции воды в прудах с целью выноса влекомых и оседающих примесей к местам их сбора (приямкам) с последующей откачкой стационарными либо передвижными насосными установками; устройство приспособлений для опорожнения прудов и удаления донных отложений; организацию аэрации и перемешивания в первой ступени (секции) прудов с выносом образованной биомассы в промежуточный отстойник, устраиваемый в виде

глубокой выемки с приямком для накопления ила и т. п. Небольшие отложения ила обычно перерабатываются личинками насекомых и не оказывают существенного влияния на качество очищенной воды, тем не менее отдельные частицы всплывающего ила должны быть задержаны до выпуска очищенной воды.

Следует обратить внимание на определение БПК и концентрации растворенного кислорода в прудовой воде. Вследствие фотосинтеза в дневное время может наблюдаться повышенное содержание кислорода в воде, в связи, с чем действительное значение этой величины будет искажено. Лучше определять растворенный кислород в утренние часы. По этой же причине появляется большая разница между величинами БПК, вычисленными в склянках, хранящихся на свету и в темноте. Целесообразно определять ХПК и БПК в фильтрованных и взболтанных пробах, с тем, чтобы оценить потребление кислорода растворенными примесями и сообществом микроорганизмов, оставшихся в очищенной воде. Одновременно возможно будет оценить эффективность осветления воды в фильтрующих элементах, иногда устраиваемых в системе отвода воды для улучшения ее качества.

В зимнее время в прудах преобладают процессы осаждения дисперсных примесей, и окисления растворенной части загрязнений; фотосинтетическая активность биоценоза выражена весьма слабо. Наблюдение за кислородным режимом работы прудов должно быть усилено.

### *12.2. Биологическая очистка в искусственных сооружениях*

**Капельные биофильтры.** В биологических фильтрах прикрепленная к загрузке биомасса осуществляет изъятие органических загрязнений за время прохождения сточных вод, зависящее от типа и высоты загрузки, гидравлической нагрузки. Средняя продолжительность протока воды определяется в виде функции  $t = f\left(\frac{H}{Q^m}\right)$ , в которой величина  $m$  равна 0,4 и 0,5 соответственно для биофильтров с объемной и плоскостной пластмассовой загрузкой.

Основная задача эксплуатации биофильтров сводится к культивированию биологической пленки, обладающей устойчивой способностью к очистке сточ-

ных вод и непрерывному воспроизводству новой и удалению старой биомассы. Неблагоприятные условия работы биофильтров приводят к заилению загрузки, в особенности объемной (кусковой), изменению биоценоза и ухудшению качества очищенной воды. Режим воспроизводства биопленки зависит от нагрузки (по отношению к загрязнениям сточных вод) на биомассу по органическим веществам, режима движения жидкости в поровом пространстве загрузки биофильтра, способности биопленки прикрепляться и удерживаться на поверхности загрузки.

Капельные биофильтры рассчитаны на относительно длительный контакт сточных вод с биопленкой (3-10 мин). Движение жидкости в загрузке в период орошения через спринклерную систему с дозирочным баком характеризуется неустановившимся режимом: в период между орошениями поровое пространство загрузки освобождается от воды, в период орошения происходит сначала накопление воды в поровом пространстве, затем удержание жидкости и, наконец, вытеснение избытка воды вновь поступающими порциями. Для определения удерживающей способности биофильтра (по воде) применимы методы опорожнения и трассирования. Метод опорожнения заключается в отсечке орошения загрузки (прекращение подачи на нее жидкости) и измерения количества стекающей воды во времени после момента отсечки. Этим методом определяется статическая удерживающая способность загрузки. Метод трассирования, реализуемый путем ввода в поступающую жидкость нейтрального индикатора без прекращения подачи сточных вод, позволяет определить динамическую удерживающую способность. Последний метод является более приемлемым, поскольку позволяет получить кривую распределения продолжительности пребывания элементов потока жидкости в загрузке, а также определить среднюю продолжительность пребывания жидкости в биофильтре.

Если биофильтры оснащены оросительными системами непрерывного действия, то задача трассирования сводится к определению равномерности распределения жидкости (и трассера) по поверхности фильтра. Трассированием возможно определить также развивающееся заиливание загрузки фильтра и появление зон интенсивного тока воды. При заилении фильтра зачастую вода образует

зоны интенсивного протока и значительная часть потока воды проходит загрузку без очистки. Этому явлению способствует разнородность загрузочного материала, когда отдельные полости фильтра загружены материалом разной крупности.

Несоответствие качества очищенной воды проектным данным может быть вызвано рядом причин: резкой неравномерностью притока сточных вод и залповыми сбросами сточных вод, в особенности при неблагоприятном составе загрязнений (поступление ПАВ из прачечных, нефтепродуктов, сброс технологических растворов и отходов из производственных объектов и т. п.); изменением качественного состава загрязнений в сточных водах за счет промышленных предприятий; снижением температуры сточных вод и несоответствием фракционного состава загрузки биофильтра нормативным требованиям; перегрузкой очистной станции как по расходу сточных вод, так и количеству поступающих загрязнений. При невозможности устранения фактора, вызывающего неблагоприятное воздействие, возможно применить меры оперативного воздействия: введение рециркуляции очищенной воды, в том числе в ночные часы; замену части фильтрующего материала; интенсификацию узла механической очистки предварительной аэрацией с использованием регенерированной избыточной биопленки из вторичных отстойников; устройство системы обогрева (шатра с отоплением или без него). При полной очистке рециркуляция очищенной воды, наложенная на расчетный расход сточных вод, в общем подходе снижает эффективность очистки воды вследствие уменьшения времени контакта загрязнений с биопленкой, но введение рециркуляции в часы малого притока создает предпосылки для интенсивной промывки тела загрузки от избытка биопленки, предотвращения высыхания биомассы, выноса накопленных загрязнений и продуктов метаболизма. Не исключается рециркуляция теплой либо подогретой чистой воды в ночные часы для сохранения температурного режима и исключения остывания биофильтра.

Замена части фильтрующего материала является вынужденной мерой, связанной с заилением верхних слоев загрузки. Верхний слой толщиной 0,5-0,7м заменяют на более крупнозернистый материал, вследствие чего увеличивается размер пор фильтра, снижается продолжительность протока воды и в некоторой

степени эффект очистки. Тем не менее таким способом возможно более равномерное распределение количества биопленки по всей высоте загрузки, избежать образования непроницаемого слоя биомассы вблизи поверхности загрузки.

Следует обратить внимание эксплуатационного персонала на параметр гидравлической нагрузки, выраженной в виде допустимого диапазона  $1-3 \text{ м}^3/\text{м}^2$  сут. Выбранная единица измерения времени - сутки - исключает учет колебаний расхода по часам суток, что может привести к недопустимым перегрузкам.

Оценка работы биофильтров производится по данным анализов исходной (БПК, ХПК, концентрация взвешенных веществ, азот аммонийный, СПАВ) и очищенной воды (БПК, ХПК, концентрация взвешенных веществ, азот аммонийный, нитриты, нитраты), а также осадка вторичных отстойников.

Важно определять БПК взболтанной пробы сточной жидкости после первичных отстойников, так как эта величина может существенно отличаться от БПК осветленной в лабораторных условиях (в покое) пробы за счет низкого эффекта работы узла механической очистки, выноса иловой воды из двухъярусных отстойников. Величина ХПК дает информацию о возможных сбросах технологических растворов и особенно важна при контроле процесса по величине  $\text{БПК}_5$ , не учитывающей влияние взвешенных веществ на процессы биологической очистки. Снижение концентрации аммонийного азота, появление нитритов и нитратов свидетельствуют о полноте очистки. В общем случае для полной очистки характерно снижение количества аммонийного азота на 20- 50%, наличие нитратов в пределах 2-5 мг/л.

В пусковой период работы капельных биофильтров производится наращивание биопленки путем пропуска разбавленных либо неразбавленных сточных вод с постепенным увеличением расхода в пределах от 30-40 до 100 % от проектной величины. Желательно проводить пуск в теплый период года, чтобы избежать неблагоприятных воздействий низких температур. Интенсивному росту биопленки способствует доставка активного ила или биопленки с действующей станции.

В начальный период полезным оказывается возврат осадка вторичных отстойников на биофильтры. Постепенный переход от одного щадящего режима к

другому должен быть обоснован показателями полноты очистки сточных вод и микробиологическими показателями состава образцов биопленки, отобранной из разных по высоте загрузки слоев. Оценивается также биоценоз биопленки, задерживаемой во вторичном отстойнике. Переход на проектный режим работы осуществляется при достижении полной очистки в промежуточных щадящих режимах.

**Высоконагружаемые биофильтры.** В отличие от капельных фильтров высоконагружаемые работают при более высоких плотностях орошения загрузки - порядка  $10-30 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{сут}$ . В условиях нормальной эксплуатации эффективность очистки зависит от качественного состава загрязнений, температуры воды, аэрации загрузки, однородности и крупности загрузочного материала, равномерности орошения.

Качественный состав загрязнений оценивается по БПК и ХПК сточных вод, содержанию взвешенных веществ. Наличие в сточных водах легкоусвояемых веществ, повышенного содержания взвесей (допустимая концентрация не более  $150 \text{ мг/л}$ ) способствует росту биопленки и возможному заилению загрузки. Резкие колебания температуры сточных вод в течение суток вызывают снижение активности микроорганизмов и требуют адаптации к изменившимся условиям. Аэрацию загрузки трудно оценить количественно, поскольку измерение расхода воздуха в окнах, подающих и всасывающих воздуховодах не гарантирует равномерность распределения его по всей поверхности фильтра. Попытки визуальной оценки равномерности аэрации путем задымления или окрашивания воздуха не всегда приемлемы и безопасны. Аэрация считается достаточной, если в очищенной воде содержится  $5-6 \text{ мг/л}$  растворенного кислорода (в случае полной очистки оценка дополняется наличием нитритов и нитратов).

Однородность и крупность зерен загрузки в наибольшей степени влияет на процесс очистки и заиление загрузки. Преобладание относительно мелких зерен будет способствовать увеличению скорости очистки, но в скором времени приведет к накоплению биопленки, закупорке воздушных каналов, заилению загрузки. Более крупная загрузка меньше подвержена заилению, однако снижает эффек-

тивность очистки вследствие сокращения площади контакта биопленки и сточных вод. Наиболее опасно размещение мелкозернистой загрузки в приповерхностных слоях, где наиболее интенсивно развивается биомасса микроорганизмов.

Равномерность орошения определяют путем установки невысоких мерных сосудов (поддонов) по наиболее характерным участкам орошаемой поверхности. Скорость наполнения сосудов дает достаточно четкое представление о возможных дефектах оросительной системы. Равномерность выхода жидкости из тела загрузки оценивают таким же способом, но с большими трудностями, возникающими вследствие ограниченности междудонного пространства. Длительность протока воды по отдельным участкам определяют импульсным трассированием всего потока сточных вод либо отдельного плеча (перфорированной трубы) оросителя.

Периодическим определением  $t$  возможно оценить интенсивность накопления биопленки в поровом пространстве. Рециркуляция очищенной воды необходима при превышении допустимого значения БПК сточных вод, зависящего от высоты биофильтра. По таблицам СНиП допустимое значение  $L_o$  определится как  $L_o = kL_t$ , причем значение  $k$  находят по известным величинам гидравлической нагрузки  $q$  и температуре  $T$  сточных вод в зависимости от режима аэрации. В первом приближении допустимо принимать  $k$  при расходе воздуха  $V = 8 \text{ м}^3/\text{м}^3$ . Обнаруженное превышение фактического значения  $L_o$  над проектной величиной, подкрепленное недостаточным эффектом очистки, даже при избыточной подаче воздуха (более  $12 \text{ м}^3/\text{м}^3$ ) служит достаточным основанием для введения рециркуляции.

При этом не оставляют без внимания возможность введения рециркуляции очищенной воды. В условиях полной очистки рециркуляция (увеличение гидравлической нагрузки) существенно снижает продолжительность протока и эффект очистки, а неполная очистка сглаживает неблагоприятные воздействия рециркуляции. Если известен график изменения концентрации и расхода сточных вод, то возможно определить оптимальный режим работы биофильтра с рециркуляцией и без нее (в дневные и ночные часы).

Заилиение загрузки фильтра характеризуется появлением луж на поверхности и снижением продолжительности контакта воды с биопленкой. Резко нарушается

равномерность распределения сточных вод по загрузке. Развивающееся заилиение можно обнаружить, периодически проводя определение характера накопления биопленки в слое загрузки на глубине 0,3-0,7 м от поверхности. Для этой цели отрывают шурфы в теле загрузки в разных местах фильтра. Если поровое пространство загрузки интенсивно заполняется биопленкой, а вода при заполнении шурфа фильтруется медленно и в основном за счет растекания по периферии шурфа, то эти признаки могут служить основанием для промывки фильтра. Дополнительная информация может быть получена микроскопированием проб биопленки, отобранной из мест ее скопления. Преобладание анаэробной биомассы, гнилостный запах, относительно низкая встречаемость либо полное отсутствие аэробных индикаторных простейших организмов свидетельствуют о загнивании биопленки в поровом пространстве.

В начальный период развития заилиения возможно промыть биофильтр интенсивной рециркуляцией, при необходимости с выключением его из работы. Допускается промывка фильтра хлорной водой (доза хлора 100-150 мг/л, остаточный активный хлор 10-15 мг/л). Запущенное заилиение ликвидируют штыкованием загрузки, рыхлением гидродинамическими и механическими средствами. После операций по промывке загрузки, особенно в случае применения хлорной воды, необходимо повторное проведение наращивания биопленки. Пуск высоконагружаемых биофильтров в работу мало чем отличается от описанного ранее.

***Биофильтры с листовой и рулонной пластмассовой загрузкой.*** В отличие от зернистых фильтров в этих конструкциях практически исключается заилиение загрузки. Вследствие малой продолжительности контакта загрязнений с биопленкой применяют многократную рециркуляцию воды и увеличивают гидравлическую нагрузку - до 20-70 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> сут.

Практикуется замена зернистой загрузки пластмассовой листовой либо рулонной при реконструкции станции. Поскольку вторичные отстойники не в состоянии пропустить повышенный расход сточных вод (с учетом рециркуляции), то отбор воды для рециркуляции производят до вторичных отстойников, вместе с избыточной биопленкой. Такой способ рециркуляции улучшает работу

фильтров, так как заиливание загрузки исключено. Пуск в работу, наращивание биопленки, технологический контроль биофильтров с пластмассовой загрузкой производятся так же, как и для других биофильтров.

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

Нагрузка на ил  $N$  определяется соотношением  $Q_{cym} L_0 / V_a (1 - S)$ , в котором  $L_0$  - БПК сточных вод,  $V$  - объем аэротенка,  $a$  и  $S$  - соответственно доза и зольность активного ила. Нагрузка определяет глубину очистки сточных вод и свойства активного ила. В общем виде взаимосвязь этих параметров отразится соотношением

$$N = \frac{24 \rho_{\max} L_t}{(K_L + L_t)} + \frac{24 L_t}{[ta(1 - S)]}. \quad (12.2)$$

Отбросив относительно незначительную часть неокисляемых загрязнений  $\frac{24 L_t}{[ta(1 - S)]}$ , из анализа соотношения можем установить, что для снижения БПК очищенной воды  $L_t$  требуется уменьшить нагрузку на активный ил. Свойства активного ила обычно выражают в виде уровня интенсивности дыхательных процессов (дегидрогеназная активность - ДАИ) и степенью уплотнения свежесвыпавшего ила (иловый индекс  $I$ ). Взаимосвязь  $N$  и  $I$  характерна для каждого вида композиций органических загрязнений; для городских сточных вод она приведена в и учитывается в работе вторичных отстойников и в назначении кратности циркуляции активного ила. С повышением  $I$  кратность циркуляции  $R$  ( $R = Q_u / Q_{cm}$ ) возрастает согласно соотношению, установленному исследованиями:

$$R = \frac{a}{\left(\frac{1000}{I - a}\right)}. \quad (12.3)$$

Для более простых решений кратность циркуляции, выраженную в процентах от расхода сточных вод, принимают равной 1/2 величины илового индекса, см<sup>3</sup>/г (например,  $R=40\%$  при  $I=80$  см<sup>3</sup>/г или  $R=150\%$  при  $I=300$  см<sup>3</sup>/г). Кратность рециркуляции ила зависит от типа и конструкции вторичного отстойника. Изменение нагрузки вызывает соответствующую перестройку биоценоза активного ила, контроль качества которого устанавливается по составу простейших организмов, наблюдаемых микроскопированием.

В последние годы предпринят ряд попыток составить атласы индикаторных микроорганизмов, характеризующих состояние активного ила.

Кислородный режим устанавливается в зависимости от режимных параметров и качества очищенной воды. Полная биологическая очистка предполагает развитие в той или иной степени процесса нитрификации, для нормального хода которого необходим некоторый избыток растворенного кислорода; концентрация последнего поддерживается на уровне 3-4 мг/л на заключительном этапе очистки. Начало нитрификации обычно отмечается при достижении эффекта очистки 70-80% по БПК (соответственно для низких и высоких концентраций загрязнений). Средняя концентрация растворенного кислорода  $C_o$  назначается в зависимости от необходимости поддержания расчетной скорости очистки и допустимых энергетических затрат:

$$\rho_{Lo} = \frac{\rho_{\max} L_t C_o}{(L_t C_o + K_l C_o + K_o L_t)}. \quad (12.4)$$

Константа  $K_o$ , отражающая влияние растворенного кислорода, равна 0,625 мг/л для городских сточных вод. Анализ приведенного уравнения показывает, что существенное снижение скорости очистки наблюдается в области концентрации растворенного кислорода 1,5-2 мг/л и менее. Если исходить из условий надежного ведения процесса, то следует устанавливать среднее значение, равное 2 мг/л, которое является суммой произведений части объема аэротенка на фактическую

концентрацию растворенного кислорода. Например, средняя концентрация 1,5 мг/л получена как сумма  $(0,3 \cdot 0,5 + 0,2 \cdot 1,0 + 0,1 \cdot 1,5 + 0,2 \cdot 2,0 + 0,2 \cdot 3,0)$ , в которой 0,3, 0,2, 0,1, 0,2 и 0,2 - участки длины коридора аэротенка с концентрацией кислорода от 0,5 до 3,0 мг/л. Такое распределение подсказывает путь интенсификации процесса - на начальных участках с концентрацией растворенного кислорода 0,5 и 1,0 мг/л можно повысить скорость очистки за счет увеличения интенсивности аэрации.

Средняя концентрация растворенного кислорода обычно назначается равной 0,5-1,0 мг/л в регенераторах, в аэробных минерализаторах и в аэротенках на неполную очистку, 2-3 мг/л - в аэротенках на полную биологическую очистку.

Доза активного ила меняется по сезонам года. В теплое летнее время преобладают процессы энергетического обмена, прирост ила снижается; в холодный зимний период преимущество получают процессы ассимиляции, увеличивается прирост ила, возрастает его доза в аэротенке, соответственно увеличивается и его возраст.

Повышение дозы ила в зимний период укрепляет надежность процесса очистки и стабилизирует сложившийся биоценоз при возможных нарушениях условий эксплуатации сооружений. Избыточно высокая доза активного ила осложняет работу вторичных отстойников, увеличивает вынос с очищенной водой продуктов метаболизма микроорганизмов, снижает активность ила. Влияние дозы ила может быть определено по выражению

$$\rho_{Loa} = \rho_{Lo} \frac{1}{1 + \varphi a} \quad (12.5)$$

Если принять значение  $\varphi = 0,07$  л/г для городских сточных вод, то можно заметить, что увеличение дозы ила с 1 до 3 г/л снижает активность его на 11%. На практике снижение активности может быть более значительным, поскольку коэффициент ингибирования определен при условии отсутствия лимитирования процесса по массопередаче кислорода и интенсивности перемешивания содержимого аэротенка. По опыту эксплуатации аэротенков с пневматической аэрацией известно, что максимально допустимая концентрация составляет 2,5-3 г/л, а увеличение ее до 4 г/л вызывает интенсивный вынос взвешенных веществ

из вторичных отстойников и ухудшение качества очищенной воды. Следовательно, допустимая доза ила должна быть увязана с работой аэрационного оборудования и вторичных отстойников. Косвенно это обстоятельство учитывается в определении гидравлической нагрузки во вторичных отстойниках.

**Способы распределения сточных вод.** По структуре потоков жидкости и способу распределения сточных вод возможна работа аэротенков в режиме смешения и вытеснения либо в промежуточном между указанными режиме.

Режим смешения предполагает интенсивное перемешивание сточных вод со всей массой жидкости в аэротенках и отсутствие значительного градиента концентрации загрязнений по длине коридора аэротенка. К этому типу относятся небольшие по размерам сооружения, в которых длина коридора больше ширины в 10-15 раз, а также аэротенки с рассредоточенным впуском сточных вод. Выравнивание скорости процесса очистки по всему объему сооружения облегчает задачу равномерного снабжения кислородом любого участка аэротенка.

Основным недостатком таких сооружений является возможность проскока части неочищенной воды. От этого недостатка избавляются путем секционирования (разделения на отдельные секции) аэротенков с помощью установки глухих перегородок с переливом жидкости через окна-водосливы. Аэротенки-смесители обладают склонностью к возбуждению «вспухания» активного ила вследствие развития бактерий нитеобразной формы. Аэротенки-вытеснители позволяют предотвратить проскок неочищенной воды, не инициируют «вспухание» ила, но создают затруднения в обеспечении процесса растворенным кислородом на начальных участках сооружения. Режим вытеснения наблюдается при соотношении длины и ширины аэротенка как 30:1 и более либо при создании в аэротенке 6-8 отдельных секций (ячеек).

Аэротенки с линейным либо нелинейным рассредоточением впускаемых сточных вод относятся к классу аэротенков-смесителей, предназначенных для очистки стоков со значительной добавкой промышленных примесей. Распределение сточных вод по выпускам обычно выполняется на основе теоретических обобщений и должно быть уточнено в эксплуатационных условиях. Основная

цель распределения стоков - создание равномерного фона концентраций на первых по ходу движения воды участках аэротенка. Частота расположения впусков и количество вводимой жидкости зависит от интенсивности перемешивания содержимого аэротенка.

Характер перемешивания может быть установлен путем трассирования потоков простейшими способами. Другая важная функция распределения - создание так называемого «селектора», представляющего собой участок аэротенка, в котором создаются условия для «шоковой» нагрузки активного ила. Кратковременная интенсивная нагрузка ила способствует подавлению нитчатых бактерий, развивающихся в условиях преобладания растворенных легкоокисляемых примесей (загрязнения стоков молочных и пивоваренных заводов, кондитерских фабрик и т. п.).

При решении вопроса о выборе способа подачи сточных вод необходимо провести обследование аэротенка с выявлением поля концентраций загрязнений и растворенного кислорода. Концентрация загрязнений устанавливается определением ХПК в пробах, осветленных кратковременным центрифугированием либо фильтрованием под давлением с целью удаления активного ила из пробы.

Глубокая биологическая очистка сточных вод требует создания определенной обстановки на заключительном этапе. Недопустимо попадание легкоокисляемых загрязнений в конечную часть аэротенка, в связи с чем последний участок изолируют от предыдущих, достигая, по возможности, полного приближения к режиму вытеснения.

***Регенерация ила и ее роль.*** Регенерация ила призвана восстанавливать окислительные свойства ила при неблагоприятных воздействиях на него. К таким воздействиям относятся накопление суспензий и эмульсий (взвешенных веществ, нефтепродуктов, жиров и т. д.), токсичных веществ (тяжелых металлов), трудноокисляемых примесей тонкодисперсного характера. Упомянутые накопления в активном иле необходимо либо окислить, либо изъять (например, центрифугированием). Длительность регенерации устанавливают по величине скорости потребления кислорода, видовому составу простейших и их активности, дегидрогеназной активности ила.

Скорость потребления кислорода определяют в респирометрах. В объеме иловой смеси концентрацию растворенного кислорода поднимают аэрацией до 6-8 мг/л, затем отключают аэрацию и вводят соответствующее количество легкоокисляемого субстрата (например, раствор этилового спирта, ацетон и др.). Сравнением скорости потребления кислорода в пробах ила с регенерацией ила и без нее, с добавлением субстрата и без него оценивают глубину регенерации, одновременно сопровождая результаты опытов микроскопированием ила.

Регенератор отделяют от остального объема аэротенка перегородкой или другим способом во избежание попадания загрязненной воды. Улучшение состава простейших при частичной подаче сточных вод в регенератор свидетельствует об избыточности объема регенератора. По характеру смешения в регенераторах следует стремиться к смешительному режиму, с тем чтобы более продуктивно использовать его объем и интенсифицировать окисление внеклеточных накоплений. Механизм ликвидации токсических воздействий на ил в регенераторах неясен, поэтому параметры процесса устанавливаются в этом случае экспериментально, на лабораторных моделях аэротенков.

**Аэрационное оборудование.** Далее внимание будет уделено наиболее известным типам аэраторов.

**Пневматические мелкопузырчатые и среднепузырчатые аэраторы.** В расчетной формуле определяется удельный расход воздуха, рекомендуемый СНиП ( $\text{м}^3/\text{м}^3$ ):

$$D = \frac{z(L_o - L_t)}{[K_1 K_2 n_1 n_2 (C_p - C_0)]}, \quad (12.6)$$

где  $z$  - удельный расход кислорода, мг/мг;

$K_1$  - коэффициент, отражающий особенности устройства аэратора;

$n_2$  - соотношение между скоростью насыщения кислородом сточных вод и чистой воды.

Несоответствие средней расчетной концентрации кислорода в аэротенке  $C_0$  проектным значениям может быть вызвано прежде всего отличием упомянутых факторов от расчетных, что следует установить в эксплуатационных условиях.

Расчетная средняя концентрация  $C_o$  определяется как средневзвешенная величина по отдельным частям аэротенка (части коридоров или целые коридоры, регенераторы, объемы зон взвешенного фильтра аэротенков-отстойников и т. п.) ( $\text{г/м}^3$ ):

$$C_o = \sum \frac{V_i C_i}{V}. \quad (12.7)$$

Определяя  $C_o$ , необходимо обращать внимание на обеспеченность кислородом наиболее ответственных участков коридоров аэротенков: по изъятию органических примесей - начальных участков, по развитию нитрификации - заключительных. В регенераторах наиболее интенсивно потребляется кислород на начальных участках, в связи с чем интенсивное перемешивание и аэрация положительно отражаются на процессе.

Удельный расход кислорода  $z$  определен в респирометрических опытах как отношение расхода кислорода к снятой величине БПК. В условиях очистной станции величина  $z$  может быть приближенно определена по соотношению количества снятой БПК, за вычетом прироста ила, и количества поданного кислорода:

$$z = \frac{n_1 n_2 OCV \cdot 24d}{[Q_{\text{сут}}(L_o - L_t) - Q_{\text{ил}} L_u]}, \quad (12.8)$$

где  $Q_{\text{сут}}$ ,  $Q_{\text{ил}}$  - расход сточных вод и избыточного активного ила,  $\text{м}^3/\text{сут}$ ;

$L_u$  - БПК избыточного ила,  $\text{г/м}^3$ ;

$OC$  - окислительная способность аэрационной системы в реальных условиях при полном дефиците кислорода,  $\text{г/м}^3 \cdot \text{ч}$ ;

$d$  - дефицит кислорода в долях единицы:  $(C_p - C_o)/C_p$ ;

$V$  - объем аэротенка,  $\text{м}^3$ .

Очевидно, значение БПК ила  $L_u$  является малопонятной величиной, и выражение (3.23) лучше оценивается показателями ХПК сточных вод  $X_o$  и активного ила  $X_u$

В показателях ХПК оно будет выглядеть так:

$$z^* = \frac{n_1 n_2 OCV \cdot 24d}{[Q_{\text{сут}} X_o - Q_{\text{сут}} X_t - Q_{\text{ил}} X_u]}. \quad (12.9)$$

Затем следует перевод в единицы БПК:

$$z^* = \frac{n_1 n_2 OCV \cdot 24d}{[(Q_{cym} X_o - Q_{ин} X_u) \alpha - Q_{cym} X_t \beta]}, \quad (12.10)$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  - коэффициенты перевода ХПК в БПК для исходной и очищенной воды.

В случае появления нитритов и нитратов в очищенной воде из знаменателя вычитается количество кислорода, вычисленное по стехиометрическим отношениям, затраченное на нитрификацию.

Коэффициент  $K_1$ , отражающий влияние типа аэратора и расположение его в аэротенке, определить в чистом виде весьма сложно. Несколько проще установить окислительную способность аэрационной системы ОС, равную произведению  $K_1 K_2 C_p D/t$ , и по известным значениям  $K_2$  и  $C_p$  вычислить  $K_1$ . Коэффициент  $n_2$ , ответственный за изменение скорости насыщения кислородом иловой смеси (по сравнению с чистой водой), определяют в пробах воды из разных точек аэротенка. Пробы подвергают центрифугированию для быстрого отделения активного ила, инактивируют оставшиеся микроорганизмы (например, солями тяжелых металлов, применяемых в качестве катализатора, в частности  $C_0Cl_2$ ) и проводят опыт по определению ОС. Влияние активного ила учитывают по формуле

$$n_2 = n_2^* - 0.13a, \quad (12.11)$$

где  $n_2^*$  - коэффициент, определенный без активного ила;

$a$  - доза активного ила в аэротенке, г/л.

В процессе эксплуатации производительность аэраторов может существенно снижаться вследствие неравномерного выхода воздуха по длине аэрационных систем, увеличения скорости выхода воздуха из отверстий и пор при засорении (зарастании) части их, а также появления щелей и неплотностей. Наиболее точным методом оценки работоспособности аэраторов является извлечение их из аэротенков и проверка на чистой воде по окислительной способности. Неравномерность аэрации определяют путем захвата водовоздушной струи колоколом (перевернутым сосудом) с отводом воздуха к измерительному устройству (ротаметру). Колокол перемещают по аэротенку на понтонах.

Наиболее часто встречающееся нарушение работы пористых пластин и труб наблюдается в период остановки воздуходувных машин, когда после перерыва в аэрации не производят продувку подфилтросных каналов и пористых труб. Эксплуатационный персонал забывает о необходимости удаления воды из аэраторов, и это служит причиной разрушения филтросов и труб при внезапном повышении давления.

Мелкопузырчатые аэраторы, забивающиеся пылью, сажей (от подгоревших смазочных материалов), солевыми отложениями, пытаются обычно заменить среднепузырчатыми аэраторами. Случается, что за счет перераспределения массы органических веществ, израсходованных в результате окисления и перешедших в активный ил, а также снижения концентрации растворенного кислорода и ликвидации процессов нитрификации удается ограничиться теми же воздуходувными машинами. Но это ни в коей мере не является основанием для утверждения, что со временем пористые аэраторы приближаются по эффективности к среднепузырчатым аэраторам. Такое сближение эффективности возможно только при нарушении условий строительства и эксплуатации аэрационных систем.

Расчетами установлено, что мелкопузырчатые и среднепузырчатые аэраторы будут близки по эффективности при заглублении на 10-15 м от уровня воды. Более рациональной выглядит замена дефектных мелкопузырчатых аэрационных систем на тканевые аэраторы съемного типа, позволяющие регенерировать и обновлять тканевые чехлы.

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

в аэратор эрлифтного типа, располагаемый в центре аэротенка, скорости движения воды резко возрастают. Такой же эффект наблюдается при расположении аэраторов поперек коридора аэротенка.

Восстановление пропускной способности аэраторов стационарного типа прочисткой, травлением ингибированными кислотами и другими средствами в целом малоэффективно. С этой точки зрения рационален переход на конструкции аэраторов, позволяющих извлекать либо снимать их для восстановления.

***Механические аэраторы.*** Оптимизация аэраторов по минимуму приведенных затрат, без учета условий профилактики, ремонта и замены, приводит к выбору тихоходных габаритных конструкций, наименее энергоемких, но наиболее неудобных в эксплуатации.

Появляются громоздкие редукторы и моторы-редукторы, рабочий орган резко увеличивает свою массу, затрудняются условия центровки, балансировки, защиты рабочего органа от отбросов, вызывающих дисбалансы. Относительно быстроходные аэраторы имеют малые размеры рабочих органов, рассекают либо отбрасывают крупные примеси в сточных водах, легче поддаются центровке и балансировке, требуют меньшего снижения числа оборотов от двигателя к валу аэратора. Эти особенности не следует упускать из вида при проектировании либо модернизации аэрационных систем. В некоторых случаях при относительно низком уровне автоматизации очистной станции, отсутствии ремонтной базы следует отдавать предпочтение менее экономичным, но простым в эксплуатации аэраторам.

Основным в работе механических аэраторов является меньший по сравнению с расчетным срок работы ответственных узлов - передач, уплотнений, подшипников. Тщательная проверка, балансировка, обкатка аэраторов предопределяет длительность работы оборудования без отказов. Практика показывает, что главным условием надежной работы является подготовленный резерв отдельных узлов либо аэратора в целом. Проектной практикой не предусмотрено образование резервов аэраторов, это задача эксплуатационной службы.

По условиям массопередачи эффективность работы механических аэраторов зависит от тех же основных переменных параметров: удельного расхода

кислорода, производительности по кислороду, коэффициента снижения скорости растворения кислорода. Удельный расход кислорода изменяется в тех же рамках, что и для пневматических аэраторов. Коэффициент «качества воды»  $n_2$  должен определяться таким образом, чтобы максимально имитировать в лабораторных условиях характер массопередачи: во время эжекции, разбрызгивания либо механического диспергирования. Производительность аэраторов по кислороду может быть проверена на чистой воде либо в производственных условиях методом оценки скорости очистки.

**Вторичные отстойники.** Вторичные отстойники после биофильтров выполняют функцию осветления биологически очищенной воды. Задерживаемая биопленка в большинстве случаев направляется на обезвреживание и обезвоживание, к ней не предъявляется каких-либо требований, за исключением пониженной влажности порядка 96%. Проектирование отстойников ведут по гидравлической нагрузке  $q$ , определяемой гидравлической крупностью  $u_6$  частиц биопленки ( $q = 3,6 \eta u_6$ )

Вынос взвешенных веществ при полной биологической очистке численно равен БПК<sub>н</sub> очищенной воды. При неполной очистке значение концентрации взвешенных веществ на 10-15% выше, чем величина БПК. Большая часть выносимых взвешенных веществ представлена небольшими скоплениями бактериальных тел. Единица массы их эквивалентна расходу кислорода в 0,6 единицы при определении БПК. Например, при БПК<sub>н</sub> и концентрации взвешенных веществ 20 мг/л распределение расхода кислорода примерно таково: 12 мг/л расходуется на дыхание бактериальных клеток, 8 мг/л приурочены к расходу кислорода на окисление остаточных загрязнений.

Вторичные отстойники после аэротенков, помимо осветления воды, выполняют функцию кратковременного уплотнения ила. Продолжительность пребывания ила в зоне уплотнения не должна превышать 40 мин. Обычно ее определяют приближенно по величине объема зоны уплотнения и расходу циркулирующего ила. Такой прием не учитывает способ сбора ила: илососами он отбирается не-

посредственно с места осаждения, а в случае применения скребков транспортируется к приемку, а затем уже откачивается насосами либо эрлифтами. В связи с указанными причинами минимально допустимая кратность рециркуляции  $R$  принимается равной 0,3 при сборе ила илососами, 0,4 - при откачке насосами и эрлифтами, 0,6 - при выгрузке под гидростатическим напором. В зависимости от дозы ила в аэротенке и илового индекса кратность циркуляции изменяется согласно уравнению, приведенному в предыдущем разделе. В основу расчета вторичных отстойников заложен принцип постоянства значения симплекса  $I_a$ , символизирующего необходимость сочетания дозы ила с его индексом. В практике обычно применяют прием снижения дозы ила с ростом илового индекса, однако, только в определенных пределах, обусловленных допустимым диапазоном повышения нагрузки на ил. Если снижение дозы может вызвать существенный рост нагрузки на ил и тем самым усилить его «вспухание», то увеличивают кратность циркуляции без изменения дозы ила. Вынос активного ила из вторичных отстойников зависит от сочетания ряда факторов и приближенно может быть определен зависимостью

$$K_{взв} = 50 - 100 \left( \frac{\lg(4,5\eta H^{0,8} / q)}{\lg 0,1 I_a} \right), \quad (12.12)$$

где  $\eta$  - коэффициент объемного использования отстойников;

$H$  - глубина проточной части, м;

$q$  - гидравлическая нагрузка, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> ч.

Формула действительна для диапазона 1 до 150 см<sup>3</sup>/г и  $K_{взв}$  до 50 мг/л (предельный вынос для вторичных отстойников).

Коэффициент объемного использования вторичных отстойников обычно ниже, чем для первичных, что связано с большей продолжительностью отстаивания (1,5-2 ч и более). С увеличением гидравлической нагрузки коэффициент объемного использования возрастает. Для условий полной биологической очистки  $\eta=0,45$  для горизонтальных, 0,4 - для радиальных и 0,35 - для вертикальных отстойников.

В этом случае вынос взвеси при  $q=1,4\div 1,6$  м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> ч и  $l=100$  см<sup>3</sup>/ч будет колебаться в пределах от 10 до 20 мг/л в соответствии с изменением дозы ила от 1,5 до 3,0 г/л. Излишняя продолжительность уплотнения ила во вторичном отстойнике приводит к его загниванию, ухудшению состава, снижению активности. В условиях развитой нитрификации ил во вторичных отстойниках склонен к всплыванию вследствие насыщения газом (азотом).

### ***ТЕМА 13. Эксплуатация сооружений для обезвреживания и обезвоживания осадков***

#### *13.1. Сооружения для обезвреживания осадков*

**Метантенки.** Метантенки служат для обеспечения свойств стабильности (незагниваемости) осадка при длительном его хранении либо обезвоживании в естественных условиях. Одновременно решается задача подготовки осадка к внесению в почву, так как после сбраживания усвоение элементов осадка растениями улучшается. Выделение газа (биогаза) является сопутствующим процессом, способствующим снижению затрат на подогрев сбраживаемой массы, регулируется в рамках программы обезвоживания, хранения и утилизации осадка и не функционирует самостоятельно и независимо.

Биологический процесс трансформации органических веществ при сбраживании осуществляется комплексом микроорганизмов, ведущая роль в котором принадлежит группе метанообразующих бактерий. Культивирование микроорганизмов этой группы представляет основную задачу службы эксплуатации. Устойчивый ход процесса обеспечивается выполнением ряда режимных параметров, важнейшими из которых являются нагрузка, сохранение и воспроизводство биомассы, условия перемешивания и поддержания температуры бродящей массы.

Нагрузка, ввиду неопределенности массы активной биомассы, вычисляется по отношению к объему сооружения. Связь между величиной суточной нагрузки по беззольному веществу  $N_6$  (кг/м<sup>3</sup> сут), дозой загрузки  $d$  (%) и продолжительностью  $t$  (сут) при заданных величинах влажности осадка  $W$  (%), концентрации сухого вещества  $C$  (кг/м<sup>3</sup>) и зольности  $S$  (доли единицы) может

быть выражена рядом уравнений:

$$N_6 = \frac{d}{100} \left( \frac{100 - W}{100} \right) (1 - S) = \frac{1}{t} \left( \frac{100 - W}{100} \right) (1 - S) 10^3, \quad (13.1)$$

$$d = \frac{Q_{\text{сут}}}{V_m} 100 = \frac{100}{t}; \quad G_6 = Q_{\text{сут}} \left( \frac{100 - W}{100} \right) (1 - S), \quad (13.2)$$

где  $Q_{\text{сут}}$  - суточный объем осадка, м<sup>3</sup>/сут;

$G_6$  - масса беззольной части осадка, кг/сут;

$V_m$  - объем метантенка, м<sup>3</sup>.

Величина нагрузки условно классифицируется на низкую (до 2 кг/м<sup>3</sup>), среднюю (3-4 кг/м<sup>3</sup>) и высокую. Чем выше нагрузка, тем ниже величина фактического распада вещества (при прочих равных условиях). Допустимая разница между теоретическим  $\mathcal{E}_T$  и фактическим распадом  $\mathcal{E}_\phi$   $[(\mathcal{E}_T - \mathcal{E}_\phi) / \mathcal{E}_T]$  не должна быть более 0,2. Для упрощенных расчетов возможно принимать, что разница между  $\mathcal{E}_T$  и  $\mathcal{E}_\phi$  не должна быть более 0,25 С для мезофильного брожения, где С - концентрация сухого вещества в осадке, кг/м<sup>3</sup>:  $C=10(100-W)$  и не более 0,22С для термофильного режима. Большая разница между теоретическим и фактическим распадом может быть обусловлена не только условиями ведения процесса, но и поступлением больших масс промышленных несбраживаемых примесей. Если таковые отсутствуют, то повышение нагрузки, сопровождаемое снижением фактического распада, свидетельствует о вымывании культуры метанообразующих бактерий, перегрузке имеющейся биомассы, надвигающейся угрозе дестабилизации процесса.

Качество сброженной смеси может быть оценено по остаточному газовыделению при длительном дображивании осадка, содержанию низших жирных кислот и аммонийного азота, щелочности и рН осадка. Образование метана преимущественно идет через трансформацию уксусной (до 85 %) и пропионовой кислот. Нормальное содержание НЖК в сброженном осадке - не более 5-7 мг-экв/л; повышение количества кислот указывает на незавершенность процесса брожения либо на депрессирование его токсическими веществами. Наиболее

распространенные депрессанты: соли тяжелых металлов, синтетические ПАВ, нефтепродукты, белковые соединения (навоз свинок комплексов и т. п.).

В реакциях образования метана из органических кислот и уголекислоты участвует катион водорода, в связи с чем появление и накопление водорода в газе свидетельствует о разобщении восстановительных реакций и возможных нарушениях процесса. Для контроля могут использоваться показатели рН и содержания аммонийного азота. В результате деструкции азотсодержащих веществ выделяется в среднем 1,2 % аммонийного азота на 1 г/л сухого вещества осадка

При содержании аммонийного азота в иловой воде порядка 500-600 мг/л рН жидкости повышается до 8-8,5. Общая щелочность, в результате изменения соотношения между карбонатной и гидратной составляющими, не всегда может служить достоверным показателем изменений в ходе брожения.

Выход газа по массе равен количеству сброженного беззольного вещества, что также может служить контролем для баланса входящей и выходящей массы органических веществ. Состав газа в нормальных условиях колеблется мало: 30 - 35 %  $\text{CO}_2$ , 60 - 65 %  $\text{CH}_4$ , 1 - 2 %  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}$ . В благоприятных условиях выход  $\text{CH}_4$  повышается до 80 %, чему способствует перемешивание осадка путем рециркуляции газа, возврат части биомассы в метантенк, повышение количества активных микроорганизмов в объеме сооружения.

Рециркуляция иловой воды либо твердой части осадка является оперативным приемом повышения стабильности работы метантенка и средством борьбы с нарушениями процесса брожения. Биомасса метантенков способна развиваться на поверхности насадки, что может быть использовано в практике эксплуатации.

Перемешивание осадка осуществляется с целью выравнивания его состава (как средство борьбы с расслоением массы, образованием корки, равномерным распределением свежего осадка, ликвидации градиента температуры в процессе подогрева). Местные переуплотнения осадков до влажности порядка 90 % приводят к ухудшению выхода газа из микрообъемов, торможению брожения продуктами метаболизма микроорганизмов и т.п. явлениями. Длительность и ин-

тенсивность перемешивания выбирают по условиям загрузки и выгрузки осадка, предпочитая проводить загрузку и выгрузку в условиях вытеснительного режима (во избежание проскока несброженного осадка), а подогрев бродящей массы – при интенсивном перемешивании. Формирование графика загрузки, выгрузки, подогрева и перемешивания осадка целесообразно проводить в увязке с узлом обезвоживания осадков, с работой первичных отстойников и илоуплотнителей. Обычно применяют трех- или четырехкратную выгрузку осадка из первичных отстойников, что и определяет цикличность операций на метантенках.

Технологический контроль за работой метантенков включает перечень санитарно-химических показателей состава и количества продуктов. В сыром осадке определяют: объемы осадков из первичных отстойников и избыточного активного ила, их температуру, среднюю влажность, зольность, содержание вредных компонентов (в соответствии с характером стоков промышленных предприятий), изредка содержание жиров, белков, углеводов либо элементный состав осадка. В сброженной смеси определяют влажность, зольность, рН, содержание азота аммонийных солей, количество НЖК, общую щелочность. В зависимости от схемы кондиционирования, обезвоживания и утилизации осадка может потребоваться определение удельного сопротивления фильтрации, гельминтологических показателей, содержания азота, фосфора, калия и токсических компонентов, количества семян сорняков.

***Осветлители-перегниватели.*** Осветлители с естественной аэрацией являются отстойными сооружениями.

Естественная аэрация вызывает градиентную и физико-химическую флокуляцию дисперсных частиц, составляющих взвешенные вещества. Оптимальное количество воздуха, необходимое для перемешивания жидкости и воздействия кислорода воздуха на электростатический заряд частиц, обеспечивается перепадом уровней 0,6м (между уровнями воды в подающем лотке и в камере флокуляции) и величиной скорости движения воды в центральной трубе 0,7 м/с. Искусственное увеличение расхода воздуха путем принудительной аэрации

несколько улучшает процессы флокуляции, но незначительно. Основным фактором является продолжительность флокуляции, необходимую величину которой возможно определить экспериментально путем предварительной аэрации жидкости с последующим отстаиванием в лабораторных условиях. Флокуляция усиливается при подаче избыточного активного ила перед осветлением.

Слой взвешенного фильтра образуется при обеспечении условий выхода жидкости из нижнего отверстия камеры флокуляции (скорость 8-10 мм/с) и равномерного восходящего движения в отстойной зоне (0,8-1,5 мм/с). Резкая неравномерность подачи сточных вод, низкое содержание взвешенных веществ негативно отражаются на структуре взвешенного фильтра. Нормальное содержание взвешенных веществ в фильтре 1-3 г/л. В некоторых случаях применяют искусственное замутнение воды путем рециркуляции осадка для формирования и стабилизации взвешенного фильтра.

Процессы, происходящие в камере перегнивания, имеют общий для метанового брожения характер, но растянуты во времени вследствие более низкой и колеблющейся по сезонам года температуры бродящей массы. Подогрев бродящей массы обусловлен теплообменом между осветлителем и перегнивателем, вследствие чего температура жидкости в перегнивателе обычно ниже температуры сточных вод на 2-3°C. Цикл брожения в перегнивателе «растянут» на 50-80 сут при средней температуре 12-10 °С (соответственно 40-20 сут при температуре 15-20 °С) против 10-12 сут в метантенках.

Циклограмма работы перегнивателя включает n-суточный период работы: выгрузку уплотненного сброженного осадка за прошедшие n сут (не более 10% от общего объема перегнивателя), ежедневную добавку свежего осадка из осветлителя и перемешивание объема перегнивателя в течение 2-4 ч. Длительность цикла в сутках (при ограничении объема выгружаемого осадка 10%) составит 5-7 сут при температуре 12-10 °С и 4-2 сут при 15°C.

Следует отметить, что ограничение объема выгружаемого осадка связано с отметкой трубы для удаления осадка, располагаемой на глубине 1,5 м от поверхности. Очевидно, количество осадка, заполняющего кольцевой объем меж-

ду перегнивателем и осветлителем, будет равен  $\pi (1,5 - h_d) (D_n^2 - D_o^2) / 4$ , причем  $h_d$  - остаточный напор, при котором заканчивается выгрузка осадка,  $D_n$  и  $D_o$  - соответственно внутренний диаметр перегнивателя и наружный диаметр осветлителя.

Уплотнение осадка перед выгрузкой гарантирует удаление сброженного осадка, поскольку несброженные частицы насыщены газом и приобретают плавучесть. Контроль глубины распада вещества ведут по показателям иловой воды: рН, количеству аммонийного азота, НЖК, зольности осадка. Газы брожения не улавливаются, и по ним судить о распаде вещества невозможно.

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

**Двухъярусные отстойники.** Осадочные желоба двухъярусных отстойников представляют собой горизонтальные отстойники малой длины (за исключением заблокированных септических камер в двух- и трехкамерных сооружениях). Правила эксплуатации горизонтальных отстойников действительны для отстойных желобов. Корка, образующаяся при накоплении всплывающих веществ, удаляется вручную.

Септическая камера по характеру процессов несколько отличается от метантенков. В верхних слоях и частично в средних перемешивание происходит за счет газообразования; в нижних слоях, при влажности осадка 90% и менее, брожение затухает, а осадок постепенно уплотняется до предельной влажности порядка 86-87%. Выгрузка осадка является более ответственной операцией, поскольку остается неясным ход брожения в толще осадка, находящегося в септической камере.

Целесообразно проводить выгрузку по величине влажности осадка, учитывая ингибирование брожения высокой концентрацией органического вещества. Исходя из этого принципа, следует выгрузить весь осадок влажностью до 92%, который практически выбыл из зоны активной жизнедеятельности анаэробных микроорганизмов. Контроль влажности ведут визуальным способом - по характеру течения в трубах или истечения из сосудов (отверстий). Эксплуатационный персонал предварительно обучается для приобретения навыка различать характер течения в зависимости от концентрации осадка и его вязкости.

Выгрузка осадка должна быть умеренной, с тем чтобы в септической камере оставалось достаточное количество зрелого (сброженного) осадка в качестве запаса анаэробной биомассы для затравки и запаса щелочности для нейтрализации кислого осадка в прилегающих слоях. С этой позиции рационально проводить отбор проб с разных глубин септической камеры для определения показателей состава иловой воды: pH,  $\text{NH}_4^+$ , НЖК, зольности. В случае закисания бродящей массы, обусловленного перегрузкой септической камеры свежим осадком либо нарушением соотношения между количеством свежего и сброженного осадка, возможна перекачка сброженного осадка из другого сооружения либо добавка извести с последующим снижением нагрузки (по осадку) на сооружение до выхода его на нормальный режим работы.

Разрушение и удаление корки ведут вручную. Иногда устанавливают наклонные желоба, на которые перегружают куски разрушенной корки и затем смывают их водой в иловые колодцы, заботясь, разумеется, о предотвращении образования пробок в иловой сети.

Пластичность осадка повышается при добавке избыточного активного ила либо биопленки, но при этом увеличивается риск закисания либо неполного сбразивания массы. Иловая вода, вытесняемая при уплотнении массы, попадает в сточные воды и повышает их БПК и ХПК, что следует учитывать и контролировать путем сравнения БПК и ХПК в пробах воды, осветленной в двухъярусном отстойнике и в лабораторном цилиндре. Соотношение времени отстаивания в сооружении  $t_{д.о}$  и лаборатории  $t$  должно определяться зависимостью

$$\frac{t_{д.о}}{t} = \frac{\alpha(KH/h)^n}{K^2}, \quad (13.3)$$

где  $\alpha$  - учет влияния вязкости;

$K$  - коэффициент использования объема:  $K = 0,4 \div 0,5$ ;

$H$  - расчетная глубина осадочных желобов (сумма высоты прямоугольной части и трети высоты треугольной части живого сечения), м;

$h$  - высота лабораторного цилиндра (не менее 0,5 м);

$n$  - расчетный показатель степени агломерации частиц взвеси, принимаемый согласно соответствующего графика.

Приближенно возможно принять  $t$  равным  $1/5 t_{д.о}$ . Сравнением БПК и ХПК проб определяют дополнительные загрязнения от иловой воды, желательно при равном содержании взвешенных веществ. Если содержание взвеси резко отличается, следует определять БПК и ХПК в фильтрованных пробах.

### 13.2. Эксплуатация сооружений по обезвоживанию и сушки осадков

**Уплотнители.** Уплотнение осадков первичных отстойников и избыточного активного ила носит различный характер и зависит от технологии дальнейшей обработки смеси. Длительное уплотнение существенно изменяет свойства осадков: изменяется  $\xi$ -потенциал частиц (увеличивается по абсолютному значению), ухудшается водоотдача, происходит измельчение агрегатов, развивается кислое брожение, вследствие чего осадок насыщается пузырьками газа и приобретает плавучесть. Данные явления способствуют процессу брожения осадка в метантенках, что предопределяет область применения длительного уплотнения. Краткосрочное уплотнение меньше изменяет  $\xi$ -потенциал частиц, способствует сохранению первичной структуры осадка и сохранению лучшей водоотдачи, в связи с чем данный процесс применяется при обезвоживании сырого осадка и избыточного активного ила, а также в случае обезвреживания осадка аэробной минерализацией. Сохранению и повышению положительных свойств твердой фазы способствует флотационное уплотнение избыточного активного ила и смеси его с осадком первичных отстойников.

Краткосрочное гравитационное уплотнение разбавленных осадков первичных отстойников (концентрация 5-6 г/л, влажность 99,5-99,4%) в смеси с избыточным активным илом из вторичных отстойников (концентрация 4-6 г/л, влажность 99,6- 99,4%) осуществляется в течение 5-7 ч. Влажность уплотненного осадка колеблется в пределах 94-95%. Перемешивание осадков в период уплотнения мешалками в виде вертикальных стержней диаметром 40-60 мм с окружной скоростью не более 0,1 м/с дает возможность удалить из осадка включения (линзы) свободной воды и газов. Избыточный активный ил заполняет поровое пространство осадка первичных отстойников, вследствие чего общий объем уплотненной массы на 20-30% меньше, чем при отдельном уплотнении. В сливной воде уплотнителей значения БПК, концентрации взвешенных веществ и биогенных элементов не выше, чем в поступающих сточных водах. Основное внимание следует уделять своевременной выгрузке осадка из уплотнителей, не допуская длительного пребывания в анаэробных условиях и загнивания.

Добавка коагулянтов и флокулянтов повышает качество сливной воды (БПК не выше 100-150 мг/л, концентрация взвешенных веществ 40-60 мг/л), снижает удельное сопротивление осадка фильтрации. Обычно применяют дробную подачу коагулянтов и флокулянтов, добавляя 50% от потребной дозы в узле уплотнения и оставшиеся 50% непосредственно перед обезвоживанием (соотношение устанавливается экспериментально).

Длительное гравитационное уплотнение избыточного активного ила осуществляется 9-12 ч в радиальных и вертикальных илоуплотнителях. Менее длительное уплотнение, приближающееся по своим параметрам к краткосрочному, производят в течение 5-8 ч для иловой смеси непосредственно из аэротенков, минуя вторичные отстойники.

Уплотненный ил имеет влажность 98% в вертикальных уплотнителях и 97,3% в радиальных, что обычно связано с условиями перемешивания и выгрузки уплотненного продукта. В вертикальных уплотнителях при отсутствии перемешивания уплотненный ил медленно сползает в приямок в силу значительного трения вблизи днища, при этом зачастую образуется вихревая ворон-

ка, через которую происходит подсос воды и разбавленного осадка. Более низкая влажность уплотненного ила (97%) достигается при направлении в уплотнитель иловой смеси из зоны отстаивания аэротенков-отстойников (концентрация 4-6 г/л), что обусловлено хорошим состоянием ила при постоянных аэробных условиях, создаваемых во взвешенных фильтрах аэротенков-отстойников.

Сливная вода уплотнителей содержит до 100 мг/л взвешенных веществ, имеет БПК порядка (2-3)  $L_t$ , повышенный фон минерального фосфора (от 20 до 50 мг/л). Выделение фосфатов носит устойчивый характер, и на этом явлении базируется ряд способов удаления фосфора из избыточного активного ила.

Активный ил из аэротенков, работающих в режиме развитой нитрификации, в анаэробных условиях интенсивно способствует отщеплению химически связанного кислорода (денитрификацию), вследствие чего выделяется свободный азот и происходит насыщение ила пузырьками газа. Денитрифицирующий ил в теплое время года всплывает на поверхность воды, нарушая процессы уплотнения и загрязняя сливную воду. В этих условиях применяют удаление сливной воды из средней части уплотнителей.

Флотационное уплотнение активного ила требует создания определенных условий для образования флотокомплекса. Основными факторами являются размер пузырька воздуха и удельный расход воздуха на единицу массы твердой фазы. Этим условиям отвечают напорные флотаторы, создающие давление 0,5-0,7 МПа в активном иле либо рециркулирующей осветленной воде. Уплотнение ила существенно зависит от условий ведения биологической очистки в аэротенках, поскольку нагрузка на ил предопределяет зооглейную активность микроорганизмов, прочность агрегатов и их размеры.

Флотационное уплотнение не продуцирует биогенные элементы, способствует снижению БПК сливной воды (до значений БПК очищенной в аэротенках воды), увеличению количества нитритов и нитратов при снижении концентрации аммонийного азота. Влажность уплотненного ила 95-97 %.

**Подготовка осадков к обезвоживанию.** Подготовку осадков для обезвоживания проводят с целью увеличения влагоотдачи коагуляцией, флокуляцией, реагентно-тепловой и тепловой обработкой.

**Коагуляция.** Обычно частицы осадков городских сточных вод имеют отрицательный заряд,  $\xi$ -потенциал их растет по абсолютному значению при длительном хранении и уплотнении. Изоэлектрическая точка органических осадков находится в области  $pH=4\div 5$ .

Введение коагулянтов  $FeCl_3$ ,  $AlCl_3$ ,  $FeSO_4$  способствует сдвигу  $pH$  в кислую область и нейтрализации  $\xi$ -потенциала. Этого можно достигнуть также путем введения кислоты и коагулянта либо одной кислоты. Белковые системы в осадке самопроизвольно коагулируют при  $pH=4\div 5$ . Весьма сложно предсказать заранее условия коагуляции и дозировку реагентов. Условия устанавливаются экспериментально на лабораторном стенде.

Определяя скорость уплотнения либо изменение удельного сопротивления осадка фильтрации, находят оптимальные дозы реагентов и условия хлопьеобразования.

Сбраживание осадков в метантенках повышает  $pH$  иловой воды до 8-8,5 за счет гидратной и карбонатной щелочности, отодвигая систему от изоэлектрической точки. Сброженные осадки промывают технической (очищенной) водой, удаляя избыток щелочности и тонкодисперсные частицы, обладающие высоким зарядом. Промывка снижает затраты реагентов, но оказывает неблагоприятное воздействие на очистку сточных вод, увеличивая дополнительные загрязнения по БПК и неосаждающимся взвесям на аэротенка; тем самым инициируется повышенный прирост ила. Высокое содержание аммонийного азота (600-800 мг/л) в иловой воде также увеличивает содержание азота в поступающих стоках, причем весьма существенно (на 6-8 мг/л при обычной его концентрации 25-30 мг/л). В условиях жесткого нормирования качества очищенной воды возврат промывных вод и проведение промывки в целом нежелательны.

Усредненные дозы хлорного железа составляют 1,5-3% для сырого осадка первичных отстойников и 3-4% для сброженного, 6-9% - для избыточного уп-

лотненного активного ила и 3-5% - для сырой смеси. Коагуляция неуплотненных продуктов снижает расход реагентов. Сброженная и промытая смесь осадков требует добавки 4-6% хлорного железа по сухому веществу осадка.

Упрочнение (сжатие) сформировавшихся хлопьев коагулянта и повышение водоотдачи осадков наблюдается при введении извести. Частицы извести образуют механическую структуру (скелет) осадка, пластичность его снижается, лучше проходит фильтрация и отжим воды прессованием. Усредненные дозы извести принимают равными 6-10 и 17-25% соответственно для сырых осадков первичных отстойников и избыточного ила, 9-13% для сырой и 12-20% для сброженной промытой смеси осадков. В совокупности влияющие факторы сведены в формулу И. С. Туровского по определению дозы коагулянта  $D$  (%):

$$D = K \left[ \sqrt{R} + \sqrt{\frac{W}{C} (0,001Щ)} \right], \quad (13.4)$$

где  $R$  - удельное сопротивление, см/г:  $R=r \cdot 10^{-10}$ ;

$W$  - влажность осадка, %;

$C$  - концентрация сухого вещества в осадке, %;

$Щ$  - щелочность исходного осадка, мг/л.

Коэффициент  $K$  отражает свойства коагулянта и осадка при их взаимодействии. В случае использования одного коагулянта - хлорного железа для сырых и сброженных осадков  $K=0,25$ . В сочетании коагулянта с известью значение  $K=0,25$  для сброженных осадков и  $K=0,30$  для сырых, включая избыточный активный ил.

Сульфат алюминия уступает хлорному железу в интенсивности снижения удельного сопротивления и продуцирует кек повышенной влажности.

Флокулянты возможно подавать дробно - 50 % на стадии уплотнения и 50% на обезвоживании либо полностью на стадии подготовки к обезвоживанию.

Камерой хлопьеобразования в схемах вакуум-фильтрации является корыто фильтра, снабженное мешалкой. Такой камеры нет в пресс-фильтрах, а должны быть предусмотрены соответствующие мероприятия по хлопьеобразованию и защите хлопьев от разрушения при транспорте скоагулированного осадка.

**Реагентно-тепловая обработка.** Относительно быстрое и существенное снижение удельного сопротивления фильтрации сырых осадков достигается при снижении рН до изоэлектрической точки и упрочнении хлопьев осадка тепловой обработкой. Избыточное введение кислоты приводит к перезарядке частиц и ухудшению влаготдачи. Более рационально вести процесс с меньшими дозами кислоты, не достигая изоэлектрической точки, а формирование и упрочнение хлопьев производить добавкой коагулянтов и тепловой обработкой. Таким образом, возможный вариант обработки сырых осадков будет включать добавку кислоты (серной, как наиболее дешевой) для понижения рН до 4,5-5 с одновременным введением хлорного железа либо железного купороса, нагрев осадка в течение 2-3 мин до температур 65-80°С. За счет тепловой обработки рН смеси повышается в среднем на единицу. Нейтрализацию осадка ведут добавкой извести (при вакуум-фильтровании), частью иловой воды либо сброженной смеси после метантенков (при центрифугировании и пресс-фильтровании). Для нагревания осадка возможно использовать спиральные либо трубчатые («труба в трубе») теплообменники, парозежекционные установки. Получаемый кек имеет рыхлую структуру, его общий объем сокращается на 30% за счет понижения влажности (по сравнению с реагентной обработкой). Тепловая обработка гарантирует обеззараживание и дегельминтизацию кека и иловой воды.

Реагентно-тепловая обработка сброженной смеси требует повышенного расхода кислоты на нейтрализацию гидратно-карбонатной щелочности. В этом случае применяют меры по снижению щелочности путем промывки осадка очищенной водой либо технологию минерализации осадков, например, путем одновременного сбрасывания и аэробной стабилизации различных потоков. Возможны и другие варианты ликвидации вредного воздействия аэробного сбрасывания на влаготдачу осадков, основанных на использовании отходов промышленности.

**Тепловая обработка.** Общеизвестная схема тепловой обработки осадка при температуре 190-210°С требует больших затрат энергии, продуцирует значительное количество вторичных растворенных загрязнений в иловой воде - до 8-10 г/л по БПК, предъявляет высокие требования к надежности и безопасности

работы оборудования. Большой гибкостью обладают схемы двух- ступенчатого подогрева с промежуточным отделением иловой воды. Учитывая наличие высоконапорного оборудования и повышенных температур, эксплуатацию установок ведут по специальным инструкциям, разрабатываемым применительно к каждому объекту (очистой станции).

**Обезвоживание осадков на вакуум-фильтрах.** Производительность фильтров устанавливается по сухому веществу осадка, без учета количества добавляемого вещества с коагулянтами и известью. Формирование слоя осадка на поверхности фильтровальной ткани зависит от свойств обезвоживаемой массы, величины вакуума и скорости вращения фильтра. Свойства осадков достаточно полно описываются показателем удельного сопротивления фильтрованию. Путем подбора дозы коагулянтов и извести снижают удельное сопротивление до  $(50-60) \cdot 10^{10}$  см/г, что считается минимально достаточным для работы. Низкое сопротивление осадка улучшает процесс обезвоживания, но при этом обычно резко увеличивается расход реагентов и энергии.

Перемешивание осадка с коагулянтами достигается в отдельных смесителях (коагулянта и извести), хлопьеобразование осуществляется в корыте вакуум-фильтра. Перемешивание массы в корыте регулируется так, чтобы не происходило дробления хлопьев и повышения удельного сопротивления.

Оптимальные условия хлопьеобразования устанавливают экспериментально и периодически проверяют. Для этого заливают в корыто осадок с внесенными реагентами и перемешивают при неработающем барабане, проверяя через заданные интервалы времени удельное сопротивление осадка (и производительность вакуум-фильтрования на наливной воронке). Меняя параметры перемешивания и длительность пребывания осадка в корыте, определяют оптимальные условия для заданной производительности фильтра.

Толщина слоя кека и его влажность связаны с величиной вакуума и частотой вращения барабана. Приблизительно рекомендуется скорость вращения барабана сочетать с удельным сопротивлением осадка, принимая продолжительность вакуум-фильтрования  $t_{\text{сф}}$  пропорциональной удельному сопротивлению, по со-

отношению типа  $t_{\text{эф}} = \alpha r$ , в котором  $r$ , принимается в пределах  $(20-50) \cdot 10^{10}$  см/г, а  $t_{\text{эф}}$  - от 1,5-2 до 6 мин. Поскольку время вакуум-фильтрации четко увязано с продолжительностью одного оборота барабана  $t_{\text{б}}$ , то можно использовать зависимость  $t_{\text{б}} = 0,15r$ , при максимальной величине вакуума 500 мм рт. ст.

Существенная роль принадлежит извести в формировании жесткого скелета в осадке, способствующего повышению влагоотдачи и формированию слоя кека. В условиях образования тонкого слоя влажного мажущегося кека целесообразно, помимо изменения прочих параметров, увеличить дозу извести.

Поддержание необходимой величины вакуума в секциях фильтра зависит от тщательности укладки фильтровального полотна на барабан. Неплотности, мелкие порезы и прорывы ткани весьма существенно снижают перепад давления и производительность фильтра. Интенсивность отдувки ткани и кека от барабана фильтра связана со свойствами кека и установкой ножа.

Вязкий, мажущийся кек плохо снимается с поверхности ткани. Средствами отдувки улучшить его съем трудно, значительно быстрее это происходит при введении в осадок структурных примесей, в том числе влагопоглощающих. В промышленности в таких случаях применяются фильтры с намывным слоем, создающим благоприятные условия для фильтрации осадка и отторжения его от ткани.

Забивание пор ткани, повышение ее сопротивления фильтрации требуют ежедневной промывки ее чистой водой. Фильтры со сходящим полотном имеют систему непрерывной регенерации ткани. В обычных фильтрах ткань моют в растворах моющих средств, продувают воздухом, производят механическую очистку щетками. Сцепление частичек осадка с тканью в порах обусловлено структурой гидроокисного скелета и зерен извести, в связи с чем растворение структуры кислотой (с ингибитором коррозии) положительно влияет на отмывку фильтроткани. Частоту кислотной обработки ткани устанавливают экспериментально, в среднем режим отмывки составляет 1 раз в 3-4 сут. Способы уда-

ления примесей из тела ткани могут быть самыми разнообразными в зависимости от наличия реагентов, материалов, приспособлений.

Пуск и остановка вакуум-фильтров производятся в определенной последовательности. Вначале запускают вакуум-насосы и воздуходувки по общепринятой схеме, затем подают осадок в корыто и по заполнении его (на 30-40 % от диаметра барабана) плавно открывают задвижки на линии вакуума и сжатого воздуха. Усредненные расходы воздуха:  $0,5 \text{ м}^3/\text{м}^2$ , мин - на линии вакуума и  $0,1 - 0,2 \text{ м}^3/\text{м}^2$  мин - на линии сжатого воздуха (давление  $0,02 \text{ МПа}$ ). Тонкую регулировку процесса проводят по толщине кека и его влажности.

При остановке фильтра дорабатывают часть жидкого осадка в корыте, остаток сливают в приемный резервуар насосной станции, промывают корыто чистой водой, затем на чистой воде промывают фильтровальную ткань, сливают остаток воды, просушивают ткань, после чего выключают привод барабана, закрывают задвижки и останавливают вакуум-насосы, воздуходувки и насосы фильтрата.

Производительность фильтров оценивается по сухому веществу осадка, поэтому важен тщательный учет объема, влажности и зольности осадка. Производительность вакуум-фильтра может быть определена по формуле ( $\text{кг}/\text{м}^2 \text{ ч}$ )

$$L = 0,24 \left( \frac{100 - W_k}{W_u - W_k} \right) \sqrt{\frac{mP\rho(100 - W_u)}{\eta_0 MR}}, \quad (13.5)$$

где  $W_u$ ,  $W_k$  - влажность исходного осадка и кека, %;

$m$  - время действия вакуума, % от общей продолжительности фильтроцикла;

$M$  - время одного оборота барабана, мин;

$P$  - величина вакуума, мм рт. ст.;

$\rho$  - плотность осадка,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;

$\eta_0$  - вязкость фильтрата, сПз;

$R$  - удельное сопротивление осадка фильтрации, см/г.

Интенсификация работы вакуум-фильтров связана главным образом с условиями работы предыдущих узлов (стабилизации осадков и их кондициониро-

вания). В качестве мер, снижающих удельное сопротивление фильтрации, возможно рекомендовать отказ от сбраживания части осадков, уплотнение сброженной смеси с удалением либо аэробной стабилизацией иловой воды, кислотную обработку (понижение pH) сброженных осадков с целью снижения  $\zeta$ -потенциала.

**Обезвоживание осадков на центрифугах.** Характеристики непрерывно действующих осадительных горизонтальных центрифуг со шнековой выгрузкой обезвоженного осадка типа ОГШ приведены в табл. 13.1

Износ шнеков противоточных центрифуг менее интенсивен, чем у прямо-точных, поэтому они используются преимущественно при безреагентном центрифугировании, при котором требуется более высокий фактор разделения.

**Таблица 13.1** - Техническая характеристика центрифуг типа ОГШ для обезвоживания осадков сточных вод

Параметры	Противоточные				Прямоточная 1001К-01
	352К-03	502К-04	501К-10	631К-02	
Расчетная производительность, м <sup>3</sup> /ч без флокулянтов с флокулянтами	4-8 1-3	6-12 1-3	15-25 8-15	20-40 15-25	50-80 35-60
Наибольший диаметр ротора D, мм	350	500	500	630	1000
Длина ротора L, мм	1000	900	1800	2370	3600
Отношение L/D	2,8	1,8	3,6	3,7	3,6
Максимальная частота вращения ротора, тыс. мин <sup>-1</sup>	4,0	2,6	2,6	2,0	1,0
Максимальный фактор разделения $n^2 D/1800$	3100	1950	1950	1400	555
Мощность электродвигателя, кВт	28	28	75	90	100
Масса, т	1,4	1,8	8,0	12,0	17,0

Надежность работы центрифуг и повышение срока их службы во многом зависит от выделения из обезвоженного осадка крупных и абразивных включений. Содержащийся в осадке песок, не задержанный песколовками, является основной причиной износа шнеков центрифуг. По данным, шнеки, изготовленные из стали X18H10T, существенно изнашиваются через 1,5-3 тыс. ч работы.

Применяя наплавку шнеков стеллитом, увеличивают срок их службы до 5-7 тыс. ч, а напылением карбидом вольфрама - до 12-15 тыс. ч. Поскольку стоимость шнека довольно значительна (30% стоимости центрифуги), практикуется периодическая замена шнеков, реставрируемых в заводских условиях.

Для увеличения межремонтного периода работы шнеков особенно тщательно должны эксплуатироваться песколовки, изыскиваются возможности их реконструкции с целью задержания частиц песка крупностью до 0,15 мм либо устанавливаются гидроциклоны для выделения песка из осадка. Отбросы и тряпки должны эффективно задерживаться на решетках.

По опыту центральной станции аэрации Санкт-Петербурга, устойчивость работы центрифуг возросла после установки решеток на линии сырого осадка, подаваемого в цех обезвоживания.

Основными технологическими показателями, характеризующими работу центрифуг, являются эффект  $\eta$  задержания сухого вещества (С. В.), концентрация кека  $C_k$  и объемная производительность  $Q$ .

Для оценки работы измеряются расход центрифугируемых осадков  $Q$ , концентрация (или влажность) исходного осадка  $C_o$ , кека  $C_k$  и фугата  $C_\phi$ , расход флокулянта, затраты электроэнергии. Фактическое значение  $\eta$  вычисляется по данным измерений (размерность - доли единицы):

$$\eta = \frac{C_k(C_o - C_\phi)}{[C_o(C_k - C_\phi)]}. \quad (13.6)$$

Количество фугата  $Q_\phi$  и кека  $Q_k$  удобно вычислять по формулам:

$$Q_\phi = Q \left( 1 - \eta \frac{C_o}{C_k} \right), \quad (13.7)$$

$$Q_k = Q \eta \frac{C_o}{C_k}. \quad (13.8)$$

В случае износа шнека  $\eta$  понижается, и загрязненность фугата, возвращаемого на очистку в голову сооружений, возрастает. Дополнительный

расход очищаемого в этом случае фугата  $Q_{\text{экр}}$  эквивалентный по загрязненности исходным сточным водам, может быть определен по формуле

$$Q_{\text{экр}} = \frac{Q C_o (\eta_n - \eta)}{C_{\text{СТ}}}, \quad (13.9)$$

где  $\eta_n$  - эффект задержания сухого вещества центрифугой с нормальным, изношенным шнеком (принимается по данным наладки или эксплуатации центрифуг).

Зная фактическую себестоимость очистки сточных вод на станции, можно оценить дополнительные затраты на очистку фугата  $Q_{\text{экр}}$ , вызванные износом шнека. Технологические показатели работы центрифуг зависят от конкретных свойств осадков.

Безреагентное обезвоживание на противоточных центрифугах типа ОГШ (с обычным шнеком) смеси сырых или сброженных осадков позволяет задерживать 20-40 % твердых примесей при влажности кека 65-80 %. Высокая степень загрязненности фугата требует дополнительной его обработки.

Добавление к осадкам флокулянтов позволяет повысить эффект задержания сухого вещества до 93-98%, что устраняет необходимость очистки фугата; потребные дозы флокулянтов  $D_{\text{фл}}$  при этом составляют 2-5 кг/т массы сухого вещества. В среднем дозы флокулянтов на подготовку к центрифугированию сброженных осадков несколько выше, чем для сырых осадков. Эффективность работы центрифуг даже при обработке одного и того же типа осадка может существенно отличаться в зависимости от состава поступающих сточных вод, принятой технологической схемы, режима работы сооружений, типа флокулянта, условий его смешения с осадком, конструкции и режима работы центрифуг.

Фактор разделения центрифуг с ротором диаметром от 35 до 60-80 см при безреагентном центрифугировании составляет  $\Phi=2500 \div 1000$ . При этом меньшие значения  $\Phi$  соответствуют более крупным центрифугам. Увеличение  $\Phi$  обуславливает в определенной степени повышение  $\eta$  и  $C_k$ . Однако, например, при центрифугировании осадков первичных отстойников увеличение

$\Phi > 1200 \div 1400$  становится нецелесообразным, так как при этом  $\eta$  и  $C_k$  изменяются незначительно. При центрифугировании активного ила увеличение  $\Phi$  обеспечивает, как правило, существенное повышение  $\eta$  и снижение  $C_k$ .

При обезвоживании осадков с применением флокулянтов скорость осаждения частиц резко возрастает, в связи с чем появляется возможность и целесообразность снижения  $\Phi$  до  $500 \div 1000$  и использования крупногабаритных центрифуг. При уменьшении  $\Phi$  легче обеспечить плавный ввод сфлокулированного осадка, в результате чего уменьшается разрушение хлопьев, несколько сокращается расход флокулянтов и увеличивается срок службы шнека центрифуг.

Исследованиями, проведенными в нашей стране и за рубежом, установлено, что наибольшая эффективность задержания сухого вещества достигается на прямоточных центрифугах. Этот вывод подтверждается также исследованиями и опытом эксплуатации прямоточных центрифуг с роторами диаметром 350, 450, 900 мм в Санкт-Петербурге.

Ниже приведены технологические показатели работы прямоточных центрифуг, обобщенные центральной лабораторией управления «Водоканал» Санкт-Петербурга.

Исследования показали, что осадки лучше обезвоживаются при понижении содержания в них активного ила. Результаты центрифугирования улучшаются также с уменьшением величины илового индекса.

Снижение прироста ила достигается улучшением работы первичных отстойников (преаэрацией с добавкой избыточного активного ила), а также регенерацией ила, допустимым повышением дозы ила в системе «аэротенк-вторичный отстойник». Предотвращение загнивания ила и осадков при длительном хранении или уплотнении улучшает влагоотдачу.

Предварительное хорошее уплотнение осадков, повышение эффективности центрифугирования сокращает объем обезвоживаемых осадков, расход электроэнергии и флокулянтов. Повышение зольности исходного осадка обуславливает снижение влажности кека: на каждые 10 % увеличения зольности

соответственно сокращается влажность кека на 2-2,5 %.

Наиболее легко регулируемыми в процессе эксплуатации параметрами являются доза флокулянта  $D_{фл}$  и производительность центрифуги  $Q$ . Доза флокулянтов, обеспечивающая эффект задержания сухой массы вещества:  $\eta \geq 95 \div 96$  %, специфична для различных видов осадков. При  $\eta \geq 95 \div 96$  % концентрация взвеси в фугате обычно ниже 2-2,5 г/л и возврат такого фугата в голову очистных сооружений практически не вызывает их перегрузку. Достижение более высоких значений  $\eta$  возможно за счет значительного увеличения  $D_{фк}$ .

В настоящее время практическое применение получило центрифугирование уплотненных сырых или мезофильно-сброженных смесей осадков первичных отстойников и избыточного активного ила. Результаты центрифугирования во многом зависят от состава осадков конкретных станций, от полноты и эффективности процесса сбраживания. Необходимо подчеркнуть, что вследствие распада части сухого беззольного вещества, обусловленного сбраживанием, общее количество центрифуг и потребляемых флокулянтов на станциях, где центрифугируются мезофильно-сброженные осадки, ниже, чем на станциях, где обезвоживаются сырые осадки.

Термофильно-сброженные осадки обезвоживаются значительно хуже, и улучшение технологических показателей их центрифугирования может быть достигнуто, при вакуум-фильтрации, путем их промывки и уплотнения перед обезвоживанием. При реконструкции действующих станций целесообразность такого мероприятия следует подтверждать технико-экономическими расчетами.

Значительное различие в потребных дозах флокулянта наблюдается при обезвоживании осадков на центрифугах различных конструкций. Можно проследить следующую зависимость - чем выше производительность, тем выше турбулентность, чем меньше продолжительность осветления осадка в роторе, тем большая доза флокулянта требуется для получения заданного эффекта задержания сухого вещества.

Потребность во флокулянтах обуславливает в основном эксплуатационные затраты на центрифугирование осадков сточных вод, поэтому установление оптимальных доз и типа флокулянта для данного вида осадка и типа центрифуги осуществляется путем проведения тщательных экспериментов.

Следует заметить, что производительность центрифуги зависит также от объема жидкости в роторе, определяемого диаметром сливных отверстий фугата: чем больше объем заполненного осадком ротора (меньше диаметр слива), тем больше производительность центрифуги при одних и тех же значениях эффекта задержания сухого вещества и концентрации кека.

Учитывая, что износ центрифуг в значительной степени зависит от скорости вращения ротора, т. е. от  $\Phi$ , в процессе эксплуатации рекомендуется работать при минимально возможных значениях  $\Phi$ .

Технологические показатели центрифугирования существенно улучшаются при реагентно-тепловой обработке смеси сырых осадков (коагуляции, нагревании до  $70-75^{\circ}\text{C}$ , флокуляции); при этом потребная доза флокулянтов снижается в 2-2,5 раза, концентрация кека возрастает на 6-8% при расходе коагулянтов  $\text{FeCl}_3-6\div 8\%$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4-4\div 5\%$ . Потребная доза негашеной молотой извести для нейтрализации кека составляет около 3%. При такой обработке достигается дегельминтизация осадков. Обслуживание центрифуг проводят по инструкции завода-изготовителя.

**Термическая сушка осадков.** Оптимальные условия процесса сушки осадков существенно зависят от характера связи воды с твердой фазой в механически обезвоженном осадке. Для идентификации свойств механически обезвоженных осадков определяют в лабораторных условиях кинетику сушки и находят точки перегиба кривых сушки, соответствующих различным формам связи воды в осадке. Одновременно проводят проверку соответствия условий работы узла механического обезвоживания (дозировки реагентов, перепада давления, влажности кека) параметрам сушки. Меняя состав исходного осадка и приемы оперативной корректировки свойств подсушиваемого продукта (путем добавки сухого материала - ретура), находят условия сушки, соответствующие требованиям к конечному продукту и минимальным затратам энергии.

**Барабанные сушилки.** Они отличаются низкой производительностью и относительной простотой эксплуатации. Колебания температуры газов на входе в сушилку не приводят к каким-либо неблагоприятным воздействиям, поэтому в установившихся условиях изменение температуры от 700 до 900°С влияет только на производительность сушилки. Температура газов на выходе связана с требуемой влажностью сухого продукта, 200-250° при влажности сухого осадка 30-25% и 150-180° при влажности 50-40%. Пересушка осадка до влажности ниже 15-20% приводит к подгоранию его, излишнему выходу дурнопахнущих газов, повышению опасности возгорания пылевидных продуктов.

Подвешенные в начале и конце барабана цепи способствуют измельчению осадка, предотвращают налипание на внутреннюю поверхность. При излишней влажности механически обезвоженного осадка применяют возврат части сухого продукта с целью придания ему способности комкообразования. Частота вращения барабана (2-8 мин<sup>-1</sup>) должна обеспечивать своевременное обновление влажной поверхности комков, необходимую крупность частиц высушенного осадка. Устанавливают ее экспериментально. Если гранулометрический состав сухого осадка определяется сравнительно просто ситовым анализом, то необходимые условия обновления влажной поверхности комков требуют постановки специальной серии опытов с изменением параметров сушки (влажности входящего и выходящего осадка, температуры и интенсивности отсоса газов, запыленности газовых выбросов) для выбора режима с наибольшей производительностью.

Достаточно экономичными режимами считаются те, в которых достигается расчетная нагрузка 55-60 кг испаряемой воды на 1м<sup>3</sup> объема сушилки (при влажности конечного продукта 20-25%). Если по условиям утилизации допускается высокая влажность подсушенного осадка (45-50%), то производительность сушилки может быть существенно увеличена, но при условии более интенсивного перемешивания и измельчения подсушиваемой массы в аппарате, применения ретур.

**Сушилки со встречными струями.** Они работают в условиях интенсивного измельчения и сушки вводимого осадка во встречных струях и режиме аэрофонтанирования. Нормальный режим сушки предполагает подготовку осадка

с целью ввода в аппарат, распределение (диспергирование) вводимого осадка, сушку в аэрофонтанном режиме, отделение сухого осадка в сепараторе. Все эти операции взаимосвязаны. Ввод осадка может быть осуществлен при помощи питателей комковатых либо пастообразных продуктов. Пастообразные осадки диспергируются при помощи щелевых, эвольвентных либо тангенциальных насадок. В этом случае предъявляются особые требования к однородности осадка, сохранению реологических свойств.

Комковатость осадков достигается возвратом сухого продукта и перемешиванием его с исходным осадком; для ретура используют тонкодисперсный продукт из центрально-конической части сепаратора. Условия ввода и комкообразования сложно предвидеть заранее, и в период наладки необходимо провести серию испытаний, меняя влажность и количество возвращаемого продукта. Критерием оценки качества подготовки осадка и его ввода могут служить безотказная работа узла смешения и питания, возможность снижения давления воздуха и энергозатрат.

Давление поступающего воздуха связано с температурой газов и требуемым уровнем измельчения материала, связанного с условиями аэрофонтанирования. Взаимная увязка параметров работы этих узлов сушилок представляет основную задачу наладочных работ. Необходимо учесть, что повышение влажности высушенного продукта требует более высоких скоростей истечения газов из сопла и аэрофонтанирования. При влажности исходного осадка 75-80% и сухого продукта 25-30% осредненные параметры работы сушилок предусматривают создание скорости истечения газов из сопла 250-300 м/с при температуре газов 750- 800°C. Температура отходящих газов 150-170°C.

На центральной станции аэрации Санкт-Петербурга реализована схема подачи осадка, обезвоженного на центрифугах с применением флокулянтов до влажности 80-82% , в сушилку при помощи тангенциальной распылительной форсунки. Влажный осадок винтовым насосом типа 1В20/10, создающим давление порядка до 1,0 МПа, направляется в форсунку, снабженную каналами для распыла осадка в полость разгонных труб. Предварительное смешивание осадка с ретуром не

производится, и он остается относительно пластичным. Сушка осадка производится в режиме движения газовой смеси в разгонных трубах со скоростью 100-150 м/с, температура газовой смеси 800°C. Весь сухой продукт влажностью 50% выводится на утилизацию. Снижение влажности сухого продукта до 25-30% при температуре отходящих газов 150° приводило к его подгоранию, образованию дурнопахнущих газов, что, естественно, вызывало жалобы населения.

В случае забивания форсунки кратковременно отключалась подача осадка через нее, пробка прогорала, а после возобновления подачи осадка работоспособность ее восстанавливалась.

### ***Контрольные вопросы***

1. Основные требования к обслуживающему персоналу, его подготовка к работе.
2. Типовые объемы работы по обслуживанию центрифуг и центробежных насосов.
3. Состав работ текущего и капитального ремонта трубопроводов, задвижек и вентиляей.
4. Основные условия работы очистных сооружений канализации.
5. Принципы организации химико-технологического контроля работы очистных сооружений.
6. Основные правила эксплуатации решеток.
7. Основные правила эксплуатации песколовков, их виды.
8. Основные правила эксплуатации первичных отстойников, их виды и эффективность выделения взвешенных веществ.
9. Принципы организации эффективной работы полей фильтрации и биологических прудов.
10. Основы эксплуатации биологических фильтров.
11. Сравнительная характеристика эффективности работы различных видов биофильтров.

12. Пути достижения надежности процессов биологической очистки на аэротенках.
13. Основное назначение регенерации ила.
14. Типы аэрационного оборудования, его виды и основы эксплуатации.
15. Основное назначение вторичных отстойников, правила их эксплуатации.
16. Правила эксплуатации метантанков.
17. Суть протекаемых в метантенках процессов, технический контроль за их работой.
18. Правила эксплуатации и место в технологическом процессе осветлителей-перегнивателей.
19. Правила эксплуатации и место в технологическом процессе 2-х ярусных отстойников.
20. Назначение процесса уплотнения осадков, характер протекания процесса.
21. Этапы подготовки осадков к обезвоживанию, их суть.
22. Аппаратурное оформление процесса обезвоживания, оценка эффективности работы сооружений.
23. Аппаратурное оформление процесса термической сушки осадка, оценка качества подготовки осадка к дальнейшей утилизации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Государственные санитарные правила и нормы «Вода питьевая, гигиенические требования к качеству воды централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения», утвержденные Указом Министерства здравоохранения Украины от 23 декабря 1996 г. № 383.
2. Экология города. Учебник. /Под общей редакцией д.т.н., проф. Стольберга Ф.В.- К.: Либра, 2000. – 464 с.
3. Душкин С.С. Улучшение технологии очистки природных и сточных вод. - К.: Вища школа, 1998. – 148 с.
4. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения.- М.: Стройиздат, 1985г.
5. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения/Госстрой СССР- М.:Стройиздат, 1985. – 136 с.
6. Хоружий П.Д. и др. Эксплуатация систем водоснабжения и канализации: Справочник.-К.: Будівельник, 1993. – 232 с.
7. Найманов А.Я., Никишина С.Б., Насонкина Н.Г., Омельченко Н.П., Маслак В.Н., Зотов Н.И., Найманова А.А. Водоснабжение.- Донецк, Норд-Пресс, 2004. – 649 с.
8. Душкин С.С., Гриценко А.В., Внукова Н.В., Сорокина Е.Б. Водоснабжение, водоотведение и улучшение качества воды: Уч. пособие. – Х.: ХНАДУ, 2003. – 154 с.
9. Правила технической эксплуатации водопроводов и канализации. - М.: Стройиздат, 1985. – 307 с.
10. Рудник В.П., Петишко П.И., Семенюк В.Д., Сергеев Ю.С. Эксплуатация систем водоснабжения. – К.: Будівельник, 1983. – 184 с.
11. Рудник В.П., Петишко П.И., Семенюк В.Д., Эксплуатация систем канализации. – К.: Будівельник, 1984. – 128 с.
12. Эль М.А. и др. Наладка и эксплуатация очистных сооружений городской канализации. - М.: Стройиздат, 1977. – 232 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	3
<b>МОДУЛЬ. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ВОДОПРОВОДНО-КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ.....</b>	5
<b>СМ1. ЗАДАЧИ И ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ, ВОДООТВЕДЕНИЯ.....</b>	5
ТЕМА 1. Техническая, хозяйственная характеристика водо- проводно-канализационного хозяйства населенных мест Украины и организация эксплуатации водопр- водно-канализационного хозяйства.....	5
1.1. <i>Техническая и хозяйственная характеристика водо- проводно-канализационного хозяйства населенных мест Украины.....</i>	5
1.2. <i>Организация эксплуатации водопроводно- канали- зационного хозяйства .....</i>	6
ТЕМА 2. Эксплуатация территории зон санитарной охраны источников водоснабжения и сооружений .....	8
2.1. <i>Поверхностные источники водоснабжения.....</i>	9
2.2. <i>Подземные источники водоснабжения.....</i>	12
2.3. <i>Площадка водопроводных сооружений.....</i>	13
2.4. <i>Водоводы.....</i>	14
2.5. <i>Санитарно-защитные зоны канализационных сооружений.....</i>	14
ТЕМА 3. Основные задачи диспетчеризации, структура дис- петчерской службы, лаборатория автоматики и контроля.....	16
3.1. <i>Основные задачи диспетчеризации, структура диспетчерской службы.....</i>	16
3.2. <i>Лаборатория автоматики и контроля.....</i>	23
ТЕМА 4. Ответственность должностных лиц за состояние ох- раны труда и безопасности эксплуатации и безопас- ность при эксплуатации очистных водопроводных и канализационных сооружений.....	23
4.1. <i>Ответственность должностных лиц за состояние охраны труда.....</i>	23
4.2. <i>Безопасность жизнедеятельности при эксплуатации очистных водопроводных сооружений.....</i>	33
4.3. <i>Безопасность жизнедеятельности при эксплуатации очистных сооружений канализации.....</i>	35

4.4.	<i>Безопасность при эксплуатации хлордозаторных и хлораторных.....</i>	37
4.5.	<i>Инструкция для обслуживающего персонала.....</i>	39
	Контрольные вопросы.....	49
<b>СМ2.</b>	<b>ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ВОДОПРОВОДА.....</b>	<b>51</b>
	ТЕМА 5. Испытание, приемка в эксплуатацию сооружений и организация эксплуатации очистных станций водопровода.....	51
5.1.	<i>Испытание, приемка в эксплуатацию сооружений.....</i>	51
5.2.	<i>Организация эксплуатации очистных станций.....</i>	53
	ТЕМА 6. Общие положения по обслуживанию очистных станций... ..	55
	ТЕМА 7. Очистные сооружения водопровода.....	59
7.1.	<i>Реагентное хозяйство, его эксплуатация.....</i>	59
7.2.	<i>Процессы смешения и смесители.....</i>	69
7.3.	<i>Процессы хлопьеобразования и камеры хлопьеобразования.....</i>	71
7.4.	<i>Сооружения по отстаиванию воды, их эксплуатация.....</i>	73
7.5.	<i>Фильтры и контактные осветлители.....</i>	79
7.6.	<i>Обеззараживание воды хлором и эксплуатация установок.....</i>	82
7.7.	<i>Обеззараживание воды озонированием и другими способами.....</i>	86
7.8.	<i>Стабилизация, фторирование и обесфторирование воды.....</i>	90
7.9.	<i>Сооружения по удалению из воды железа, марганца и кремния.....</i>	93
	ТЕМА 8. Производственный контроль за работой очистных сооружений водопровода и повышение ее эффективности..	94
8.1.	<i>Подготовка воды на сооружениях.....</i>	94
8.2.	<i>Приготовление растворов и режимы коагуляции.....</i>	99
8.3.	<i>Повышение эффективности работы сооружений.....</i>	101
	Контрольные вопросы.....	104
<b>СМ3.</b>	<b>ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД.....</b>	<b>105</b>
	ТЕМА 9. Общие вопросы организации эксплуатации.....	105
9.1.	<i>Организация эксплуатации, подготовка обслуживающего персонала.....</i>	105
9.2.	<i>Планово-предупредительный и капитальный ремонт.....</i>	107

ТЕМА 10. Очистные сооружения городской канализации.....	112
10.1. <i>Условия работы очистных сооружений городской канализации.....</i>	113
10.2. <i>Организация химико-технологического контроля за работой очистной станции.....</i>	116
ТЕМА 11. Эксплуатация сооружений механической очистки сточных вод.....	118
11.1. <i>Решетки.....</i>	118
11.2. <i>Песколовки.....</i>	120
11.3. <i>Первичные отстойники.....</i>	125
ТЕМА 12. Эксплуатация сооружений биологической очистки.....	131
12.1. <i>Сооружения биологической очистки в естественных условиях.....</i>	132
12.2. <i>Биологическая очистка в искусственных сооружениях..</i>	135
ТЕМА 13. Эксплуатация сооружений для обезвреживания и обезвоживания осадков.....	154
13.1. <i>Сооружения для обезвреживания осадков.....</i>	154
13.2. <i>Эксплуатация сооружений по обезвоживанию и сушки осадков.....</i>	161
Контрольные вопросы.....	178
<b>ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>180</b>

Навчальне видання

**Душкін Станіслав Станіславович,  
Благодарна Галина Іванівна,  
Коваленко Олександр Миколайович,  
Солодовник Марія Володимирівна**

## **ЕКСПЛУАТАЦІЯ ОЧИСТНИХ СПОРУД СИСТЕМ ВОДОПО- СТАЧАННЯ І ВОДОВІДВЕДЕННЯ**

Конспект лекцій

(Рос. мовою)

*Редактор: Н.З. Аляб'єв*

*Комп'ютерне верстання: Ю.П. Степась*

План 2009, поз. 47 Л

---

Підп. до друку 18.09.2009	Формат 60 x 84/16
Друк на різнографі	Ум. друк. арк. 7,7
Тираж 50 пр.	Зам №

---

Видавець і виготовлювач:  
Харківська національна академія міського господарства  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: [rectorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rectorat@ksame.kharkov.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 731 від 19.12.2001