

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	5
Раздел I. Инженерные задачи охраны водных ресурсов .....	6
Глава 1. Системы водоотведения — основа защиты водных ресурсов .....	6
1.1. Основы рационального использования водных ресурсов .....	6
1.2. Системы водоотведения населенных пунктов .....	7
1.3. Системы водного хозяйства промышленных предприятий .....	7
1.4. Показатели эффективности использования воды в системах водопотребления .....	8
1.5. Контрольные вопросы и задачи к практическим занятиям по главе 1 .....	8
1.6. Задание для самостоятельной работы по главе 1 .....	8
Глава 2. Экологическая и инженерно-технологическая оценка сточных вод .....	9
2.1. Показатели сточных вод .....	9
2.2. Контрольные вопросы и задачи к практическим занятиям по главе 2 .....	9
2.3. Задание для самостоятельной работы по главе 2 .....	10
Раздел II. Инженерные средства защиты водных ресурсов .....	11
Глава 3. Гидромеханические процессы очистки сточных вод .....	11
3.1. Усреднение сточных вод .....	11
3.2. Процеживание сточных вод .....	12
3.3. Гравитационное разделение .....	13
3.4. Инерционное разделение .....	14
3.5. Очистка сточных вод фильтрованием .....	16
3.6. Контрольные вопросы и задачи к практическим занятиям по главе 3 .....	16
3.7. Задание для самостоятельной работы по главе 3 .....	16
Глава 4. Процессы химической очистки сточных вод .....	17
4.1. Нейтрализация сточных вод .....	17
4.2. Окисление и восстановление загрязняющих веществ сточных вод .....	18
4.3. Высаживание и кристаллизация .....	18
4.4. Основы расчета оборудования для химической очистки сточных вод .....	18
4.5. Контрольные вопросы и задачи к практическим занятиям по главе 4 .....	19
4.6. Задание для самостоятельной работы по главе 4 .....	20
Глава 5. Физико-химические процессы очистки сточных вод .....	20
5.1. Очистка сточных вод коагулированием .....	20
5.2. Очистка сточных вод сорбцией .....	21
5.3. Очистка сточных вод флотацией .....	23
5.4. Очистка сточных вод электрохимическими методами .....	25
5.5. Контрольные вопросы и задачи к практическим занятиям по главе 5 .....	27
5.6. Задания для самостоятельной работы по главе 5 .....	27
Глава 6. Биологические процессы очистки сточных вод техногенного происхождения .....	28
6.1. Основы расчета сооружений для биологической очистки сточных вод второй группы .....	28
6.2. Контрольные вопросы и задачи к практическим занятиям по главе 6 .....	31
6.3. Задание для самостоятельной работы по главе 6 .....	31
Раздел III. Инженерные системы защиты водных ресурсов .....	33
Глава 7. Стратегия синтеза эффективных технологических процессов очистки сточных вод .....	33
7.1. Целевые направления очистки сточных вод. Постановка технологических задач .....	33
7.2. Определение ступеней процесса, ранжирование и поиск оптимального варианта процесса .....	34
7.3. Контрольные вопросы и задачи к практическим занятиям по главе 7 .....	35
7.4. Задание для самостоятельной работы по главе 7 .....	35
Глава 8. Инженерно-технологическое оформление процессов очистки сточных вод .....	35
8.1. Методология формирования процесса очистки сточных вод .....	35
8.2. Контрольные вопросы и задачи к практическим занятиям по главе 8 .....	36
8.3. Задание для самостоятельной работы по главе 8 .....	36
Библиографический список .....	37

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Инженерное обеспечение рационального использования и охраны водных ресурсов» относится к вариативной части дисциплин основной профессиональной образовательной программы по направлению 08.06.01 «Техника и технологии строительства», направленность «Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов» (подготовка кадров высшей квалификации). Дисциплина «Инженерное обеспечение рационального использования и охраны водных ресурсов» является дисциплиной по выбору обучающегося.

Целью освоения дисциплины «Инженерное обеспечение рационального использования и охраны водных ресурсов» является повышение уровня освоения компетенций обучающегося в сфере водоснабжения и водоотведения, формирование профессиональных знаний и навыков для решения практических задач по созданию и эксплуатации современных систем водопотребления промышленных предприятий, объектов теплоэнергетики и населенных мест, подготовка выпускников к научно-производственной и педагогической деятельности в области охраны водных ресурсов.

В процессе освоения дисциплины предусмотрены практические занятия и самостоятельная работа студента.

Методическое пособие предназначено для практического закрепления теоретического материала, включенного в лекционный курс и тематику самостоятельной работы обучающихся. Содержание пособия охватывает все разделы, предусмотренные рабочей программой дисциплины «Инженерное обеспечение рационального использования и охраны водных ресурсов».

Структура пособия включает три логически связанных раздела, отражающих последовательность практической реализации задач рационального использования и охраны водных ресурсов. Теоретический материал пособия, изложенный в восьми главах, конспективно отражает основные положения дисциплины и является связующей основой лекционных и практических занятий.

На практических занятиях необходимо закрепить теоретические знания и освоить на конкретных примерах методы и методики решения научно-технических задач в строительстве.

В процессе самостоятельной работы студент должен изучить рекомендуемый материал, изложенный в соответствующем разделе учебника, учебного пособия, дополнительной литературе, на сайтах интернета, и выполнить задания, приведенные в конце каждой главы.

Для более полного усвоения материала в процессе самостоятельной работы рекомендуется дополнять конспект лекций.

# РАЗДЕЛ I. ИНЖЕНЕРНЫЕ ЗАДАЧИ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

## Глава 1. Системы водоотведения — основа защиты водных ресурсов

### 1.1. Основы рационального использования водных ресурсов

**Водные ресурсы** — поверхностные и подземные воды, находящиеся в водных объектах, используемые в народном хозяйстве либо которые могут быть использованы. В более широком смысле — воды в жидком, твердом и газообразном состоянии и их распределение на Земле.

**Классификация водных ресурсов.** По объему, местонахождению и происхождению водные ресурсы принято подразделять на местные, региональные и глобальные, а по принадлежности — на национальные, межгосударственные и всеобщие. *К местным поверхностным водным ресурсам* относят воду, формирующуюся непосредственно в данной местности, например малые реки и малые озера какой-либо области, группы областей, экономического района. *К региональным поверхностным водным ресурсам* обычно относят транзитные воды крупных и средних рек, обслуживающих не только данную местность, но и территории, находящиеся выше и ниже по течению реки.

При прогнозировании использования воды и оценке водообеспеченности принято выполнять оценку водных ресурсов по среднегодовому стоку. Сток может истощаться в результате забора воды из реки или озера для хозяйственных нужд. При этом значительные объемы воды теряются безвозвратно в процессе хозяйственного использования, особенно для нужд орошаемого земледелия.

**Использование водных ресурсов (объектов) водопользования** принято подразделять на три разновидности:

- водопользование с забором (изъятием) водных ресурсов из водных объектов при условии возврата воды в водные объекты;
- водопользование с забором (изъятием) водных ресурсов из водных объектов без возврата воды в водные объекты (вода испаряется, расходуется или уходит с продукцией);
- водопользование без забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов (гидроэнергетика, водный транспорт, рыбное хозяйство и т.п.)

**Водохозяйственный комплекс** — совокупность отраслей народного хозяйства, совместно использующих водные ресурсы одного водного бассейна. Водохозяйственный комплекс рассматривается как сложная система, функционирующая на основе требований к количеству и качеству воды, предъявляемых различными отраслями с учетом научно обоснованных прогнозов их изменений. Водохозяйственный комплекс включает: водоснабжение, водоотведение, гидроэнергетику, водный транспорт, мелиорацию, рыбное хозяйство, здравоохранение, рекреации и др.

Требования к водохозяйственному комплексу:

- рациональное обоснованное обеспечение потребителей водой в достаточном количестве и требуемого качества;
- сохранность природных условий и гарантии защиты водных ресурсов от загрязнения, засорения и истощения;
- обеспечение наибольшего народно-хозяйственного экономического эффекта;
- гарантии надежного функционирования.

**Схемы комплексного использования и охраны водных объектов** содержат систематизированные материалы о состоянии водных объектов и об их использовании и являются основой осуществления водохозяйственных мероприятий и мероприятий по охране водных объектов, расположенных в границах речных бассейнов. Они разрабатываются согласно требованиям Водного кодекса Российской Федерации.

**Водоохранные мероприятия.** В результате деятельности человека образуется искусственный круговорот воды. Возникает необходимость очистки использованной воды (перед сбросом ее в водоем) и соответствующей подготовки природной воды перед подачей ее потребителю.

Мероприятия, направленные на обеспечение охраны поверхностных вод от загрязнения:

- разработка и реализация планов водоохранных мероприятий с учетом перспективного развития населенных пунктов, производства, водного транспорта и др.;
- разработка и внедрение современных маловодных и безводных технологий в промышленности, расширение оборотного водоснабжения и повторного использования очищенных сточных вод;

- обеспечение эффективной очистки промышленных и городских сточных вод, отводимых в водоемы, до обоснованных требований;
  - обеспечение надлежащего разбавления очищенных городских и производственных сточных вод путем контроля и регулирования стока рек.
- Мероприятия по охране подземных вод:
- локальные — ограничение миграции загрязнений по водоносному пласту от очага загрязнения;
  - профилактические (контрольные) — наблюдение за качеством подземных вод, устройство водозаборов, надежных в санитарном отношении, устройство зон санитарной охраны в зонах питания водоносных горизонтов и др.;
  - восстановительные — ликвидация источников загрязнения водоносного горизонта и восстановление природного качества подземных вод.

## 1.2. Системы водоотведения населенных пунктов

**Система водоотведения** — это комплекс инженерных сооружений и санитарных мероприятий, предназначенных для сбора и отвода (транспортирования) сточных вод за пределы обслуживаемых объектов, очистки, обеззараживания и обезвреживания загрязненных сточных вод и выпуска их в водоемы.

Система водоотведения населенного пункта содержит следующие элементы: внутренние системы водоотведения; внутриквартальные (дворовые, внутриплощадочные) сети; внешние водоотводящие сети; насосные станции и напорные трубопроводы; регулирующие резервуары; очистные сооружения; выпуски очищенных сточных вод в водоем и аварийные выпуски;ждеприемники и ливнеспуски.

Системы водоотведения, в зависимости от способа отведения различных категорий сточных вод (бытовых, производственных, атмосферных), подразделяются на общесплавные, отдельные и комбинированные. Отдельные системы, в свою очередь, подразделяются на полные отдельные (с очисткой поверхностного стока и без очистки), неполные отдельные и полуротдельные. Каждая из указанных систем водоотведения имеет свои преимущества и недостатки.

При выборе системы водоотведения для населенного пункта следует определить возможность отведения поверхностного стока в водоем без очистки. Если очистка поверхностного стока необходима, то при значении величины интенсивности дождя  $q_{20} \leq 90$  л/(с · га) в первую очередь рекомендуется рассматривать проектирование полуротдельной системы водоотведения.

Полная отдельная система водоотведения с очисткой поверхностного стока является наиболее рациональной с точки зрения организации и ведения технологического процесса очистки как на очистных сооружениях для городских сточных вод, так и на сооружениях для очистки поверхностного стока.

Окончательный выбор системы водоотведения следует делать на основании технико-экономического сравнения тождественно равных в технологическом и санитарном плане систем водоотведения. Технико-экономическая оценка вариантов должна выполняться с учетом как капитальных затрат, так и эксплуатационных.

## 1.3. Системы водного хозяйства промышленных предприятий

Вопросы рационального и комплексного водопользования в промышленности, особенно очистки и повторного использования воды, следует рассматривать неотрывно от основных технологических процессов промышленного производства. Сложность систем водоснабжения и водоотведения промышленных предприятий обуславливается специфическими требованиями к качеству используемой воды и условиями сброса сточных вод в водоем или городскую систему водоотведения.

Вода в промышленности может использоваться как сырье при получении различных продуктов в качестве *разбавителя* и *растворителя*, служит *рабочей средой* в гидравлических устройствах и системах, используется в качестве *теплоносителя* или *охлаждителя* в различных технологических процессах, является *моющим средством* для промывки тары, сырья, оборудования и др. Вода на предприятиях используется и для непромышленных целей: хозяйственно-питьевое водоснабжение; противопожарные системы; содержание территории и др. Использование воды на промышленном предприятии обуславливает образование соответствующих видов сточных вод: *производственные*, *хозяйственно-бытовые* сточные воды, а также *атмосферные (поверхностный сток)*, формирующиеся в результате выпадения атмосферных осадков и мытья территории.

**Водное хозяйство** промышленного предприятия включает системы водоснабжения, водоотведения, в которых используется, транспортируется и обрабатывается вода.

Системы водоснабжения и отведения сточных вод промышленного предприятия являются основой для разработки схемы водного хозяйства предприятия.

В промышленном водоснабжении применяются прямоточные, последовательные, оборотные и смешанные схемы использования воды.

Приоритетным направлением при разработке отдельных систем водного хозяйства предприятия должно быть минимальное влияние на окружающую среду и рациональное водопотребление.

Оптимизацию водного хозяйства предприятия проводят по следующим возможным направлениям: технологическому, техническому, экономическому или экологическому.

*Технологическое направление* предполагает минимизацию потребления предприятием свежей воды и соответственно снижение объемов сточных вод. *Техническое направление* обуславливается необходимостью сокращения общего количества отдельных потоков воды и, соответственно, трубопроводов и блоков очистки. *Экономическое направление* ставит целью снижение общих затрат на строительство и/или эксплуатацию системы водного хозяйства предприятия. *Экологическое направление* способствует уменьшению экологического ущерба от деятельности предприятия за счет снижения сбросов загрязнений со сточными водами, утилизации осадков и др.

#### 1.4. Показатели эффективности использования воды в системах водопотребления

Оценка совершенства систем защиты водных ресурсов от загрязнения сточными водами предприятия или группы предприятий необходима для анализа состояния использования водных ресурсов в регионе или в промышленности. Эффективность использования воды водопотребителем оценивается совокупностью показателей.

*Показатель использования воды* отражает назначение использования воды. Так, если величина показателя приближается к единице, это означает, что вода используется как сырье непосредственно для получения продукции. Наименьшее значение показателя отражает вспомогательную роль воды, например, в промывочных операциях.

*Показатель оборота воды в системе водного хозяйства* потребителя характеризует технологическое совершенство водопотребления, а также степень предотвращения отрицательного воздействия на окружающую водную среду.

*Показатель безвозвратных потерь воды в системе водного хозяйства предприятия.* Безвозвратные потери — это разность между количеством воды, поступившей на предприятие, включая сырье, и количеством отведенных сточных вод.

#### 1.5. Контрольные вопросы и задачи к практическим занятиям по главе 1

1. Дайте определение понятия «водные ресурсы» и их классификации.
2. Что включает в себя понятие «водохозяйственный комплекс»?
3. Что должны включать в себя схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов?
4. Опишите порядок разработки системы водоотведения для населенного пункта.
5. Какими факторами определяется эффективность использования водных ресурсов промышленным предприятием?
6. Опишите порядок разработки и оптимизации систем и схемы водоснабжения и водоотведения промышленного предприятия.
7. По каким основным направлениям может проводиться оптимизация схемы водного хозяйства предприятия, в чем их суть?
8. По каким основным показателям оценивается эффективность использования воды в инженерных системах?

#### 1.6. Задание для самостоятельной работы по главе 1

В процессе самостоятельной работы, используя учебную, учебно-методическую, справочную и нормативную литературу, включая ЭБД, необходимо выполнить следующие задания:

- провести анализ источников информации в части регламентации использования водных ресурсов в Российской Федерации;
- провести анализ источников информации в части регламентации условий выпуска городских и промышленных сточных в водные объекты;
- провести анализ имеющихся типовых схем рациональной организации территориального водохозяйственного комплекса.

- В процессе самостоятельной работы необходимо освоить следующие элементы дисциплины:
- состав и принципы разработки схем комплексного использования и охраны водных объектов;
  - принципы разработки системы и схемы водоотведения населенного пункта;
  - приемы технологической и технико-экономической оценки альтернативных вариантов систем водоотведения населенного пункта;
  - принципы разработки систем и общей схемы водного хозяйства промышленного предприятия.

## **Глава 2. Экологическая и инженерно-технологическая оценка сточных вод**

### **2.1. Показатели сточных вод**

Инженерно-экологическая оценка сточных вод предполагает две сферы практического применения ее результатов — инженерно-технологическую и экологическую.

Современная практика оценки вод осуществляется по величинам показателей санитарно-химического анализа (СХА) и их соответствию системам предельных значений, установленных для конкретных целевых задач водопотребления и отведения сточных вод. Следует отметить, что значительная часть показателей СХА — индивидуальные и только небольшая часть — групповые, но и они «привязаны» к индивидуальным веществам или признакам, например, такие показатели, как кислородные эквиваленты степени загрязненности воды: химическая потребность в кислороде (ХПК) и биохимическая потребность в кислороде (БПК), и ряд других.

При этом предполагается, что текущее состояние конкретных потоков сточных вод объективно оценивается показателями СХА.

Для экологического мониторинга влияния сточных вод на водные и другие объекты окружающей среды показатели СХА вполне достаточны, поскольку оценка влияния загрязняющих веществ осуществляется на основании значений предельно допустимых концентраций.

Инженерно-технологические задачи кондиционирования воды традиционно формулируются как приведение «превышенных» значений конкретных показателей воды в соответствие с конкретными требованиями того или иного направления ее использования или отведения. Система дискретных показателей СХА дает возможность оценить конечную цель кондиционирования воды, но не раскрывает структуру физико-химических свойств воды. Этой информации недостаточно для синтеза инженерно-технологических решений задач очистки сточных вод. Понятие «аквасистема» включает систему знаний не только о составе воды, но и о физико-химических свойствах.

Понимание свойств аквасистем, формализованных их признаками, позволяет не только существенно сократить время и материальные затраты на решение технологических задач, но и обеспечить их более высокую эффективность.

### **2.2. Контрольные вопросы и задачи к практическим занятиям по главе 2**

#### *Экологическая оценка аквасистем сточных вод*

1. Что означает «презумпция экологической опасности хозяйственной деятельности»?
2. Категории водных объектов.
3. Как формируются потоки сточных вод на селитебных территориях?
4. Поясните понятие «фоновое загрязнение».
5. Укажите источники поступления биогенных веществ в сточные воды.
6. Что характеризует показатель ПДК? Как определяется «точка» отбора проб для оценки соответствия этому показателю?
7. Что означает нагрузка на водоем по загрязняющим веществам? В каких единицах измеряется?
8. Как вычислить нагрузку на литосферу от очистных сооружений?
9. Оцените роль каждой ступени очистки сточных вод в защите водных объектов.
10. На каком этапе реализации очистных сооружений проводится оценка влияния на окружающую среду (ОВОС)?
11. Как реализуется принцип платности природопользования?

#### *Инженерно-технологическая оценка аквасистем сточных вод*

12. Каков принцип выбора величины лимитирующего показателя при результатах, полученных с учетом разных факторов?
13. Какие показатели СХА называются технологическими?

14. Какой минимальный набор показателей СХА необходимо определить, чтобы оценить возможность и целесообразность биологической очистки сточных вод?

15. Определите, нужна ли добавка биогенных элементов для биологической очистки бытовой сточной воды.

16. Изменится ли в бытовых сточных водах, и если да, то как, соотношение БПК: N: P при увеличении нормы водоотведения в два раза?

17. Смешиваются два потока сточных вод с расходами 100 и 25 л/с. БПК вод составляют соответственно 85 и 400 мг/л. Рассчитайте БПК смеси и поясните, при каком условии этот расчет справедлив.

18. Дайте приближенную оценку соотношения органических и неорганических примесей в сточной воде, если известно, что плотный остаток составляет 1400 мг/л, а солесодержание с достаточной степенью точности определяется наличием хлоридов — 320 мг/л, сульфатов — 120 мг/л, карбонатов — 400 мг/л, общего фосфора — 40 мг/л. В ответе поясните, для каких примесей (по фазово-дисперсному состоянию) может быть выполнен расчет по условию задачи.

19. В чем состоит принцип расчета нормативов допустимого сброса загрязняющих веществ по основным группам?

20. Покажите графически, как зависит концентрация бытовых сточных вод по основным показателям СХА от нормы водоотведения. Можно ли подобные расчеты сделать для производственных сточных вод?

### 2.3. Задание для самостоятельной работы по главе 2

Используя учебную, учебно-методическую, справочную и нормативную литературу, включая ЭБД, изучить и составить конспекты по следующим темам:

- экологический контроль на сооружениях водопроводно-канализационного хозяйства;
- экологическая экспертиза проектов водопроводно-канализационного строительства;
- оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) в проектах водоотводящих систем и очистных сооружений сточных вод;
- регламентация поступления загрязняющих веществ в окружающую среду. Основные документы;
- система экологического образования;
- просветительская работа по экологии и самообразование;
- общественное экологическое движение;
- экологический мониторинг отдельных элементов систем очистки сточных вод;
- отчетность и принятие решений по охране водных объектов;
- проведение экологической экспертизы — предотвращение негативного воздействия на водные ресурсы;
- экологическое нормирование, экологическая стандартизация;
- платность природопользования;
- примеры успешного восстановления и охраны водных ресурсов;
- ответственность за нарушение природоохранного законодательства.

## РАЗДЕЛ II. ИНЖЕНЕРНЫЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

### Глава 3. Гидромеханические процессы очистки сточных вод

По трубопроводам системы водоотведения на очистные сооружения поступает значительное количество нерастворенных и малорастворимых примесей минеральной и органической природы, в зависимости от размеров их относят к твердым отбросам или грубодисперсным примесям (ГДП).

В зависимости от свойств загрязняющих веществ сточных вод и требований к качеству очищенной воды применяют различные процессы, очистные сооружения и оборудование, а также их комбинации. В системах гидромеханической очистки сточных вод применяются процессы усреднения, процеживания, гравитационного и инерционного разделения и фильтрования. Все процессы механической очистки сточных вод относятся к *разделительным*.

Гидромеханическая очистка сточных вод может обеспечивать решение задач очистки воды:

– в качестве автономной системы — при достижении достаточной эффективности очистки сточных вод;

– в качестве подготовительной ступени к последующим процессам очистки сточных вод.

В технологические задачи механической очистки сточных вод входит отделение первичных ГДП, отделение вторичных и последующих ГДП, образующихся в процессах обработки сточных вод.

Извлечение крупных включений осуществляют с использованием процессов процеживания. Для извлечения более мелких дисперсных загрязняющих примесей — гравитационное разделение и фильтрование. Процессы инерционного разделения загрязняющих веществ используют при их высоком содержании в сточных водах и достаточном различии в плотностях. Процессы усреднения в настоящее время применяют на подготовительной ступени очистки сточных вод.

#### 3.1. Усреднение сточных вод

Процесс усреднения обеспечивает регулирование расхода сточных вод, выравнивание колебаний концентрации загрязняющих веществ, а также частичное отделение нерастворенных примесей из воды.

Усреднение расхода сточных вод может быть также достигнуто путем устройства системы отбора постоянного расхода с помощью насосов. В этом случае эффективность усреднения мало зависит от вместимости резервуара-усреднителя.

Для выравнивания колебаний концентрации загрязняющих веществ в поступающих сточных водах применяют усреднение, основанное на принципах перемешивания поступающей воды с находящейся в усреднителе или дифференцирования потока во времени.

##### 3.1.1. Основы расчета усреднителей (по концентрации)

Для расчета усреднителя по концентрации предварительно определяют показатель усреднения по выражению:

$$K = \frac{C_{\max} - \bar{C}}{C_{\text{ндк}} - \bar{C}} \text{ при } C_{\text{ндк}} > \bar{C}, \quad (3.1)$$

где  $C_{\max}$  — наибольшая концентрация загрязняющих веществ в поступающих сточных водах;  $C_{\text{ндк}}$  — наибольшая допустимая концентрация сточных вод;  $\bar{C}$  — концентрация загрязняющих веществ после усреднения.

Вместимость усреднителя определяют в зависимости от вида притока сточных вод  $Q$ , типа сооружения и вида притока (с продолжительностью периода залпа  $T_3$  или  $T_{11}$ ) с использованием табл. 3.1.

Конструктивное исполнение резервуаров усреднителей может быть различным по форме и конструкционным материалам.



### Определение вместимости усреднителей

Тип усреднителя	Вид притока сточных вод	
	залповый	циклический
С перемешивающими устройствами	$K < 5$ $W = \frac{1,3Q \cdot T_3}{\ln\left(\frac{K}{K-1}\right)}$	$K < 5$ $W = 0,21Q \cdot T_{\text{ц}} \sqrt{K^2 - 1}$
	$K \geq 5$ $W = 1,3Q \cdot T_3 K$	$K \geq 5$ $W = 1,3Q \cdot T_{\text{ц}} K$
С дифференцированием потока	$W = 1,3Q \cdot T_3 \frac{K}{2}$	$W = 1,3Q \cdot T_{\text{ц}} \frac{K}{2}$
Многоканальный	$W = Q \cdot T_3 \frac{K}{2}$	$W = 1,3Q \cdot T_{\text{ц}} \frac{K}{2}$

### 3.2. Процеживание сточных вод

Процессы процеживания применяют для выделения из сточной жидкости крупных твердых примесей и более мелких, главным образом волокнистых загрязняющих веществ. Для выделения крупных частиц используют решетки, а более мелких — сетки, волокнуловители и микропроцеживатели.

**Решетки** применяют для предварительной очистки на всех очистных станциях. Конструкции решеток, применяемых для процеживания коммунальных и производственных сточных вод, аналогичны.

**Сита** разных типов применяются для выделения из производственных сточных вод более мелких взвешенных веществ. Наибольшее распространение получили дуговые сита. Различают дуговые сита с неподвижной или подвижной сеткой.

**Волокнуловители** применяют для удаления волокна из производственных сточных вод предприятий. Для процеживания сточных вод, содержащих волокна, применяют волокнуловители различных типов: дисковые, барабанные, ленточные и др.

Волокнуловители ленточного типа более просты в эксплуатации и не требуют создания большого перепада уровней воды в каналах.

**Микропроцеживатели** применяют для удаления из сточной жидкости очень мелких твердых частиц. Конструктивно микропроцеживатели представляют собой горизонтально расположенные цилиндры с проницаемой для воды боковой поверхностью, на которой откладываются задерживаемые твердые частицы. Обработываемые сточные воды подаются на микропроцеживатели насосной установкой.

#### 3.2.1. Основы расчета процеживателей

Технологический расчет процеживателей состоит в определении необходимой площади поверхности процеживания, выборе оборудования, определении количества единиц и гидравлических потерь напора.

Необходимая поверхность процеживания, обеспечивающая проток максимального расхода сточных вод при допустимой гидравлической нагрузке, составит:

$$F = q_{\text{max}} / q_f, \quad (3.2)$$

где  $F$  — площадь поверхности процеживания, м<sup>2</sup>;  $q_{\text{max}}$  — максимальный расчетный расход сточных вод, м<sup>3</sup>/ч;  $q_f$  — гидравлическая нагрузка на процеживатель, м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·ч).

Приняв конкретный тип технологического оборудования, находят количество одновременно работающих единиц:

$$N = F / F_{\text{тип}}, \quad (3.3)$$

где  $N$  — количество процеживателей, шт.;  $F_{\text{тип}}$  — рабочая поверхность единицы типового оборудования, м<sup>2</sup>.

Расчетные потери напора на работающих процеживателях составят:

$$\Delta h = \zeta q_f^2 K_c / (2g), \quad (3.4)$$

где  $\Delta h$  — потери напора, м;  $\zeta$  — коэффициент местного сопротивления;  $K_c$  — коэффициент засорения поверхности процеживателя.

### 3.3. Гравитационное разделение

Основа методов гравитационного разделения — движение частиц загрязняющих веществ, обладающих плотностью, отличающейся от плотности воды, в поле гравитационных сил. Очистку сточных вод, содержащих оседающие вещества, осуществляют в отстойниках и осветлителях со взвешенным слоем осадка. Для отделения всплывающих нерастворенных примесей используют жиросепараторы, нефтеловушки, бензиноуловители.

**Отстойники** предназначены для отделения нерастворенных загрязняющих веществ минерального и органического происхождения, проявляющих свойства осаждения или всплывания. В коммунальных и производственных системах очистки сточных вод получили распространение как горизонтальные, так и радиальные отстойники. Для очистки относительно малых объемов сточных вод применяют различные конструкции вертикальных отстойников.

**Осветлители** со взвешенным слоем осадка применяют в системах очистки сточных вод с использованием коагулирования. Наибольшее распространение они получили для предварительного осветления производственных сточных вод, содержащих коллоидные загрязняющие вещества.

**Жиросепараторы** (жироловки) предусматривают для предварительной обработки сточных вод, содержащих большое количество жиров. Простейший жиросепаратор представляет собой горизонтальный резервуар, в котором всплывающие вещества (жиры) за период прохождения по нему жидкости успевают подняться наверх, где могут быть отделены от сточной жидкости.

**Нефтеловушки** применяют для очистки производственных сточных вод, содержащих нефтепродукты. Простейшие нефтеловушки — это прямоугольные, вытянутые в длину резервуары, в которых за счет разности плотности нефти и воды происходит их разделение. Нефть, находящаяся в воде в виде частиц различного размера, всплывает на поверхность, а минеральные примеси оседают на дно.

**Бензиноуловители** устраивают, если в производственных сточных водах содержится большое количество бензина или других легких фракций нефтепродуктов. Гравитационные бензиноуловители размещают до выпуска сточных вод в централизованные системы производственного и коммунального водоотведения.

**Отстойники-смоломаслоуловители** применяют для выделения из сточных вод жидких смол. Отстойники-смоломаслоуловители бывают радиального и горизонтального типов. Особенность отстойников-смолоуловителей состоит в необходимости подогрева зоны накопления выделившихся фракций перед выпуском их из сооружения.

#### 3.3.1. Основы расчета сооружений гравитационного разделения

Особенность гравитационного разделения состоит в том, что направление массопереноса всегда совпадает с вертикалью, независимо от направления движения потока очищаемых вод. Вследствие этого в расчетах необходимо учитывать наложение векторов скоростей перемещения потока воды и гравитационного движения отделяемых дисперсных частиц.

**Расчет отстойников, осветлителей и нефтеловушек** в общем виде предполагает определение продолжительности пребывания воды в сооружении, достаточной для выделения оседающих (всплывающих) загрязняющих веществ с расчетной гидравлической крупностью. Гидравлическую крупность принимают по справочным данным или результатам исследований. Расчетная гидравлическая крупность меньше теоретической вследствие влияния «мешающих» факторов — температуры, турбулентности, несовершенства конструкции и других. Продолжительность пребывания воды в сооружении принимают равной отношению пути разделения (высоты) к расчетной гидравлической крупности. Соответственно, необходимая вместимость гравитационных разделителей составит:

$$W_{\min} = Q_{\max} \cdot H_s \cdot k / (3,6U_0 \cdot k_{set}), \quad (3.5)$$

где  $W_{\min}$  — минимально допустимая вместимость сооружений, м<sup>3</sup>;  $Q_{\max}$  — максимальный часовой приток сточных вод, м<sup>3</sup>/час;  $H_s$  — длина пути разделения (высота, глубина), м;  $U_0$  — расчетная гидравлическая крупность частиц, мм/с;  $k$  — коэффициент, учитывающий турбулентность потока воды;  $k_{set}$  — коэффициент использования объема сооружения.

Глубину отстаиваемого слоя принимают до 2 м, количество сооружений гравитационного разделения устанавливают не менее двух — все рабочие.

**Расчет жиросодержателей** состоит в определении максимального притока жиросодержащих сточных вод и необходимой вместимости сооружений. По условиям формирования жиросодержащие сточные воды разделяют на производственные от мясо-, рыбо- и других перерабатывающих предприятий и моечные от предприятий питания.

Первоначально определяют максимальный расход сточных вод от источника их поступления:

$$q_s = m \cdot q_m \cdot K_q / (3600 \cdot t), \quad (3.6)$$

где  $q_s$  — максимальный расход сточных вод, л/с;  $m$  — объем производства, ед./час;  $q_m$  — удельный расход воды, л/ед.;  $K_q$  — коэффициент неравномерности расхода;  $t$  — продолжительность притока сточных вод, ч.

Необходимую вместимость жиросодержателя определяют по выражению:

$$W_{\max} = 3,6q_s \cdot K_t \cdot K_p \cdot K_{\text{ПАВ}} \cdot t, \quad (3.7)$$

где  $W_{\max}$  — вместимость сооружения, м<sup>3</sup>;  $K_t$  — коэффициент температуры сточных вод: при  $T < 60$  °С равен 1, при  $T > 60$  °С равен 1,3;  $K_p$  — коэффициент удельного веса жира: при  $\rho < 0,94$  г/см<sup>3</sup> равен 1, при  $\rho = 0,95$  г/см<sup>3</sup> равен 1,25;

$K_{\text{ПАВ}}$  — коэффициент сложности: моеющее средство не применяется —  $K_{\text{ПАВ}} = 1$ ; применяется моеющее средство —  $K_{\text{ПАВ}} = 1,3$ ;

$t$  — продолжительность пребывания воды в жиросодержателе, ч.

Вместимость иловой части в жиросодержателе должна быть не менее 10 %  $W_{\max}$ .

### 3.4. Инерционное разделение

Назначение инерционных разделителей — извлечение дисперсных загрязняющих веществ, имеющих плотность, отличающуюся от плотности воды, в поле центробежных сил.

Оборудование для очистки сточных вод, использующее этот принцип, представлено разными типами гидроциклонов, центрифуг и жидкостных сепараторов.

**Гидроциклоны** осуществляют разделение твердых загрязняющих веществ и воды с использованием сил инерции. Их применяют для осветления сточных вод и сгущения осадков. По конструктивным особенностям они разделяются на напорные и открытые.

**Напорные гидроциклоны** используют для выделения только агрегатоустойчивых грубодисперсных примесей, имеющих плотность, отличающуюся от плотности воды. В большинстве случаев их применяют для отделения тяжелых примесей.

**Открытые гидроциклоны** используют для выделения из сточных вод оседающих и грубодисперсных всплывающих примесей с гидравлической крупностью  $U_0 > 0,2$  мм/с. Открытые гидроциклоны бывают без внутренних устройств, с внутренними устройствами, повышающими их эффективность, и многоярусные. Внутренние устройства представляют собой конические диафрагмы и внутренние цилиндрические перегородки.

**Многоярусные гидроциклоны** применяют для выделения тяжелых грубодисперсных примесей и нефтепродуктов, не способных к агломерации.

#### 3.4.1. Основы расчета гидроциклонов

Расчет напорных гидроциклонов состоит в определении производительности принятого типа гидроциклона по выражению:

$$Q_{\text{ц}} = K_1 \cdot D \cdot d_{\text{вх}} \cdot \sqrt{2g \cdot H}, \quad (3.8)$$

где  $Q_{\text{ц}}$  — производительность гидроциклона, м<sup>3</sup>/ч;  $K_1$  — коэффициент, принимают равным 0,524;  $D$  — диаметр корпуса гидроциклона, м;  $d_{\text{вх}}$  — диаметр входного патрубка, мм;  $\Delta H$  — потери напора, м.

Давление воды на входе в напорный гидроциклон принимают в пределах 5...30 м водяного столба. **Расчет открытых гидроциклонов** состоит в определении удельной гидравлической нагрузки на горизонтальную поверхность сооружения:

$$q_f = 3,6 \cdot K \cdot U_0, \quad (3.9)$$

где  $q_f$  — гидравлическая нагрузка,  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ ;  $U_0$  — гидравлическая крупность задерживаемых частиц,  $\text{мм/с}$ ;  $K$  — показатель внутренних устройств гидроциклона.

Расход воды, подаваемый на один гидроциклон или на один ярус, определяют по выражению:

$$Q_{\text{ц}} = q_f \cdot F, \quad (3.10)$$

где  $Q_{\text{ц}}$  — расчетный расход воды, подаваемый на гидроциклон с открытой поверхностью  $F$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

Откуда необходимое количество открытых гидроциклонов  $N_{\text{ц}}$  составит, шт.:

$$N_{\text{ц}} = Q_w / Q_{\text{ц}}, \quad (3.11)$$

где  $Q_w$  — *наибольший* расход обрабатываемой воды,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

**Центрифуги** в последнее время находят все более широкое применение для осветления сточных вод. Чаще всего используют осадительные центрифуги непрерывного или периодического действия для локальной очистки сточных вод, когда выделенный осадок благодаря ценным свойствам может быть утилизирован.

**Жидкостные сепараторы** предназначены для разделения эмульсий и суспензий в поле центробежных сил. Особенность их устройства заключается в каскаде конических тарелок, формирующих тонкослойный ламинарный поток. В практике очистки сточных вод жидкостные сепараторы имеют ограниченное применение вследствие сложности эксплуатации и ограниченной производительности.

### 3.4.2. Основы расчета центрифуг

Основной величиной, определяющей параметры центрифугирования, является гидравлическая крупность отделяемых частиц в поле центробежных сил. По результатам лабораторных исследований определяют фактор разделения  $\Phi$ , продолжительность центрифугирования (продолжительность пребывания суспензии в роторе)  $t_{\text{цф}}$ , с, и высоту осветляемого слоя  $h$ , мм, при которых обеспечивается необходимая степень очистки воды.

С учетом полученных данных выбирают вид центрифуги:

непрерывного действия для очистки сточных вод с расходом до  $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; противоточные — при гидравлической крупности отделяемых частиц  $0,2 \text{ мм/с}$ ; прямоточные — при гидравлической крупности  $0,05 \text{ мм/с}$ ; периодического действия для очистки сточных вод, расход которых не превышает  $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ , а также при необходимости отделения частиц гидравлической крупностью  $0,05 \dots 0,01 \text{ мм/с}$ .

По величине фактора разделения подбирают тип центрифуги и определяют вместимость ванны ротора центрифуги  $W_p$ ,  $\text{м}^3$ :

$$W_p = 0,25\pi D_p^2 \cdot L_p, \quad (3.12)$$

где  $D_p$  — диаметр ротора центрифуги, м;  $L_p$  — длина ротора центрифуги, м.

Далее определяют объемную производительность центрифуги  $Q_{\text{цф}}$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , по формуле

$$Q_{\text{цф}} = 3,6 \cdot 10^3 \frac{W_p}{t_{\text{цф}}} K_p, \quad (3.13)$$

где  $K_p$  — коэффициент использования объема ротора, принимаемый равным  $0,4 \dots 0,6$ ;  $t_{\text{цф}}$  — продолжительность центрифугирования, с.

Число единиц рабочих центрифуг  $n$ , шт., определяют по количеству обрабатываемых сточных вод:

$$n = Q_w / Q_{\text{цф}}, \quad (3.14)$$

где  $Q_w$  — *наибольший* часовой расход сточных вод,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)