



**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ
ЗАОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
ФАКУЛЬТЕТА
ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ
V - 10**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Факультет «Водоснабжение и водоотведение»

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ
ЗАОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ ФАКУЛЬТЕТА
«ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ»
(V курс 10-й семестр)**

Под общей редакцией
проф. Ю.В. Воронова и доц. А.Л. Ивчатова

Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов
РФ по образованию в области строительства в качестве
учебного пособия для студентов, обучающихся
по специальности 270112
«Водоснабжение и водоотведение»
направления 653500 «Строительство»



Издательство Ассоциации строительных вузов
Москва, 2008

Рецензенты:

заведующий кафедрой «Водоснабжение»
Московского государственного строительного университета
профессор, кандидат технических наук
М.А. Сомов;

заведующий кафедрой «Охрана водных ресурсов»
Московского государственного строительного университета
профессор, доктор химических наук
Б.Н. Фрог

**Учебное пособие для студентов заочного отделения факультета
«Водоснабжение и водоотведение»: Учеб. пособие. – М.: Издательство
Ассоциации строительных вузов, 2008. – 488 с.**

ISBN 978-5-93093-582-0

Настоящий труд представляет комплекс учебно-методических пособий по дисциплинам, изучаемым студентами на 5 курсе (в 10-м семестре) заочного отделения факультета «Водоснабжение и водоотведение» МГСУ.

ISBN 978-5-93093-582-0

© Издательство АСВ, 2008
© Коллектив авторов, 2008

ПРЕДИСЛОВИЕ

В последние годы ощущается острый дефицит специальной технической учебно-методической и справочной литературы, позволяющей студентам самостоятельно овладеть дисциплинами, предусмотренными Государственным образовательным стандартом.

Цель настоящего комплекса учебно-методических пособий — создать надежную базу для изучения студентами-заочниками предусмотренных учебными планами дисциплин, указать основные направления, цели и задачи изучаемого предмета, его связь с другими дисциплинами, сориентировать их в поиске основной и дополнительной литературы.

Комплекс учебно-методических пособий включает рубрику «Наши учителя» и 7 разделов по отдельным дисциплинам, которые написали ведущие преподаватели МГСУ:

предисловие — проф. Ю.В. Воронов; рубрика «Наши учителя» — проф. Ю.В. Воронов и доц. О.Я. Маслова; раздел 1 – «Водоотводящие системы промышленных предприятий» — проф. Ю.В. Воронов, доц. А.Л. Ивчатов; Раздел 2 – «Водоснабжение и водоотведение» — проф. В.П. Саломеев, доц. А.Л. Ивчатов; раздел 3 – «Водоснабжение промышленных предприятий» — доц. А.М. Ефимов; раздел 4 – «Водоснабжение (водоподготовка)» — доц. А.М. Ефимов; раздел 5 – «Водоотведение и очистка сточных вод» — проф. Е.В. Алексеев, проф. В.П. Саломеев; раздел 6 – «Технология и организация строительного производства» — доц. А.С. Комаров; раздел 7 – «Реконструкция инженерных систем и сооружений» — проф. В.А. Орлов, проф. В.П. Саломеев.

НАШИ УЧИТЕЛЯ

КАРЕЛИН ЯКОВ АЛЕКСАНДРОВИЧ

Родился Я.А. Карелин в 1906 году в деревне Горскино Махневского района Свердловской области в крестьянской семье.

1929 г. — пикетажист дорожного отдела Кутлымо-Косынского горного округа Свердловской области;

1930 г. — техник и производитель работ на строительстве канализации г. Свердловска в тресте «Коммунстрой»;

1930–1935 гг. — студент МИСИ им. В.В. Куйбышева в г. Москве;

1935–1937 гг. — инженер Водоканалпроекта, г. Москва;

1937–1941 гг. — ассистент МИСИ им. В.В. Куйбышева;

1941–1945 гг. — старший инженер и начальник бригады «Нефтепроект» на строительстве нефтеперерабатывающих заводов в г. Талица Свердловской области и г. Куйбышев;

1946–1953 гг. — доцент кафедры канализации МИСИ им. В.В. Куйбышева;

1953–1957 гг. — заведующий кафедрой канализации;

1958–1996 гг. — профессор МИСИ им. В.В. Куйбышева.

Профессор Я.А. Карелин подготовил более 45 кандидатов технических наук, которые сейчас возглавляют многие научные и проектные фирмы и лаборатории, ведут преподавательскую работу во многих университетах России и зарубежом.

Одновременно с педагогической деятельностью Яков Александрович отдавал много сил научным исследованиям по наиболее актуальным для народного хозяйства направлениям в области очистки производственных сточных вод. Многие разработки, выполненные под его научным руководством, демонстрировались на ВДНХ СССР. Его глубокие теоретические знания, опыт практической работы воплощены в многочисленных статьях, монографиях, пособиях, учебниках, неоднократно переиздававшихся в нашей стране и за рубежом, а его лекции по проблемным направлениям очистки сточных вод слушались в технических университетах Германии, Польши, Венгрии и других стран. Широка и многогранна научно-общественная деятельность профессора Я.А. Карелина.

Являясь ректором Университета технического прогресса в строительстве при МИСИ с момента его открытия в 1951 году, профессор Я.А. Карелин многие годы направлял работу профессорско-преподавательского состава университета. Эта плодотворная деятельность была с благодарностью отмечена Всесоюзным обществом «Знание», широкой научной и технической общественностью Москвы.

Профессор Я.А. Карелин являлся заместителем секции строительства и архитектуры Научно-технического совета Минвуза СССР, членом ученых советов МИСИ и ВНИИ ВОДГЕО.

За успешную научно-педагогическую и трудовую деятельность Яков Александрович был награжден орденами «Знак Почета», «Трудового Красного Знамени» и многими медалями, в том числе «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.», знаком Высшей школы СССР «За отличные успехи в работе», Почетными грамотами Минвуза СССР и медалями ВДНХ.

Сегодня можно с уверенностью сказать, что нет такой отрасли промышленности, где бы ни работали специалисты, которых Яков Александрович научил мудрости инженерной науки и которые ежедневно несут нелегкую службу охраны природы.



РАЗДЕЛ 1. ВОДООТВОДЯЩИЕ СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

1.1. СОСТАВ И СВОЙСТВА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД. РЕЖИМ ВОДООТВЕДЕНИЯ

Классификация. Сточные воды, отводимые с территории промышленных предприятий, по своему составу могут быть разделены на три вида:

1) производственные — использованные в технологическом процессе или получающиеся при добыче полезных ископаемых (угля, нефти, руд и т.п.);

2) бытовые — от санитарных узлов производственных и непроизводственных корпусов и зданий, а также от душевых установок, имеющих на территории промышленных предприятий;

3) атмосферные — дождевые и от таяния снега.

Производственные сточные воды делятся на две основные категории: загрязненные и незагрязненные (условно чистые).

Загрязненные производственные сточные воды содержат различные примеси и подразделяются на три группы:

1) загрязненные преимущественно минеральными примесями (предприятия металлургической, машиностроительной, рудо- и угледобывающей промышленности; заводы по производству минеральных удобрений, кислот, строительных изделий и материалов и др.);

2) загрязненные преимущественно органическими примесями (предприятия мясной, рыбной, молочной, пищевой, целлюлозно-бумажной, химической, микробиологической промышленности; заводы по производству пластмасс, каучука и др.);

3) загрязненные минеральными и органическими примесями (предприятия нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, нефтехимической, текстильной, легкой, фармацевтической промышленности; заводы по производству консервов, сахара, продуктов органического синтеза, бумаги, витаминов и др.).

По концентрации загрязняющих веществ производственные сточные воды разделяются на четыре группы: 1—500, 500—5000, 5000—30 000, более 30 000 мг/л.

Производственные сточные воды могут различаться по физическим свойствам загрязняющих их органических продуктов (например, по температуре кипения: менее 120, 120—250 и более 250 °С).

По степени агрессивности эти воды разделяют на слабоагрессивные (слабокислые с $\text{pH} = 6\text{--}6,5$ и слабощелочные с $\text{pH} = 8\text{--}9$), сильноагрессивные (сильнокислые с $\text{pH} < 6$ и сильнощелочные с $\text{pH} > 9$) и неагрессивные (с $\text{pH} = 6,5\text{--}8$).

Кроме того, загрязненные производственные сточные воды классифицируются по содержанию токсичных и опасных в эпидемиологическом отношении веществ и примесей, а также по наличию концентрированных отходов производства, не подлежащих спуску в водоотводящую сеть.

Незагрязненные производственные сточные воды поступают от холодильных, компрессорных, теплообменных аппаратов. Кроме того, они образуются при охлаждении основного производственного оборудования и продуктов производства. Эти воды нагреты и, как правило, после охлаждения используются повторно.

На различных предприятиях, даже при одинаковых технологических процессах, состав производственных сточных вод, режим водоотведения и удельный расход на единицу выпускаемой продукции весьма разнообразны. Большое значение в формировании состава производственных сточных вод имеет вид перерабатываемого сырья. Так, например, основным загрязняющим компонентом сточных вод на нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятиях является нефть; на рудообогатительных фабриках — руда; на мясокомбинатах — мясо, не переваренная пища животных; на бумажных фабриках — целлюлозные волокна; на фабриках первичной обработки шерсти (ПОШ) — жир, шерсть и т.д. Состав сточных вод зависит также от технологического процесса, применяемых компонентов, промежуточных изделий и продуктов, выпускаемой продукции, состава исходной свежей воды, местных условий и др.

Режим водоотведения. При проектировании водоотводящих сетей и очистных сооружений необходимо знать не только суточное количество сточных вод, но и режим их поступления по часам суток, иначе говоря, часовой график притока сточных вод. Производственные сточные воды в течение смены могут поступать равномерно и неравномерно. На ряде производств химической, легкой, текстильной, фармацевтической, пищевой и других отраслей промышленности происходят залповые поступления высококонцентрированных и высокотоксичных сточных вод, при этом периодичность сброса может быть 1 раз в смену, в сутки, в неделю. Режим спуска производственных сточных вод целиком определяется регламентом технологического процесса в отдельных цехах и на примышленном предприятии в целом.

Коэффициенты часовой неравномерности общего стока для различных отраслей промышленности, по данным ФГУП «НИИ ВОДГЕО», равны: для предприятий металлургической промышленности 1–1,1; химической 1,3–1,5; пищевой 1,5–2; целлюлозно-бумажной 1,3–1,8 и т.д.

Условия выпуска производственных сточных вод в городскую водоотводящую сеть. При расположении промышленных предприятий в городах или вблизи них, а также при решении о совместной очистке сточных вод группы предприятий промышленной зоны и близлежащего жилого массива загрязненные производственные воды могут сбрасываться в городскую водоотводящую сеть. Очистка смеси бытовых и производственных сточных вод в этом случае осуществляется на единых очистных сооружениях. В связи с тем, что в сточных водах промышленных предприятий могут содержаться специфические загрязнения, их спуск в городскую водоотводящую сеть ограничен комплексом требований, установленных «Правилами приема производственных сточных вод в системы канализации населенных пунктов».

Выпускаемые в водоотводящую сеть производственные сточные воды не должны:

- превышать расходы сточных вод и содержание взвешенных, всплывающих веществ, установленные для конкретного промышленного предприятия;

- нарушать работу сетей и сооружений; содержать вещества, которые способны засорять трубы водоотводящих сетей или отлагаться на стенках труб;

- оказывать разрушающее действие на материал труб и элементы очистных сооружений;

- содержать горючие примеси и растворенные газообразные вещества, способные образовывать взрывоопасные смеси в водоотводящих сетях и очистных сооружениях;

- содержать вредные вещества в концентрациях, препятствующих биологической очистке сточных вод или сбросу их в водоем (с учетом эффективности очистки);

- иметь температуру выше 40 °C;

- иметь pH за пределами 6,5–9;

- содержать, опасные бактериальные загрязняющие вещества;

- иметь ХПК, превышающую БПК_{полн} более чем в 1,5 раза.

Условия выпуска очищенных производственных сточных вод в природные водоемы должны учитывать категорию водного объекта и ПДК вредных загрязнений. Условия спуска сточных вод в водоемы регламентированы «Правилами охраны поверхностных вод от загрязнений сточными водами».

1.2. ОЧИСТКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Основные цели очистки производственных сточных вод:

- снижение нагрузки на городские очистные сооружения;

- изъятие загрязнений, затрудняющих биологические процессы на городских очистных сооружениях (токсичные, радиоактивные и др. компоненты);

- изъятие ценных компонентов для последующей их рекуперации и использования.

1.2.1. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Механическая очистка применяется для выделения из сточной воды грубодисперсных нерастворенных минеральных и органических примесей (загрязнений).

Назначение механической очистки заключается в подготовке производственных сточных вод к использованию их для производственного водоснабжения или при необходимости к биологическому, физико-химическому или другому методу более глубокой очистки. Механические методы

очистки на современных очистных станциях состоят из процеживания через решетки, пескоулавливания, отстаивания, центрифугирования, гидроциклонирования и фильтрации. Типы и размеры очистных сооружений зависят в основном от состава, свойств и расхода производственных сточных вод, а также от требований к качеству очищенной воды.

Как правило, механическая очистка является предварительным, реже — окончательным этапом для очистки производственных сточных вод. При механической очистке обеспечивается выделение взвешенных веществ из этих вод на 90–95% и снижение органических загрязнений (по показателю БПК_{полн}) на 20–25%. Более высокий эффект механической очистки сточных вод достигался интенсификацией гравитационного отстаивания — преэрацией, биокоагуляцией, осветлением во взвешенном слое (отстойники-осветлители) или в тонком слое (тонкослойные отстойники), а также с помощью гидроциклонов и центрифуг.

Процесс более полного осветления сточных вод осуществляется фильтрованием — пропуском воды через слой различного зернистого материала (кварцевого песка, гранитного щебня, дробленого антрацита и керамзита, горелых пород, чугунолитейного шлака и других материалов) или через сетчатые барабанные фильтры и микрофильтры, через высокопроизводительные напорные фильтры и фильтры с плавающей загрузкой — пенополиуретановой или пенополистирольной. Преимущество указанных процессов заключается в возможности применения их без добавления химических реагентов и с использованием местных фильтрующих материалов. Метод очистки сточных вод от взвешенных частиц выбирается с учетом кинетики процесса. Размеры взвешенных частиц, содержащихся в производственных сточных водах, могут колебаться в очень широких пределах (возможные диаметры частиц составляют от $5 \cdot 10^{-9}$ до $5 \cdot 10^{-4}$ м); для частиц размером до 10 мкм конечная скорость осаждения составляет менее 10^{-2} см/с. Если частицы достаточно велики (диаметром более 30 мкм), то в соответствии с законом Стокса они могут легко выделяться отстаиванием (при большой концентрации) или процеживанием, например, через микрофильтры (при малой концентрации). Коллоидные частицы (диаметром 0,1–1 мкм) могут быть удалены фильтрованием, однако из-за ограниченной вместимости фильтрующего слоя наиболее подходящим методом при концентрациях взвешенных частиц больше 50 мг/л является ортокINETическая коагуляция с последующим осаждением или осветлением во взвешенном слое.

Повышение технологической эффективности сооружений механической очистки очень важно при создании замкнутых систем водного хозяйства промышленных предприятий. Этому требованию удовлетворяют различные новые конструкции тонкослойных отстойников, сетчатых фильтров и скорых фильтров с новыми видами зернистых и синтетических загрузок, гидроциклонов (напорных, безнапорных, многоярусных). Применение этих сооружений позволит сократить в 3–5 раз капитальные затраты и на 20–40% эксплуатационные расходы, а также уменьшить в 3–7 раз необходимые площади для строительства по сравнению с применением обычных отстойников.

С целью обеспечения надежной работы сооружений механической очистки производственных сточных вод, как правило, рекомендуется применять не менее двух рабочих единиц основного технологического назначения решеток, песколовок, усреднителей, отстойников или фильтров. При выборе максимального числа сооружений предусматривается их секционирование по унифицированным группам, состоящим из единиц с наиболее крупными габаритами.

Повышение эффекта механической очистки сточных вод, в особенности работы сооружений по первичному отстаиванию, позволяет сократить объемы сооружений для последующих процессов очистки и тем самым снизить расходы на строительство и затраты на эксплуатацию более дорогих и сложных сооружений физико-химической и биологической очистки, а также обработки осадка.

Для проектирования очистных сооружений и аппаратов механической очистки должны быть определены следующие данные: максимальный расход сточных вод $\text{м}^3/\text{ч}$; температура сточных вод, $^{\circ}\text{C}$; периодичность образования сточных вод; исходная концентрация тяжелых механических примесей, нефтепродуктов и масел, мг/л ; плотность тяжелых и легких загрязнений, г/см^3 ; кинетика осаждения механических примесей тяжелее и легче воды при их расчетной концентрации в исходной воде требуемая степень очистки, %, или допустимое содержание загрязнений легче и тяжелее воды, мг/л ; гидравлическая крупность частиц тяжелее и легче воды, которые необходимо выделить для обеспечения требуемой степени очистки, мм/с .

В связи с этим целесообразно в самом начале разработки проекта определить расчетные расходы производственных сточных вод. Ориентировочно расходы сточных вод промышленных предприятий могут быть определены по данным, приведенным в справочнике СЭВ ВНИИ ВОДГЕО «Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности».

В схему механической очистки производственных сточных вод входят следующие основные сооружения:

- решетки для задержания крупных загрязнений органического и минерального происхождения;
- песколовки для выделения тяжелых минеральных примесей (главным образом песка);
- водоизмерительное устройство;
- усреднители расхода сточных вод и концентрации их загрязнений;
- отстойники или отстойники-осветлители для выделения нерастворимых примесей;
- фильтры для более полного осветления воды.

В ряде случаев механическая очистка является единственным и достаточным способом для извлечения из производственных сточных вод механических загрязнений и для подготовки их к повторному использованию в системах оборотного водоснабжения.

РЕШЕТКИ

Решетки являются первым элементом всех технологических схем очистки сточных вод. Они устанавливаются в уширенных каналах перед песколовками.

В большинстве конструкций решетки выполняются из расположенных параллельно друг другу стальных стержней, закрепленных в раме для обеспечения жесткости. Стержни могут иметь различное сечение (прямоугольное, круглое, многогранное, клиновое). Решетки выпускаются с шириной прозоров от 1 до 50 мм.

Размер решеток определяется скоростью движения сточной жидкости в прозорах. Скорость менее 0,8 м/с приводит к выпадению в уширенной части канала крупных фракций песка, при скорости более 1,0 м/с происходит продавливание удержанных загрязнений через решетку.

Отбросы с решеток при их количестве более 0,1 м³/сут удаляются механизированными граблями. Для измельчения снятых с решеток отбросов применяются дробилки, в некоторых конструкциях совмещенные с решетками.

ПЕСКОЛОВКИ

Песколовки служат для задержания из сточных вод песка и других минеральных примесей с размером частиц выше 0,15–0,25 мм при расходах сточных вод более 100 м³/сут. Число отделений песколовки принимается не менее двух, при этом оба являются рабочими. На очистных сооружениях НПЗ песколовки оборудуют нефтесборными устройствами и устанавливают перед нефтеловушками.

В зависимости от направления основного потока сточной воды песколовки подразделяют на горизонтальные, вертикальные и тангенциальные.

Осадок из песколовки удаляют гидроэлеваторами.

Песколовки могут применяться после нейтрализации серноокислотных сточных вод в том случае, если выпадение нерастворимых примесей извести (или молотого известняка) и крупных кристаллических частиц гипса приводит к появлению тяжелых взвешенных частиц, отсутствовавших в водах до нейтрализации.

Для нефтесодержащих сточных вод в песколовках устанавливаются щелевые нефтесборные трубы, а в отводящих лотках – нефтесобирающие полупогруженные щиты. В песколовках выделяется 20–40% всех нефтепродуктов, поступающих со сточными водами.

Аэрируемые песколовки применяются для выделения содержащихся в сточной воде минеральных частиц гидравлической крупностью 15–20 мм/с. Скорость движения сточных вод составляет 0,05–0,12 м/с при максимальном притоке. Интенсивность аэрации 3–5 м³/(м²·ч).

УСРЕДНИТЕЛИ

Объем и химический состав сточных вод многих промышленных предприятий с течением времени изменяется.

Для обеспечения бесперебойной работы очистных сооружений сточные воды направляются в усреднители, где происходит выравнивание концентраций и расходов.

Поступление на очистные сооружения производственных сточных вод с постоянным расходом и усредненной концентрацией загрязнений создает ряд преимуществ — повышение эффективности как механической, так и последующих физико-химической и биологической очистки сточных вод. В результате этого достигаются более высокие качественные показатели очищенной воды. Введение в комплекс очистных сооружений резервуаров-усреднителей позволит продлить срок службы очистных сооружений.

Регулирование расхода и концентрации загрязнений производственных сточных вод можно обеспечить несколькими путями. Резервуары могут располагаться на основном канале сточных вод перед отстойниками; в этом случае все сточные воды проходят через усреднитель. Иногда усреднители устанавливают на обводных линиях параллельно основному технологическому каналу и отводят в них лишь избыточный (сверхрасчетный) расход сточных вод. В обоих случаях применением системы регулирования достигается снижение расчетных расходов сточных вод до среднесуточного уровня.

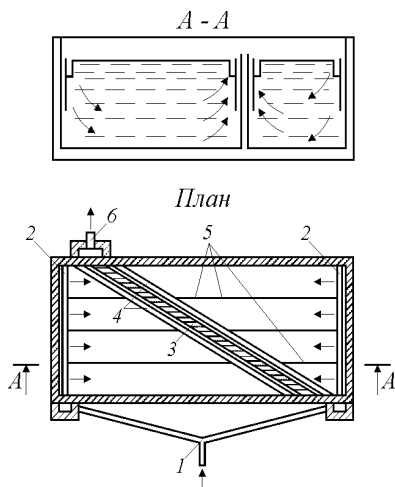


Рис. 1.1. Усреднитель концентрации сточных вод с дифференцированием потока:

1 — водоподающий канал, 2 — распределительный лоток, 3 — глухая диагональная перегородка, 4 — сборные лотки, 5 — продольные вертикальные перегородки, 6 — водоотводящий канал

Применяют в основном усреднители, действующие по принципу дифференцирования потока (рис. 1.1). Сточная вода при подходе к сооружению разветвляется на две части и подается в равных количествах к правой и левой половинам усреднителя, а затем поступает в распределительные подающие желоба, равномерно распределяющие сточную воду по всему сечению усреднителя. Из желобов вода стекает в продольные коридоры, имеющие различную длину, но одно и то же сечение, благодаря чему вода движется с одинаковой скоростью. Часть сточной воды, поступившая в первый, наиболее короткий коридор, сразу же начинает сливаться в сборный желоб, где смешивается с водой, поступающей из других коридоров. Часть же стока из длинного коридора начнет сливаться в сборный желоб значительно позже и будет смешиваться с водой, поступившей в усреднитель позднее из более коротких коридоров. Таким образом, автоматически происходит усреднение концентрации сточных вод.

Применяются и усреднители с перемешиванием поступающей сточной воды (рис. 1.2). Для усреднения сточных вод по концентрации загрязнений вода перемешивается в усреднителях с помощью мешалок, насосов и др. Наиболее удобными в эксплуатации являются перфорированные трубчатые барботеры, особенно из некорродирующих материалов (например, из полиэтилена).

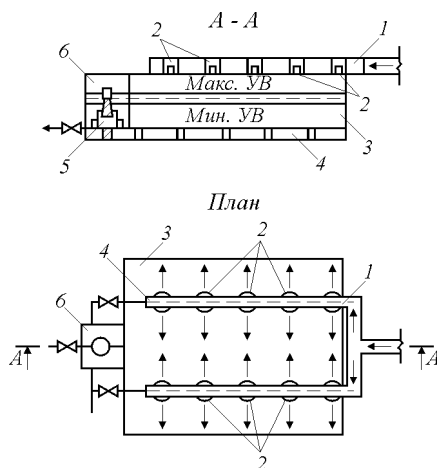


Рис. 1.2. Усреднитель расхода с перемешивающим и сборным устройствами:

1 — подающие лотки, 2 — выпускные отверстия, 3 — резервуар усреднителя, 4 — барботер, 5 — выпускное устройство, 6 — выпускная камера

Строительный материал для усреднителей выбирают с учетом химического состава сточных вод. При наличии в производственной сточной воде взвешенных веществ барботеры должны препятствовать их осаждению. При перемешивании с помощью сжатого воздуха интенсивность аэрации зависит от концентрации взвешенных веществ и их гидравлической круп-

ности и изменяется в пределах от 5 до 12 м³/ч на 1 м барботера. Усреднитель с барботированием воды воздухом рекомендуется применять для усреднения сточных вод с содержанием взвешенных веществ до 500 мг/л. При большом содержании взвешенных веществ применяются усреднители с механическим перемешиванием и отстойной частью.

Для высококонцентрированных промышленных сточных вод усреднители обычно размещают после отстойников или оборудуют их отстойной частью.

Объем усреднителя определяется с учетом колебаний концентрации загрязняющих веществ в сбросе, который может быть подразделен на три вида: залповый, циклический и произвольный.

Усреднители с дифференцированием потока рекомендуется применять при залповых сбросах высококонцентрированных сточных вод. Объем этих усреднителей рассчитывают по формуле

$$W_y = Qt_3K/2, \quad (1.1)$$

где Q — расход сточных вод, м³/ч;

t_3 — длительность залпового сброса, ч;

K — коэффициент усреднения:

$$K = (C_{\text{макс}} - C_{\text{ср}})/(C_{\text{доп}} - C_{\text{ср}});$$

где: $C_{\text{макс}}$ — максимальная концентрация загрязнений в залповом сбросе;

$C_{\text{ср}}$ — средняя концентрация загрязнений в стоке;

$C_{\text{доп}}$ — концентрация загрязнений в стоке, допустимая по условиям работы последующих сооружений.

При залповом сбросе объем W_y усреднителя с перемешивающим устройством следует определять по формулам:

при $K < 5$

$$W_o = \frac{1,3Qt_3(K-1)}{\ln K}; \quad (1.2)$$

при $K \geq 5$

$$W_y = 1,3Qt_3K. \quad (1.3)$$

При циклических колебаниях объем усреднителя с перемешивающим устройством определяется по формулам:

при $K < 5$

$$W_y = 0,21Qt_k \sqrt{K^2 - 1}; \quad (1.4)$$

при $K \geq 5$

$$W_y = 0,21Qt_k, \quad (1.5)$$

где t_k — период цикла колебания, ч.

В зависимости от местных условий и компоновочных решений резервуар-усреднитель может быть как отдельно стоящим, так и расположенным внутри здания очистных сооружений. Резервуар выполняется из металла, сборного или монолитного железобетона. В высотном отношении резервуар-усреднитель должен располагаться таким образом, чтобы сточные воды могли поступать в него самотеком.

ПЕРВИЧНЫЕ ОТСТОЙНИКИ

Сточные воды после песколовков содержат в значительном количестве нерастворенные дисперсные загрязнения, находящиеся во взвешенном и плавающем состоянии. Примеси из воды выделяют гравитационным отстаиванием — процессом простым, достаточно эффективным, требующим малых энергетических затрат и поэтому широко распространенным в технологии очистки сточных вод. Отстаивание осуществляют в отстойниках, которые отличаются по назначению, режиму работы и направлению основного потока сточных вод.

По назначению отстойники делятся на первичные и вторичные. Первичные устанавливают в начале технологической схемы очистки сточных вод за песколовками, а вторичные — в конце схемы (для удаления биопленки после биофильтров, активного ила после аэротенков).

По режиму работы различают отстойники контактного (периодического) и непрерывного действия. В контактных отстойниках сточные воды обрабатывают в условиях покоя. Их применяют для обработки малых количеств сточных вод, требующих контакта с реагентами.

Широко применяют отстойники непрерывного действия, в которых осуществляется очистка любого количества сточных вод производственных систем водоотведения.

По направлению движения основного потока сточной воды отстойники делятся на горизонтальные, вертикальные и радиальные.

При выборе типа отстойников для производственных сточных вод решающим является такой фактор, как механизированный способ удаления осадка, поэтому при малых и средних расходах производственных сточных вод применяют горизонтальные отстойники.

ОТСТОЙНИКИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Для отстаивания производственных сточных вод, содержащих кроме минеральных примесей другие специфические для данного технологического процесса загрязнения, например масла, смолы, нефтепродукты, ПАВ и ферромагнитную взвесь, разработаны специальные конструкции отстойников. Например, магнитная конструкция в отстойнике имеет место при концентрации взвеси более 600 мг/л, что является характерным для сточных вод газоочисток металлургических производств, поэтому для их осветления применяются отстойники с намагничивающим устройством полигра-

диентного типа с удельной нагрузкой $4,8 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, количество взвеси в осветленной воде при этом составляет 150–180 мг/л.

Радиальные отстойники — смолоуловители применяют для очистки производственных сточных вод коксохимических заводов. Сточная вода поступает в смолоотстойник по трубопроводу в центр. Осветленная вода отводится в кольцевой водослив. Осаждающаяся на дне отстойника смола периодически удаляется скребковым устройством в центральный приямок, из которого откачивается насосом в сборник смолы. Накапливающиеся на поверхности масла поступают в радиальные лотки, по которым отводятся в кольцевой сборник, расположенный вокруг центральной трубы. Масло из сборника откачивается насосом.

При расчете смолоотстойников принимают среднюю глубину рабочего слоя воды 1,5 м; скорость движения воды 1–2 мм/с; продолжительность отстаивания 3–4 ч; плотность осадка $1,1 \text{ г/см}^3$; частота вращения скребкового устройства 1 мин^{-1} . Эффект осветления в таких смолоотстойниках составляет 80–90%.

Смолоотстойники квадратные в плане предназначены для очистки фенольных вод от тяжелых смол.

Многополочная тонкослойная нефтеловушка (рис. 1.3) является усовершенствованной горизонтальной нефтеловушкой, основой конструкции которой служит горизонтальный отстойник.

Нефтедержащая вода по трубам поступает в секции нефтеловушки и через поперечную трубу с вертикальными патрубками и диффузорами распределяется по ширине и глубине зоны грубой очистки. Здесь выделяется основное количество всплывающих примесей нефти и нефтепродуктов и осаждаются механические твердые примеси. Продолжительность пребывания воды в этой зоне составляет 2–4 мин. Далее вода через пропорциональное водораспределительное устройство поступает в отстойную зону с полочными блоками. При движении потока в ярусах блока частицы нефти и нефтепродуктов всплывают. Осветленная вода после полочных блоков проходит под погруженной перегородкой и выводится из сооружения через водослив и водосборный лоток.

Всплывшие в зоне грубой очистки нефть и нефтепродукты отводятся постоянно через щелевую поверхностьную трубу, над полочными блоками сгоняются скребками к концу отстойной зоны и через вторую щелевую поворотную трубу периодически отводятся из сооружения. У кромки нефтесборных труб предусматривается подогрев слоя нефти и нефтепродуктов. Осадок сползает к центральной части и в промежутках между блоками собирается в лоток, откуда скребками сдвигается в приямок зоны грубой очистки, оборудованный гидроэлеватором для выгрузки осадка. Остаточное содержание нефтепродуктов в сточной воде после нефтеловушки составляет 100 мг/л.

При расчете принимается: гидравлическая крупность частиц нефти 0,15 мм/с; слой всплывших нефтепродуктов 0,1 м; расстояние между полками 50 мм; угол наклона полок 45° ; ширина полочного блока 0,65–0,75 м;

высота полочного блока 1,5–1,6 м; ширина нефтеловушки 2 м; потери напора 0,5–0,6 м.

В отечественной и зарубежной практике проектирования тонкослойные нефтеловушки применяются для очистки сточных вод нефтепромыслов, нефтебаз, аэродромов и др.

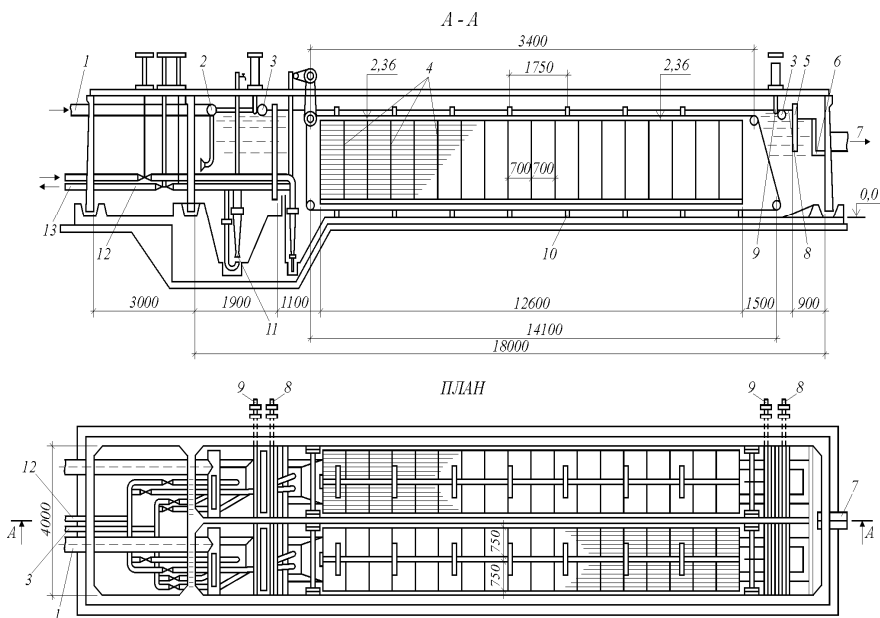


Рис. 1.3. Многополочная нефтеловушка:

1 — трубопровод для подачи сточной воды, 2 — водораспределительная труба, 3 — нефтесборные трубы, 4 — полочные блоки, 5 — полупогружная перегородка, 6 — сборный лоток, 7 — трубопровод для отвода осветленной воды, 8 — трубопровод для отвода теплоносителя, 9 — трубопровод для подачи теплоносителя, 10 — скребковый транспортер, 11 — гидроэлеватор, 12 — трубопровод для подачи воды к гидроэлеватору, 13 — трубопровод для отвода осадка

Отстойники-флотаторы (рис. 1.4) предназначены для очистки производственных сточных вод от взвешенных веществ, масел, жиров и прочих флотируемых веществ и могут применяться в различных производствах, в том числе в машиностроительной, химической, целлюлозно-бумажной, легкой и пищевой промышленности.

Сгустители служат для осветления высококонцентрированных сточных вод обогатительных фабрик цветной металлургии и сгущения продуктов обогащения. Существует несколько модификаций сгустителей, но в конструктивном отношении они представляют собой вертикальные тонкослойные отстойники. Содержание взвешенных веществ в осветленной воде составляет 500 мг/л.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
НАШИ УЧИТЕЛЯ.....	4
РАЗДЕЛ 1. ВОДООТВОДЯЩИЕ СИСТЕМЫ ПРОМЫШ- ЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	5
1.1. Состав и свойства производственных сточных вод. Режим водоотведения.....	5
1.2. Очистка производственных сточных вод.....	7
1.2.1. Механическая очистка производственных сточных вод.....	7
1.2.2. Химическая очистка производственных сточных вод..	25
1.2.3. Физико-химическая очистка производственных сточ- ных вод.....	36
1.2.4. Биологическая очистка производственных сточных вод.....	58
Список литературы к разделу.....	80
РАЗДЕЛ 2. ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ.....	81
2.1. Сооружения по глубокой очистке и обеззараживанию сточных вод.....	81
2.2. Методы глубокой очистки сточных вод от органических загрязнений и взвешенных веществ.....	86
2.3. Методы глубокой очистки сточных вод от биогенных элементов.....	92
2.4. Методы удаления из сточных вод отдельных компонентов	100
2.5. Методы обеззараживания сточных вод.....	105
2.6. Методы насыщения очищенных сточных вод кислородом	116
2.7. Выпуск очищенных сточных вод в водоем.....	117
2.8. Системы водоотведения малонаселенных мест и отдельно расположенных объектов.....	118
2.8.1. Поля орошения, поля фильтрации и биологические пруды.....	118
2.8.2. Биологические пруды.....	122
2.8.3. Сооружения для очистки поверхностных сточных вод	124
2.8.4. Сооружения для локальной очистки сточных вод	125
2.9. Индивидуальные очистные сооружения.....	137
Список литературы к разделу.....	143

РАЗДЕЛ 3. ВОДОСНАБЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	145
3.1. Системы производственного водоснабжения.....	145
3.2. Водные режимы охлаждающих систем оборотного водоснабжения.....	147
3.2.1. Баланс воды в системах.....	147
3.2.2. Требования к качеству охлаждающей воды оборотных систем водоснабжения.....	151
3.3. Предотвращение солевых отложений.....	160
3.4. Предупреждение образования механических отложений...	167
3.5. Методы борьбы с биологическими обрастаниями.....	170
3.6. Защита металлов от коррозии.....	173
Список литературы к разделу.....	175
РАЗДЕЛ 4. ОЧИСТКА ПРИРОДНЫХ ВОД.....	176
4.1. Характеристика источников водоснабжения. Показатели качества природной воды и требования водопользователей к качеству очищенной воды.....	177
4.1.1. Методы и технологические процессы водоподготовки.....	179
4.1.2. Технологические схемы кондиционирования воды.....	181
4.2. Коагулирование примесей.....	185
4.3. Реагентное хозяйство.....	189
4.3.1. Реагенты, применяемые в процессе водоподготовки...	189
4.3.2. Сооружения и оборудование реагентного хозяйства...	193
4.3.3. Дозирование реагентов.....	197
4.4. Смесители и камеры хлопьеобразования.....	198
4.5. Осветление воды осаждением.....	202
4.5.1. Горизонтальные отстойники.....	204
4.5.2. Вертикальные отстойники.....	205
4.6. Обработка воды в осветлителях со взвешенным осадком...	207
4.6.1. Конструкции и расчет осветлителей со взвешенным осадком.....	209
4.7. Флотационная обработка воды.....	213
4.8. Фильтрация воды и аппаратное оформление процесса...	216
4.9. Обеззараживание воды.....	233
Список литературы к разделу.....	242
РАЗДЕЛ 5. ВОДООТВЕДЕНИЕ И ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД.....	243
5.1. Физико-химическая очистка сточных вод.....	243

5.1.1. Область применения и классификация сооружений физико-химической очистки сточных вод.....	243
5.1.2. Очистка сточных вод флотацией.....	244
5.1.3. Очистка сточных вод коагулированием.....	249
5.1.4. Сорбционная очистка сточных вод.....	253
5.1.5. Очистка сточных вод озонированием.....	258
5.1.6. Конструирование сооружений физико-химической очистки сточных вод.....	264
5.2. Обработка осадков сточных вод.....	268
5.2.1. Состав и свойства осадков сточных вод.....	268
5.2.2. Стабилизации осадков сточных вод и активного ила в анаэробных и аэробных условиях.....	270
5.2.3. Обезвоживание осадков сточных вод.....	284
5.2.4. Процессы и оборудование для механического обезвоживания осадков.....	291
5.2.5. Обеззараживание осадков сточных вод.....	299
5.2.6. Термическое обеззараживание осадков.....	301
5.2.7. Химическое обеззараживание осадков.....	302
5.2.8. Термическая сушка осадков сточных вод.....	304
5.2.9. Сжигание осадков сточных вод.....	308
5.2.10. Утилизация осадков городских сточных вод.....	311
Список литературы к разделу.....	313

РАЗДЕЛ 6. ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ

СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	315
6.1. Технология строительных процессов.....	316
6.2. Строительные процессы и работы.....	317
6.3. Техническое нормирование.....	320
6.4. Строительные нормы и правила (СНиП).....	321
6.5. Строительно-монтажные работы.....	322
6.5.1. Бетонные и железобетонные работы.....	322
6.5.2. Опалубочные работы.....	322
6.5.3. Арматурные работы.....	327
6.5.4. Бетон (приготовление, укладка, уплотнение, выдерживание).....	329
6.5.5. Торкретирование и железнение поверхностей.....	335
6.6. Технология возведения сооружений и сетей ВиВ.....	337
6.6.1. Состав и классификация сооружений.....	337
6.6.2. Индустриализация и унификация строительства.....	338

6.6.3. Монтаж прямоугольных емкостных сооружений.....	343
6.6.4. Монтаж круглых в плане сооружений.....	346
6.6.5. Строительство насосных станций.....	348
6.6.6. Строительство инженерных сетей ВиВ.....	350
6.7. Организация строительства.....	355
6.7.1. Подготовка строительного производства.....	355
6.7.2. Краткие сведения о календарном планировании.....	356
6.7.3. Технологическая карта на монтаж строительных кон- струкций.....	356
6.7.4. Область применения технологической карты.....	357
6.7.5. Организация и технология строительного процесса....	357
6.7.6. Требования к качеству и приемке работ.....	358
6.7.8. Калькуляция затрат труда, машинного времени.....	359
6.7.9. Часовой график производства работ.....	359
6.7.10. Материально-технические ресурсы.....	360
6.7.11. Техника безопасности.....	361
6.7.12. Техничко-экономические показатели технологиче- ской карты.....	361
6.7.13. Требования к качеству строительно-монтажных работ.....	362
6.7.14. Основные положения по охране труда и противопо- жарной защите в строительстве.....	364
Список литературы к разделу.....	366

РАЗДЕЛ 7. РЕКОНСТРУКЦИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ И СООРУЖЕНИЙ ВиВ..... 367

7.1. Методы бестраншейного восстановления (ремонта и ре- конструкции) участков трубопроводов и сооружений на подземных инженерных сетях.....	368
7.1.1. Классификация и особенности методов бестраншей- ного восстановления трубопроводов.....	368
7.1.2. Инспекционный и диагностический контроль состоя- ния водопроводных и водоотводящих сетей совре- менными техническими средствами.....	383
7.1.3. Прочистка трубопроводов перед операциями восста- новления.....	394
7.1.4. Трубы для восстановления и реконструкции инженер- ных сетей.....	398
7.2. Реконструкция очистных станций водоснабжения.....	403

7.2.1. Общее состояние водопроводных станций г. Москвы..	403
7.2.2. Реконструкция Юго-Западной водопроводной станции (ЮЗВС) г. Москвы.....	406
7.3. Реконструкция систем и сооружений водоотведения	414
7.3.1. Комплекс работ по восстановлению и реконструкции действующих систем и сооружений водоотведения...	415
7.3.2. Изучение действующих сооружений и задачи, которые решаются при реконструкции.....	417
7.3.3. Определение состава и количества поступающих сточных вод с учетом перспективного развития канализуемого объекта.....	418
7.3.4. Проведение обследования зданий, сооружений, емкостей и узлов сооружений водоотведения.....	419
7.4. Поверочные расчеты систем и сооружений водоотведения	423
7.4.1. Поверочный расчет с определением пропускной способности сооружений.....	423
7.5. Методы реконструкции сооружений водоотведения.....	430
7.5.1. Реконструкция насосных станций водоотведения.....	430
7.5.2. Реконструкция сооружений механической очистки...	435
7.5.3. Реконструкция песколовков Люберецкой станции аэрации.....	444
7.5.4. Реконструкция сооружений биологической очистки...	447
7.5.5. Аэротенки.....	447
7.5.5.1. Современное оборудование для биологической очистки сточных вод.....	450
7.5.5.2. Основные концепции реконструкции аэротенков...	455
7.5.6. Реконструкция биологических фильтров и станций биофильтрации.....	469
Список литературы к разделу.....	480
СОДЕРЖАНИЕ.....	483

Учебное издание

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ
ЗАОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ ФАКУЛЬТЕТА
«ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ»
(V курс 10-й семестр)**

Под общей редакцией
проф. Ю.В. Воронова и доц. А.Л. Ивчатова

Редактор *В.Ш. Мерзлякова*
Компьютерная верстка *Е.С. Корнило*
Дизайн обложки *Н.С. Романова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98
Подписано к печати 30.09.08. Формат 60х90/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Усл. 30,5 п.л. Тираж 1000 экз. Заказ №

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации – оф. 511
тел./факс: (495)183-56-83,
e-mail: iasv@mgsu.ru, <http://www.iasv.ru/>