

Данный файл представлен исключительно в ознакомительных целях.

Уважаемый читатель!

Если вы скопируете данный файл,
Вы должны незамедлительно удалить его сразу после ознакомления с содержанием.
Копируя и сохраняя его Вы принимаете на себя всю ответственность, согласно действующему международному законодательству .
Все авторские права на данный файл сохраняются за правообладателем.
Любое коммерческое и иное использование кроме предварительного ознакомления запрещено.

Публикация данного документа не преследует никакой коммерческой выгоды. Но такие документы способствуют быстрейшему профессиональному и духовному росту читателей и являются рекламой бумажных изданий таких документов.

Федеральное агентство по образованию

Дальневосточный государственный технический университет
(ДВПИ им. В.В. Куйбышева)

В.А.Филимонова

Водоснабжение и водоотведение промышленных предприятий

Учебно-методический комплекс



Издательство
ДВГТУ

Владивосток • 2007

УДК 628.32

Ф 53

Рецензенты:

Н.Н. Леонидова, начальник сантехнического отдела ВК

ОАО ДПИ “Востокпроектверфь”;

И.Н. Воробьева, начальник техотдела

ОАО ДПИ “Востокпроектверфь”

Филимонова, В.А.

Водоснабжение и водоотведение промышленных предприятий: учебно-методический комплекс / В.А. Филимонова; Дальневосточный государственный технический университет. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. – 90 с.

ISBN 978-5-7596-0801-1

В учебно-методический комплекс по дисциплинам “Водоснабжение промышленных предприятий” и “Водоотводящие системы промышленных предприятий”, подготовленный на кафедре гидравлики, водоснабжения и водоотведения Строительного института ДВГТУ, включены рабочие учебные программы по дисциплинам, методические указания к практическим занятиям и курсовым проектам.

Предназначен для студентов специальности 270112 “Водоснабжение и водоотведение” дневной и заочной форм обучения.

Методические указания к расчету систем промышленного водоснабжения подготовлены совместно со старшим преподавателем О.В. Музыченко.

ISBN 978-5-7596-0801-1

© Дальневосточный государственный
технический университет, 2007

ВОДОСНАБЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

При разработке рабочей учебной программы использованы: государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования образовательной программы, утвержденный 07.03.2000 г. № 12тех/дс, примерная программа дисциплины МГСУ 2000 г, рабочий учебный план, утвержденный 20.06.2006 г.

Содержание дисциплины в соответствии с государственным образовательным стандартом

Системы водоснабжения промпредприятий; охлаждающие устройства систем промводоснабжения; особенности водоснабжения предприятий различных отраслей промышленности; противопожарное водоснабжение; дегазация воды; обессоливание и опреснение воды; удаление из воды кремниевой кислоты; обработка охлаждающей воды; водоочистные комплексы промводоснабжения; методы и сооружения по обработке и утилизации осадков производственных вод; очистка сбросных вод замкнутых систем водоснабжения.

Введение

Дисциплина “Водоснабжение промышленных предприятий” включает такие разделы, как специальные методы подготовки воды для производства, повторное использование сточных вод в производстве, бессточные системы промышленного водоснабжения.

Основной задачей при изучении дисциплины является формирование у студента инженерного мышления: умения оценить воднохозяйственную ситуацию конкретного производства, на основании рассмотрения водных балансов предприятия и критериев рационального использования воды выбрать оптимальную схему промышленного водоснабжения.

1. Цели и задачи дисциплины

Дисциплина “Водоснабжение промышленных предприятий” является основной дисциплиной специальности “Водоснабжение и водоотведение”. Она дает будущим инженерам знания, с помощью которых возможна самостоятельная инженерная работа в области водоснабжения и водоотведения.

Цель изучения дисциплины “Водоснабжение промышленных предприятий” – научить будущих специалистов проектировать сооружения и обвязку их и трубопроводов по водоснабжению промышленных предприятий на базе современных достижений отечественной и зарубежной науки и техники.

2. Начальные требования к освоению дисциплины (перечень предшествующих дисциплин, их разделов)

Изучение этой дисциплины требует от студента хорошей подготовки по ряду общетехнических дисциплин, и особенно по гидравлике, электротехнике, насосам, инженерной геологии и гидрогеологии, строительным материалам, а также знания высшей математики, физики, теоретической механики, сопротивления материалов, вычислительной техники.

3. Требования к уровню усвоения содержания дисциплины

Иметь представление о развитии различных промышленных комплексов, технологических и конструктивных схемах промышленных предприятий.

Уметь

проектировать (в том числе с использованием ПК) схемы трубопроводов наружных и внутренних коммуникаций, располагать сооружения по водоснабжению и водоотведению согласно СНиПам;

производить расчеты расходов исходной воды на промышленный комплекс и расходов по сооружениям с технико-экономическим обоснованием принципиальных решений.

В процессе изучения дисциплины студенты должны овладеть её методами в той степени, которая достаточна для решения инженерных задач с использованием современной технической и научной литературы.

4. Объём дисциплины и распределение времени (ч) по видам учебной работы

Очная и заочная формы обучения

Вид учебной работы	Форма обучения	
	очная	заочная
	V курс, 9-й семестр	VI курс
Общая трудоемкость дисциплины	153	
Лекции	34	12
Практические занятия (ПЗ)	34	8
Самостоятельная работа	85	133
В том числе курсовое проектирование	9	6
Вид итогового контроля	Экзамен	

5. Содержание дисциплины

5.1. Распределение учебного материала (ч) по видам занятий

Раздел дисциплины	Распределение по видам занятий, ч	
	Лекции	ПЗ
1. Введение. Потребление воды и пути обеспечения ею промышленных предприятий	2	–
2. Системы водоснабжения промышленных предприятий	2	–
3. Охлаждающие устройства систем промышленного водоснабжения	6	4
4. Особенности водоснабжения предприятий различных отраслей промышленности	4	2
5. Противопожарное водоснабжение	4	
6. Обессоливание и опреснение воды	2	4
7. Дегазация воды	2	4
8. Удаление из воды кремниевой кислоты	2	4
9. Обработка охлаждающей воды	2	4
10. Обработка конденсата тепловых станций	2	4
11. Водоочистные комплексы промышленного водоснабжения	2	4
12. Методы и сооружения по обработке и утилизации осадков производственных вод	2	4
13. Очистка отработанных вод с целью использования их в замкнутых системах водного хозяйства промышленных предприятий	2	–

5.2. Содержание лекционного курса (наименование раздела, № темы или подраздел, краткое содержание)

Раздел 1. Введение

Вода и ее роль в развитии современной промышленности и энергетики. Потребление воды в различных отраслях народного хозяйства.

Современные системы водоснабжения промышленных предприятий и электрических станций, основные пути их развития. Достижения отечественной и зарубежной науки и техники в создании маловодных технологий и замкнутых систем водного хозяйства промышленных предприятий.

Раздел 2. Системы водоснабжения промышленных предприятий

Тема 1. Потребители воды на промышленных площадках. Наличие различных категорий потребителей на промпредприятиях. Нормы и режимы расходования воды на производственные нужды. Требования к качеству воды.

Тема 2. Виды систем производственного водоснабжения. Системы, оборотного, прямоточного, последовательного, и обратно-последовательного использования воды. Принципы разбивки систем промышленного водоснабжения на ряд оборотных циклов. Возможность объединения систем водоснабжения промпредприятий с городскими и поселковыми системами водоснабжения.

Раздел 3. Охлаждающие устройства систем промышленного водоснабжения

Тема 1. Процессы охлаждения оборотной воды в охладителях.

Классификация оборотных вод по степени нагрева при их использовании в промышленности. Целесообразность разделения системы на ряд подсистем оборота по степени нагрева воды.

Процессы теплообмена в испарительных охладителях. Параметры, характеризующие работу охладителей. Классификация способов охлаждения: водяное охлаждение, охлаждение горячей водой, испарительное охлаждение.

Тема 2. Водохранилища-охладители. Классификация. Принцип их работы, схемы циркуляции воды, тепловой расчет. Сооружения для повышения эффективности работы водохранилищ-охладителей. Расчет и эксплуатация.

Тема 3. Брызгальные бассейны. Устройство и принцип их работы. Разбрызгивающие сопла и трубопроводы брызгальных бассейнов. Тепловой и гидравлический расчеты брызгальных бассейнов, их эксплуатация. Размещение на промплощадке.

Тема 4. Градири. Конструкции открытых, башенных, вентиляторных и радиаторных градирен. Водораспределительные, оросительные и другие устройства градирен. Тепловой и аэродинамический расчеты градирен. Выбор места расположения градирен на промплощадке. Эксплуатация градирен. Конструкции оборудования.

Тема 5. Водный баланс охладителей. Потери воды в охладителях. Восполнение потерь воды.

Выбор типа охладителей. Применение различных видов охладителей. Технико-экономическое сравнение охладительных устройств.

Раздел 4. Особенности водоснабжения предприятий различных отраслей промышленности

Тема 1. Системы охлаждения высокотемпературных технологических процессов.

Тема 2. Потребители воды. Требования к качеству воды. Баланс воды в системах.

Раздел 5. Противопожарное водоснабжение

Тема 1. Потребление воды для обеспечения взрывопожарной безопасности технологических процессов и создания безопасных условий труда. Виды потребителей воды.

Системы противопожарного водоснабжения и режимы их работы. Классификация систем противопожарного водоснабжения зданий, сооружений и технологических комплексов. Схемы противопожарного водоснабжения. обосно-

вание проектного решения при выборе структурной схемы подачи воды для обеспечения пожарной безопасности промпредприятий.

Тема 2. Противопожарное водоснабжение на современных промышленных предприятиях. Расчет параметров противопожарного оборудования. Определение качества, расхода и интенсивности подачи воды, требуемой для систем противопожарной защиты.

Водоснабжение стационарных установок водяного и пенного пожаротушения. Спринклерные установки. Дренчерные установки. Установки пенного пожаротушения. Комбинированные установки пожаротушения. Методика расчета элементов системы автоматического противопожарного водоснабжения. Проектирование противопожарного водоснабжения и стационарных установок водяного и пенного пожаротушения промышленных предприятий.

Раздел 6. Обессоливание и опреснение воды

Отраслевые стандарты для отдельных отраслей промышленности по содержанию.

Тема 1. Методы обессоливания и опреснения воды. Сущность процессов, классификация, области применения Принципиальное отличие методов опреснения без изменения агрегатного состояния воды (удаление из воды солей) от методов с изменением агрегатного состояния воды (извлечение молекул воды). Обессоливание воды дистилляцией, конструкции дистилляционных установок.

Тема 2. Ионитовое обессоливание воды. Требования, предъявляемые к воде, поступающей на установки ионного обмена. Сущность процесса, применяемые иониты. Технологические схемы. Получение ультрачистой воды. Расчет и проектирование установок.

Тема 3. Обессоливание воды электродиализом, подготовка воды. Сущность процесса, схемы аппаратов и установок, их проектирование и расчет. Борьба с отложением солей на поверхности мембран.

Обессоливание воды обратным осмосом. Сущность процесса, область применения, аппаратное оформление, расчет. Комбинированные методы обессоливания воды. электродиализ в сочетании с обратным осмосом и ионным обменом. Технико-экономическая оценка методов обессоливания воды. Основы проектирования и расчета установок обессоливания и опреснения воды.

Раздел 7. Дегазация воды

Влияние растворенных в воде газов на состояние системы промышленного водоснабжения в целом и ее отдельные элементы.

Классификация методов удаления из воды растворенных газов, сущность процессов Технология и аппаратура для удаления из воды физическим методом свободной углекислоты, сероводорода, метана, растворенного кислорода Классификация дегазаторов, выбор конструкции, методика расчета.

Технология и аппаратура для удаления из воды химическим методом кислорода и сероводорода, химизм процессов. Биологический метод удаления сероводорода.

Раздел 8. Удаление из воды кремниевой кислоты

Влияние кремнесодержащих вод на состояние отдельных элементов систем промышленного водоснабжения.

Технология удаления из воды кремниевой кислоты, классификация методов. Сорбционное обескремнивание воды, сущность метода, используемые реагенты, технологическая схема, сооружения. Проектирование и расчет установок.

Фильтрационное обескремнивание воды. Сущность метода, технологическая схема, сооружения, расчетные параметры, проектирование установок.

Обескремнивание воды анионитами. Сущность метода, технологические схемы, сооружения, проектирование и расчет установок. Технологическая и технико-экономическая оценка методов обескремнивания воды.

Раздел 9. Обработка охлаждающей воды

Причины и виды зарастания охлаждающих аппаратов Водный режим систем оборотного водоснабжения. Обработка охлаждающей воды для предупреждения накипеобразования в трубопроводах и теплообменных аппаратах оборотных систем водоснабжения.

Обработка охлаждающей воды для предотвращения коррозии металлических трубопроводов и теплообменных аппаратов оборотных систем водоснабжения. Методы борьбы с биообрастаниями систем водяного охлаждения. Примеры расчета и проектирования установок для обработки охлаждающей воды.

Раздел 10. Обработка конденсата тепловых станций

Причины и виды загрязнений конденсата. Удаление из конденсата меди и железа. Очистка конденсата от масел.

Раздел 11. Водоочистные комплексы промышленного водоснабжения

Размещение водоочистных сооружений в промышленном узле. Размещение водоочистных сооружений на местности. Решение высотной схемы и планировки водоочистных сооружений. Компонировка цеха химической водоочистки, размещение реагентного хозяйства. Подсобные и обслуживающие помещения.

Оборот производственных промывных вод. Техничко-экономическое обоснование оборота промывных вод. Методы оборота промывных вод. Технологические схемы и состав сооружений по обработке промывных вод.

Проектирование водоочистных комплексов промышленного водоснабжения. Типизация и стандартизация водоочистных сооружений. Применение сборных железобетонных конструкций, полимерных материалов. Типовые проекты установок водоподготовки их увязка

Раздел 12. Методы и сооружения по обработке и утилизации осадков производственных вод

Тема 1. Классификация осадков. Механизм образования и структура осадков. Состав и свойства осадков.

Тема 2. Обезвоживание осадков в естественных условиях. Обработка осадка в прудах-накопителях и на иловых площадках.

Механическое обезвоживание осадков; предварительная обработка. Обезвоживание осадков на вакуум-фильтрах и пресс-фильтрах .

Кислотная обработка гидроксидных осадков. Искусственное замораживание, оттаивание осадков.

Утилизация обезвоженных осадков.

Раздел 13. Очистка отработанных вод с целью использования их в замкнутых системах водного хозяйства промышленных предприятий

Локальные установки и их роль в общей системе водоочистки промышленного предприятия. Коагулирование примесей сбросных вод. Адсорбционная, экстракционная и термическая обработка сбросных вод.

Требования к качеству очищенных сбросных вод, используемых для подпитки оборотных систем водоснабжения. Очистка сбросных вод реагентами. Деминерализация и умягчение сбросных вод после адсорбционной доочистки.

5.3. Содержание практических и лабораторных занятий

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Наименование практического занятия
1	3, 4, 9	Составление схем оборотного водоснабжения промпредприятий. Расчет баланса воды и охлаждающих устройств
2	6, 7, 8	Расчет схем Na-катионирования; ионитовой установки; декарбонизатора
3	9, 10	Расчет коэффициентов эффективности использования воды и схем охлаждения конденсата в конденсаторах.
4	11, 12	Компоновка водоочистных комплексов. Утилизация осадков на примере предприятия Coca-Cola

6. Курсовое проектирование (цель, типовая тематика)

Программой предусмотрено выполнение курсового проекта “Водоснабжение промышленного предприятия”.

Цель проекта – привить студентам практические навыки по выбору и обоснованию систем технического водоснабжения, а также разработке технологической схемы одного из наиболее часто применяемых в промышленности методов водоподготовки – умягчения воды для подпитки систем оборотного водоснабжения, а также для паросилового хозяйства.

В расчетно-пояснительную записку проекта включается определение свободных напоров, расчеты основных и вспомогательных сооружений станции катионитового умягчения питьевой воды и обоснование выбранных технологических схем и отдельных сооружений.

В графическую часть проекта следует включить:
 принципиальную схему системы технического водоснабжения промышленного предприятия (без масштаба);
 балансовую схему распределения расходов воды на предприятии;
 технологическую схему (без масштаба) и генплан (в масштабе) установки катионитового умягчения воды с реагентным хозяйством.
 Объем графической части – 1,5-2 листа формата А1.

7. График изучения дисциплины

Вид учебных занятий	№ недели																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Лекции	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Практические занятия	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Реферат				+						+						+	+	
Аттестация (промежуточная)																		

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (рекомендуемая литература)

8.1. Основная

1. Николадзе Г.И., Сомов М.А. Водоснабжение: Учеб. для вузов. – М.: Стройиздат, 1995.
2. Сомов М.А. Водопроводные системы и сооружения: Учеб. для вузов. – М.: Стройиздат, 1988.
3. Гордин И.В., Марков П.П. Замкнутые системы аграрно-промышленного водопользования. – М.: Агропромиздат, 1991.
4. Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий: Справочник проектировщика. – М.: Стройиздат, 1972.
5. Шабалин А.Ф. Обратное водоснабжение промышленных предприятий. – М.: Стройиздат, 1972.

8.2. Дополнительная

6. СНиП 2.04.02-84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Министерство строительства, 1996.
7. Лифшиц О.В. Справочник по водоподготовке котельных установок. Изд.2-е, перераб. и доп. – М.: Энергия, 1967.
8. Браславский И.И., Семенюк В.Д., Когановский А.М. Проектирование бессточных схем промышленного водоснабжения. – Киев: Будівельник, 1977.

9. Укрупненные нормы расхода воды и количество сточных вод на единицу продукции для различных отраслей промышленности стран СЭВ. – М.: Стройиздат, 1973.

10. Белан Ф.И. Водоподготовка. Примеры, расчеты, задачи. – М.: Энергия, 1980.

8.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Комплексы программ по проектированию водоснабжения и систем водоотведения.

Комплект плакатов по конструкциям водоохлаждающих сооружений.

Натурное ознакомление с сооружениями и инженерным оборудованием действующих систем промышленного водоснабжения.

9. Контрольные задания и методические рекомендации по изучению дисциплины (для студентов заочной формы обучения обязательны)

10. Технические и электронные средства обучения, иллюстрационные материалы, в т.ч. специализированное и лабораторное оборудование

Список иллюстрационных материалов (плакаты)

1. Градирни.
2. Балансовая схема водоснабжения и водоотведения ВТЭЦ-2.
3. Схема химической очистки сырой воды.
4. Использование воды в установке “Рейнбоу” для мойки транспортных средств по перевозке напитка Coca-Cola.
5. Установка деаэратора.
6. Декарбонизатор.

11. Текущий и итоговый контроль по дисциплине

11.1. Формы и методы текущего контроля

Формами текущего контроля являются выполненные практические работы, рефераты. Методами текущего контроля по дисциплине выступают опрос по темам, защита практических работ и определение уровня посещаемости занятий студентами.

11.2. Контрольные тесты для определения минимального уровня усвоения программы дисциплины существуют в электронном виде.

Они содержат, например, такие вопросы:

1. Стабильной называется вода, которая...
2. Недостатки прудов-охладителей...
3. Пруды-охладители применяются...
4. Общая жесткость воды оценивается...
5. В результате фильтрования воды через мраморно-песчаные фильтры получают...

11.3. Перечень типовых экзаменационных вопросов

1. Потребление воды промпредприятиями. Функции воды промводоснабжения.
2. Системы производственного водоснабжения.
3. Оценка эффективности использования воды промпредприятиями.
4. Системы противопожарного водоснабжения предприятий.
5. Водохранилища-охладители. Основные показатели водохранилищ.
6. Брызгальные бассейны. Их оборудование.
7. Назначение брызгальных бассейнов, их эксплуатация.
8. Градирни, их типы и назначение.
9. Водораспределительные системы градирни, оросительные устройства, водоуловительные установки.
10. Открытые градирни. Типы.
11. Башенные градирни.
12. Вентиляторные и радиаторные градирни.
13. Баланс воды в системах оборотного водоснабжения.
14. Требования к качеству охлаждающей воды оборотного водоснабжения.
15. Предотвращение солевых отложений охлаждающих систем.
16. Коэффициент упаривания при стабильной воде.
17. Коэффициент упаривания при нестабильной воде.
18. Способы предотвращения отложений минеральных солей.
19. Предотвращение образования механических отложений.
20. Магнитная обработка воды.
21. Методы борьбы с биологическими обрастаниями.
22. Предупреждение биологических обрастаний в градирнях и в брызгальных бассейнах.
23. Физические методы ликвидации биообрастаний.
24. Защита металлов от коррозии.
25. Предотвращение коррозии в аппаратах оборотного водоснабжения в теплоэнергетике (в конденсаторах).
26. Охрана природных источников. Основные источники загрязнения природных вод.
27. Охрана природных источников от загрязнения и истощения.
28. Первый пояс санитарной охраны источников водоснабжения.
29. Охранная зона для подземных источников.
30. Второй пояс санитарной зоны.

12. Рейтинговая оценка по дисциплине

Распределение баллов по видам учебной работы

Вид работы	Распределение баллов
Изучение теоретического материала	20
Практические занятия	20
Индивидуальные домашние задания	20
Посещаемость	10
Зачет	30
Итого	100

Перевод баллов в пятибалльную шкалу

Оценка	Баллы
Отлично	85-100
Хорошо	71-84
Удовлетворительно	60-70
Неудовлетворительно	Менее 60

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к расчету систем промышленного водоснабжения

Дисциплина “Водоснабжение промышленных предприятий” является одной из основных дисциплин специальности “Водоснабжение и водоотведение”. Она дает будущим инженерам, магистрам знания, с помощью которых возможна самостоятельная инженерная работа в области водоснабжения и водоотведения.

Цель изучения дисциплины “Водоснабжение промышленных предприятий” – научить будущих специалистов проектировать сооружения и обвязку их и трубопроводов по водоснабжению предприятий на базе современных достижений отечественной и зарубежной науки и техники, дать представление о развитии различных промышленных комплексов, технологических и конструктивных схемах промышленных предприятий.

В результате изучения дисциплины студент должен уметь:

проектировать с использованием ПК схемы трубопроводов наружных и внутренних коммуникаций, располагать сооружения по водоснабжению и водоотведению согласно СНиП;

производить расчеты расходов исходной воды на промышленный комплекс в целом и расходов по отдельным сооружениям с технико-экономическим обоснованием принципиальных решений.

1. Водопотребление на промышленных предприятиях

Для питьевого и промышленного водоснабжения используются воды различных источников, как открытых, так и подземных. Эти воды могут содержать растворенные, коллоидные и грубодисперсные взвешенные вещества, а также бактерии, растительные и животные организмы.

Растворенными веществами вода обогащается в результате контакта с различными горными породами при протекании по руслам рек, по поверхности земли и при фильтрации в грунте. Характером этих горных пород и степенью растворимости образующих их химических соединений определяется в основном химический состав воды. На состав воды оказывают также влияние сточные воды городов и промышленных предприятий.

Наличие взвешенных веществ, различных по свойствам и количеству в разное время года, характерно главным образом для вод открытых источников водоснабжения.

Качество воды, которое имеет решающее значение при ее использовании для питьевого и промышленного водоснабжения, определяется совокупностью растворенных в воде минеральных солей, органических веществ и газов, а также содержанием взвешенных веществ (частиц песка, глины и т.п.) и живых организмов.

Выбор способа водообработки решается на основе показателей качества воды водоисточника, устанавливаемых с помощью физико-химических, сани-

тарно-бактериологических и технологических анализов и тех требований к качеству воды, которые предъявляет к ней потребитель.

Вода на промышленных предприятиях расходуется на хозяйственно-питьевые нужды, поливку территорий, пожаротушение и технические (производственные) нужды.

Производственное водопотребление на промпредприятиях является основным как по количеству потребляемой воды, так и по роли воды в обеспечении основных технологических процессов.

Требования, предъявляемые к качеству технической воды

1. Вода для охлаждения действующих агрегатов, например конденсаторов паровых турбин тепловых электростанций, должна быть освобождена от избытка взвешенных веществ, которые, осаждаясь, засоряют охлаждающие устройства. Охлаждающая вода не должна содержать сероводорода и железа и иметь карбонатную жесткость не выше 2-7 мг-экв/л, в зависимости от температуры нагрева воды и от содержаний в ней свободной углекислоты (см. табл. 4 в учебнике В.Ф. Кожина^{*}).

Таблица 1

Требования к качеству воды, применяемой для охлаждения агрегатов промышленных предприятий

Показатели качества воды	Допустимое содержание в охлаждающей воде, мг-экв/л	Примечание
Мутность	50-200	В зависимости от типа холодильников
Наличие сероводорода	0,5	—
железа	0,1	—
гипса (CaSO_4)	1500-2000	В зависимости от общего содержания в воде сульфатов MgSO_4 и Na_2SO_4
Карбонатная жесткость	2-7	При температуре нагрева охлаждающей воды 20-50°C и содержании в ней свободной CO_2 от 10 до 100 мг/л

2. Для питания котлов вода должна быть освобождена от взвеси, солей жесткости и растворенного кислорода. Питательная вода для современных котлов высокого давления (барабанных и прямоточных) должна быть полностью умягчена, обескремнена, обескислорожена.

3. Вода для очистки выпускаемого продукта, например для протравления стали, очистки текстиля, пищевых продуктов и т.д., подлежащая той или иной

^{*} Кожин В.Ф. Очистка питьевой и технической воды. Примеры и расчеты: Учебное пособие для вузов. – М.: Изд-во лит. по строительству, 1971.

предварительной обработке в зависимости от её технологического назначения, должна соответствовать следующим требованиям, приведенным в табл. 2.

Таблица 2

Требования к качеству технической воды различных производств

Показатель	Производство				
	бумажное	целлюлозное	вискозное	кожевенное	текстильное
Мутность, мг/л	2-5	0	5	10	5
Цветность, град	30	15	0	—	10-12
Прозрачность, см	—	—	30	—	30
Общая жесткость, мг-экв/л	4,3-5,7	0,7	0,2	0,5	1,4-2,1
Окисляемость, мг/лО ₂	10,0	6,0	2,0	—	—
Содержание, мг/л					
железа	1,0	0,2	0,03	—	0,2
марганца	—	—	0,03	—	0,2
сероводорода	—	—	—	1,0	—
плотного остатка	300	—	100	—	—
pH	7-7,5	7-7,5	—	—	7-8,5

4. Как составная часть выпускаемой продукции, например на консервных заводах, в производстве пива и т.д., вода должна подвергаться такой же тщательной очистке, как и в хозяйственно-питьевых водопроводах.

Вода, применяемая для охлаждения, не должна содержать взвеси больше тех количеств, которые нормированы. Отложение взвеси в холодильниках приводит к их засорению, снижению теплопередачи и прогоранию.

Воду, применяемую для очистки выпускаемого продукта, и воду, используемую как средство перемещения материала, подвергают различной обработке в зависимости от технологии производства.

В практике производственного водоснабжения нашли применение следующие системы: прямоточные, прямоточные с последовательным использованием воды, оборотные, комбинированные, замкнутые.

2. Реагенты для обработки воды и их дозирование

2.1. Расчет и проектирование станции реагентного умягчения воды

Реагентное умягчение воды осуществляется путем обработки ее известью (декарбонизация) – для частичного уменьшения карбонатной жесткости, или известью и содой (известково-содовое умягчение) – для уменьшения как карбонатной, так и некарбонатной жесткости. При декарбонизации остаточную жесткость умягченной воды можно получить на 0,4-0,8 мг-экв/л больше некарбонатной жесткости, щелочность 0,8-1,2 мг-экв/л; при известково-содовом умяг-

чении – остаточная жесткость 0,5-1 мг-экв/л и щелочность 0,8-1,2 мг-экв/л. Нижние пределы при подогреве воды до 35-40°C.

2.2. Дозы реагентов

Дозы извести $D_{и}$, мг/л, для декарбонизации воды, считая по CaO, определяют по формулам:

а) при соотношении между концентрацией в воде кальция и карбонатной жесткости $\frac{Ca^{2+}}{20} > Ж_{к}$

$$D_{и} = 28 \left[\frac{(CO_2)}{22} + Ж_{к} + \frac{D_{к}}{e_{к}} + 0,3 \right], \quad (1)$$

б) при соотношении между концентрацией в воде кальция и карбонатной жесткости $\frac{Ca^{2+}}{20} < Ж_{к}$

$$D_{и} = 28 \left[\frac{(CO_2)}{22} + 2Ж_{к} - \left(\frac{(Ca^{2+})}{20} \right) + \frac{D_{к}}{e_{к}} + 0,5 \right], \quad (2)$$

где (CO_2) – концентрация в воде свободной двуокиси углерода, мг/л; Ca – содержание в воде кальция, мг/л; $D_{к}$ – доза коагулянта $FeCl_3$ или $FeSO_4$ (в расчете на безводные продукты), мг/л; $E_{к}$ – эквивалентная масса активного вещества коагулянта, мг/мг-экв (для $FeCl_3$ – 54, для $FeSO_4$ – 76).

Дозы коагулянтов в расчете на безводные продукты $FeCl_3$ или $FeSO_4$ принимают равными 25-35 мг/л.

Дозы извести и воды при известково-содовом умягчении воды определяют по формулам:

дозы извести $D_{и}$, мг/л, в расчете на CaO

$$D_{и} = 28 \left[\frac{(CO_2)}{22} + Ж_{к} + \left(\frac{(Mg^{2+})}{12} \right) + \frac{D_{к}}{e_{к}} + 0,5 \right], \quad (3)$$

дозы соды $D_{с}$, мг/л, в расчете на Na_2CO_3

$$D_{с} = 53 \left(Ж_{н.к} + \frac{D_{к}}{e_{к}} + 1 \right), \quad (4)$$

где (Mg^{2+}) – содержание в воде магния, мг/л; $Ж_{н.к}$ – некарбонатная жесткость воды, мг-экв/л.

2.3. Состав установки

В состав установки для реагентного умягчения воды входят:

склады реагентов;

устройство для приготовления и дозирования растворов реагентов (извести и соды для устранения жесткости воды, коагулянта $FeCl_3$ или $FeSO_4$ для ускорения осаждения взвеси);

смесители;

осветлители со взвешенным осадком или вихревые реакторы;
фильтры;
резервуары умягченной воды, насосная станция и др. вспомогательные элементы.

Технологическую схему известкового хозяйства станции умягчения выбирают с учетом качества и вида заводского продукта, потребности в извести, места ее ввода и т.д.

2.4. Склады реагентов

В случае применения комовой негашеной извести принимают мокрое ее хранение в виде теста 35-40%-ной концентрации. Объем емкостей для мокрого хранения определяют из расчета $3,5-5 \text{ м}^3$ на 1 т товарной извести. Емкости для гашения размещают в изолированном помещении.

Допускается сухое хранение извести с последующим дроблением и гашением в известегасильных аппаратах. При сухом хранении в закрытом складе высота слоя извести до 1,5 м при ручной выгрузке и до 3,5 м – при механизированной.

При возможности централизованных поставок известкового теста или молока предусматривают ее мокрое хранение (рис. 1).

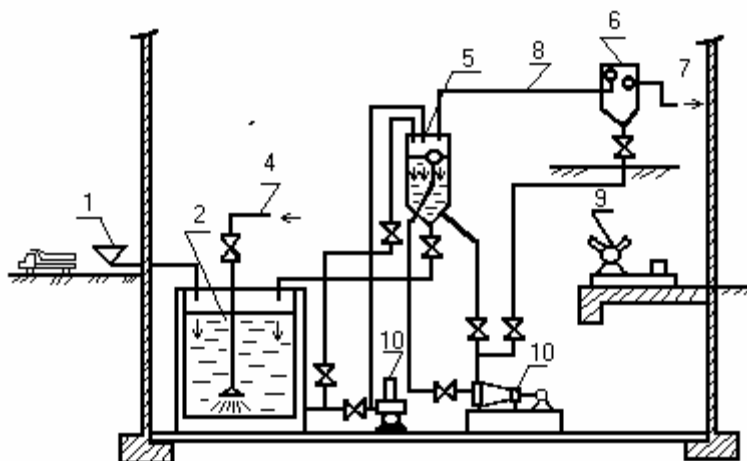


Рис. 1. Схема известкового хозяйства с потреблением привозного известкового молока: 1 – воронка для слива 30%-ного известкового молока; 2 – бак-хранилище для 30%-ного известкового молока; 4 – трубопроводы для сжатого воздуха; 5 – циркуляционная мешалка для 5%-ного известкового молока; 6 – дозатор; 7 – трубопровод для отдозированного известкового молока; 8 – перелив из дозатора; 9 – воздуходувка; 10 – насосы

Для дозирования известкового молока или коагулянта наиболее подходящими являются дозаторы известкового молока бункерные автоматические.

2.5. Вихревые реакторы

При обосновании допускается производить декарбонизацию или известково-содовое умягчение воды в вихревых реакторах с получением крупки карбоната кальция и ее обжигом в целях утилизации в качестве извести-реагента.

Умягчение воды в вихревых реакторах применяют при соотношении $\frac{Ca^{2+}}{20} > Ж_k$, содержании магния в исходной воде не более 15 мг/л и перманганатной окисляемости не более 10 мг/л. Окончательное осветление воды после вихревых реакторов производят на фильтрах.

Вихревой реактор представляет собой резервуар в виде усеченного конуса с верхней цилиндрической частью (рис. 2). Для расчета вихревых реакторов принимают условия:

скорость входа в реактор 0,8-1 м/с;

угол конусности (α) 15-20°;

скорость восходящего движения воды на уровне водоотводящих устройств 4-6 мм/с.

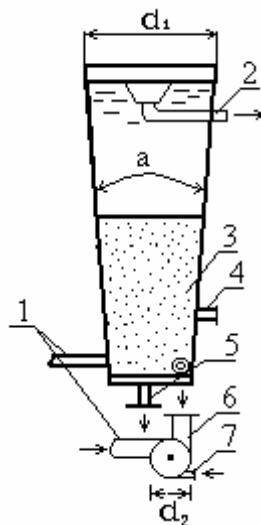


Рис. 2. Вихревой реактор: 1 – подача воды; 2 – отвод воды; 3 – загрузка; 4 – выпуск излишка загрузки; 5 – сброс; 6, 7 – ввод извести (6) и соды (7)

В качестве контактной массы для загрузки вихревых реакторов применяют молотый известняк, размолотую крупку карбоната кальция, образовавшуюся в вихревых реакторах, мраморную крошку. Крупность зерен контактной массы должна быть 0,2...0,3 мм, количество ее – 10 кг на 1 м³ объема вихревого реактора. Контактную массу необходимо догружать при каждом выпуске крупки из вихревого реактора.

Известь вводят в нижнюю часть реактора в виде известкового раствора или молока. При обработке воды в вихревых реакторах коагулянт добавлять не следует.

При $\frac{Ca^{2+}}{20} < Ж_k$ декарбонизацию воды производят в осветлителях с доосветлением ее на фильтрах.

2.6. Порядок расчета установки реагентного умягчения воды

Исходные величины:

производительность установки q_y , м³/сут (м³/с);

жесткость исходной воды, мг-экв/л,

общая J_o ,

карбонатная $J_k = \text{Щ}$,

некарбонатная $J_{нк}$,

мутность исходной воды M , мг/л;

содержание, мг/л,

CO_2 ,

Ca^{2+}

Mg^{2+} ,

жесткость общая $J_{общ}$, мг-экв/л;

мутность умягченной воды M , мг/л.

Порядок расчета

1. По исходным данным и требованиям к умягченной воде выбирают метод реагентного умягчения воды: декарбонизацию или известково-содовое умягчение.

2. Определяют дозы извести и соды (т/сут).

Количества реагентов (извести G_u , соды G_c , хлорного железа $G_{коаг}$) определяют по формулам:

$$G_u = \frac{Q \cdot D_u}{K_u \cdot 10}, \quad (5)$$

$$G_c = \frac{Q \cdot D_c}{K_c \cdot 10}, \quad (6)$$

$$G_{коаг} = \frac{Q \cdot D_k}{K_k \cdot 10}, \quad (7)$$

где K_u – содержание СаО в товарном продукте (50-75%); K_c – содержание Na_2SO_3 в товарном продукте (95%); K_k – содержание FeCl_3 в товарном продукте (98%).

3. Производится расчет емкостей складов и реагентного хозяйства.

4. Производится расчет вихревого смесителя.

5. Производится расчет осветлителя со взвешенным осадком или вихревого реактора. Осветлители рассчитывают в соответствии с методикой расчета их для осветления воды, с учетом перечисленных выше особенностей их применения при умягчении.

6. Рассчитываются скорые фильтры.

Расчет вихревого реактора

Исходя из производительности одного реактора в пределах 100 м³/ч определяют необходимое количество реакторов.

По производительности реактора q_c и v_n и v_o вычисляют площади (м²) верхнего и нижнего сечений реактора:

$$f_{\varepsilon} = \frac{q_c}{v_{\varepsilon}}, \quad f_n = \frac{q_c}{v_n}. \quad (8)$$

Принимая величину угла конусности (α) равной 15-20°, определяют высоту усеченного конуса:

$$h = \frac{1}{2}(d_{\varepsilon} - d_n) \cdot \operatorname{ctg} \frac{20^0}{2}. \quad (9)$$

Объем реактора

$$W = \frac{1}{3}h(f_{\varepsilon} + \sqrt{f_{\varepsilon} \cdot f_n} + f_n). \quad (10)$$

Контактная масса (кг), необходимая для загрузки одного реактора,

$$G_{\text{конт}} = W \cdot 10. \quad (11)$$

Высоту загрузки реактора контактной массой принимают следующей:

$$h \approx 0,5h. \quad (12)$$

Диаметр реактора на высоте h_3 от низа

$$d_1 = \left(h_3 \cdot \operatorname{tg} \frac{20^0}{2} \right)^2 + d_n. \quad (13)$$

По величине d_1 определяют площадь этого сечения f_1 .

Объем реактора в пределах заполнения его контактной массой

$$W_1 = \frac{1}{3}h(f_{\varepsilon} + \sqrt{f_{\varepsilon} \cdot f_n} + f_n). \quad (14)$$

Насыщение водой контактной массы в занимаемом ею объеме реактора

$$P_{\varepsilon} = 100 - \frac{G_{\text{конт}}}{W_1 q_0 \cdot 100}, \quad \%, \quad (15)$$

где q_0 – удельный вес контактной массы ($\approx 1,65$).

Потери напора в реакторе на 1 м высоты контактной массы составляет $\sim 0,35$ м. Полная потеря напора (м) в загрузке

$$h_{\varepsilon 3} = 0,35h_3. \quad (16)$$

Потеря напора при выходе из подающего сопла со скоростью 1 м/с и $\mu \approx 0,9$

$$h_c = \frac{v^2}{\mu^2 2g}. \quad (17)$$

Суммарная потеря напора в реакторе

$$\sum h = h_{\varepsilon 3} + h_c. \quad (18)$$

2.7. Расчет установок катионитового умягчения воды

Катионитовый способ умягчения воды основан на способности нерастворимых в воде органических или неорганических веществ (катионитов) обменивать содержащиеся в них активные группы катионов (натрия, водорода и др.) на

катионы кальция и магния воды, обуславливающие ее жесткость, в результате вода становится мягкой.

Существует несколько наиболее распространенных схем катионитового умягчения (табл. 3). К исходной воде предъявляют следующие общие требования: мутность – не более 5-8 мг/л; цветность – не более 30 град.

Поэтому катионитовому умягчению подвергают воды подземных источников или воды поверхностных источников водоснабжения, которые необходимо предварительно осветлить или провести реагентное умягчение.

Установки катионитового умягчения состоят из следующих основных элементов:

напорные или безнапорные (открытые) фильтры, загруженные катионитом и оборудованные соответствующими трубопроводами и арматурой для их нормальной эксплуатации;

емкости для приема, хранения катионитов и аппараты и трубопроводы для приготовления и подачи регенерационных растворов;

емкости для хранения умягченной воды, воды для взрыхления и отмывки загрузки катионитовых фильтров.

Рабочий цикл катионитового фильтра (рис. 4), кроме основной операции умягчения, включает следующие операции: взрыхление, регенерацию, отмывку.

Таблица 3

Технологические показатели и область применения различных схем установок для умягчения воды катионированием

Технологическая схема	Качество фильтрата		Область применения
	общая жесткость, мг-экв/л	общая щелочность, мг-экв/л	
Одноступенчатое Na-катионирование	0,05-0,1	Равна щелочности исходной воды	Для неглубокого умягчения воды, когда не требуется снижения ее щелочности
Двухступенчатое Na-катионирование	0,01-0,02	То же	Для глубокого умягчения воды, когда не требуется снижения щелочности
Параллельное H- и Na-катионирование; смешение катионированных вод и удаление двуокиси углерода	0,1	0,4	Для неглубокого умягчения воды с одновременным снижением ее щелочности
То же, с доумягчением воды на Na-катионитовых фильтрах II ступени	0,01	0,4	Для глубокого умягчения воды, содержащей $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ не более 4 мг-экв/л и Na не более 2 мг-экв/л

Технологическая схема	Качество фильтрата		Область применения
	общая жесткость, мг-экв/л	общая щелочность, мг-экв/л	
Последовательное Н-Na-катионирование; Н-катионирование части воды; смешение катионированной воды с исходной, удаление двуокиси углерода и умягчение на Na-катионитовых фильтрах I и II ступени	0,01-0,02	0,7	Для умягчения воды с жесткостью более 6 мг-экв/л с общим солесодержанием более 700 мг/л и карбонатной жесткостью менее 50% общей
Последовательное Н- и Na-катионирование с “голодной” регенерацией Н-катионитовых фильтров, удаление двуокиси углерода и умягчение на Na-катионитовых фильтрах I и II ступени	0,001	0,7	Для умягчения воды, содержащей до 3 г/л солей, при различной концентрации натрия, при $J_{\text{к}} \geq 1$ мг-экв/л
Известкование и Na-катионирование	0,1	1...1,5 без подогрева, 0,3 при подогреве до 80°C	Для умягчения поверхностных вод и вод с высокой щелочностью (более 5 мг-экв/л)

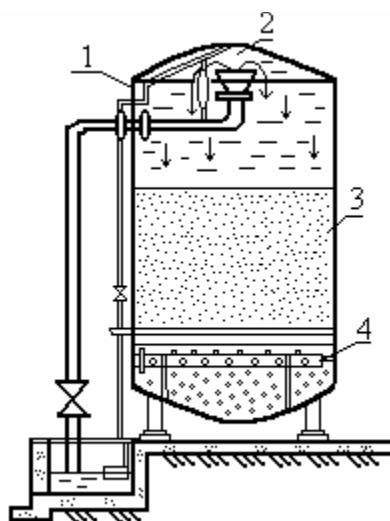


Рис. 4. Схема катионитового фильтра: 1 – корпус, 2 – сборная воронка, 3 – слой катионита, 4 – коллектор и дренажные трубы

2.7.1. Расчет установки одноступенчатого Na-катионирования

Обычно одноступенчатое Na-катионирование применяют при величине $J_{0, \text{исх}} \leq 15$ мг-экв/л.

Исходные величины:

полезная производительность установки q_y , м³/ч;

жесткость исходной воды $Ж_{о.исх}$, мг-экв/л;

щелочность исходной воды $Щ_{исх} = Ж_{к.исх}$, мг-экв/л;

допустимая жесткость умягченной воды $Ж_{ум}$, мг-экв/л.

Расчет установки одноступенчатого Na-катионирования ведут на полезную производительность, так как для собственных нужд используют осветленную, но не умягченную воду.

При определении общего объема фильтрующего материала принимают следующие условия:

конкретная марка катионита – сульфоуголь или КУ-2;

число регенераций в сутки $n_p = 1-3$;

удельный расход соли на регенерацию $q_c = 150-200$ г/г-экв.

Ход расчета

Рабочая обменная способность катионита (г-экв/м²)

$$E_{раб}^{Na} = \alpha_{Na} \cdot \beta_{Na} \cdot q_y - Ж_{о.исх}, \quad (19)$$

где α_{Na} – коэффициент эффективности регенерации натрий-катионита, учитывающий неполноту регенерации катионита $\alpha_{Na} = f(q_c)^*$, β_{Na} – коэффициент*, учитывающий снижение обменной емкости катионита по Ca^{2+} и Mg^{2+} вследствие частичного задержания катионов Na^+ :

$$\beta_{Na} = f\left(\frac{C_{Na}}{Ж_a}\right), \quad (20)$$

$E_{полн.}$ – полная обменная способность катионита, г-экв/м³, определяемая по заводским паспортным данным; при отсутствии таких данных при расчетах допускается принимать: для сульфоугля крупностью 0,5-1,1 мм – 500 г-экв/м³, для катионита КУ-2 крупностью 0,8...1,2 – 1500-1700 г-экв/м³; $q_{уд}$ – удельный расход воды на отмывку катионита, м³ на 1 м³ катионита, принимаемый равным для сульфоугля – 4, для КУ-2 – 6; $Ж_{о.исх}$ – жесткость общая исходной воды, г-экв/м³.

Объем катионита в фильтрах I ступени

$$W_k = \frac{24 q_y \cdot Ж_{о.исх}}{n_p \cdot E_{раб}^{Na}} \text{ м}^3, \quad (21)$$

где q_y – расход умягченной воды, м³/ч.

Площадь катионитовых фильтров I ступени

$$F_k = \frac{W_k}{H_k} \text{ м}^2, \quad (22)$$

* Принимается по: Клячко В.А., Апельцин И.Э. Подготовка воды для промышленного и городского водоснабжения. – М.: Госуд. изд-во литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1962. Табл. 1,2.

где H_k – высота слоя катионита в фильтрах, принимается от 2 до 2,5 м (большую высоту загрузки принимают при жесткости воды более 10 г-экв/м³).

Полученную величину площади катионитовых фильтров проверяют по скорости фильтрования, которая при нормальном режиме для напорных фильтров I ступени не должна превышать при жесткости исходной воды:

до 5 г-экв/м³ – 25 м/ч;

5-10 г-экв/м³ – 15 м/ч;

10-15 г-экв/м³ – 10 м/ч.

Допускается кратковременное увеличение скорости фильтрования на 10 м/ч по сравнению с указанным выше при включении фильтров на регенерацию или ремонт. В случае применения открытых катионитовых фильтров скорость фильтрования должна быть не более 15 м/ч. Количество катионитовых фильтров I ступени принимают: рабочих – не менее двух, резервных – один. Выбор типовых напорных фильтров производят по паспортным данным заводов. На-катионитовые фильтры I ступени выпускают диаметрами 1000, 1500, 2000, 2600, 3000 и 3400 мм.

Потери напора в напорных катионитовых фильтрах определяют как сумму потерь напора в коммуникациях фильтра, в дренаже и катионите, и принимают по учебнику В.А. Клячко, И.Э. Апельцина*. В открытых катионитовых фильтрах высоту слоя воды над катионитом принимают равной 2,5-3 м.

Регенерацию загрузки На-катионитовых фильтров предусматривают технической поваренной солью. Расход поваренной соли P_c (т) на одну регенерацию На-катионитового фильтра I ступени

$$P_c = \frac{f_k \cdot H_k \cdot E_{раб}^{Na} \cdot a_c}{10^6}, \quad (23)$$

где f_k – площадь одного фильтра, м².

Концентрацию регенерационного раствора для фильтров I ступени принимают равной 5-8%, скорость фильтрования раствора через слой катионита в фильтрах I ступени – 3-4 м/ч, скорость фильтрования исходной воды для отмывки катионита – 6-8 м/ч, удельный расход отмывочной воды – 5-6 м³ на 1 м³ катионита.

Расчет солерастворителя (рис. 5)

При расчетном количестве соли на одну регенерацию На-катионитового фильтра P_c подбирают типовой солерастворитель (по паспортным данным, имеющимся в справочной литературе), полезная емкость которого по соли – 100 кг ($D_c = 480$ мм), 240 кг ($D_c = 670$ мм) или 550 кг ($D_c = 1030$ мм), и определяют количество солерастворителей, которых должно быть не менее двух штук:

* Клячко В.А., Апельцин И.Э., 1962. Табл. 3.

$$n_c = \frac{P_c}{V_{пол}}, \quad (24)$$

где $V_{пол}$ – полезная емкость по соли одного солерастворителя.

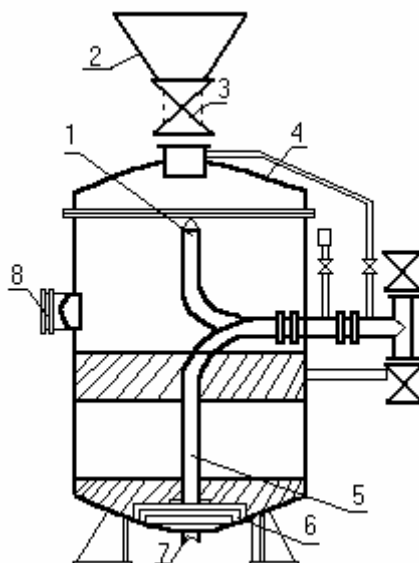


Рис. 5. Схема солерастворителя: 1 – подача воды; 2 – воронка; 3 – вставной стакан; 4 – корпус; 5 – выход рассола; 6 – дренажное устройство; 7 – выпуск в канализацию; 8 – люк

Объем раствора соли (л), пропускаемого через гравийные слои каждого солерастворителя для очистки от загрязнений,

$$W_{p.c} = \frac{P_c \cdot q_{p.c.}}{n_c \cdot 1,0585}, \quad (25)$$

где $q_{p.c}$ – количество воды для растворения 1 кг соли, равное 10 л; 1,0585 – объемный вес 8%-ного раствора соли; концентрацию регенерационного раствора для Na-катионитовых фильтров I ступени принимают равной 5-8%.

Выбранный солерастворитель проверяют на скорость фильтрования раствора соли через гравийные слои, которая не должна превышать 6 м/ч:

$$V_c = \frac{W_{p.c}}{f_c}, \quad (26)$$

где f_c – площадь солерастворителя, m^2 .

Полезный объем каждого солерастворителя (m^3) принимается на 35-40% больше расчетного количества соли:

$$W = \frac{(1,35...1,4)P_c}{n_c \cdot 1,0585}. \quad (27)$$

Высота полезного объема солерастворителя (м)

$$h = \frac{W_c}{f_c}. \quad (28)$$

Расход осветленной воды на собственные нужды установки

На взрыхление катионитовой загрузки

$$Q_{взр} = 0,06n \cdot n_1 \cdot f_k \cdot W_{взр} \cdot t_{взр}, \quad (29)$$

где n и n_1 – соответственно число фильтров и регенерацией каждого фильтра в сутки;
 f_k – площадь загрузки одного катионитового фильтра, m^2 ; $W_{взр}$ – интенсивность взрыхления, $л/с \cdot m^2$ при крупности зерен катионита 0,5-1,1 мм – 4, при крупности 0,8-1,2 мм – 5 $л/с \cdot m^2$; $t_{взр}$ – продолжительность взрыхления (20-30 мин).

На растворение соли из расчета 10 л воды на 1 кг технической соли

$$Q_{pc} = \frac{n \cdot n_1 \cdot P_c \cdot q_{p.c.}}{10^3}, \quad (30)$$

На промывку солерастворителя

$$Q_{np} = 0,06n \cdot n_1 \cdot n_c \cdot f_c \cdot W_c \cdot t_c, \quad (31)$$

где W_c – интенсивность промывки солерастворителя ($W_c = 5$ л/с, m^2); t_c – продолжительность промывки солерастворителя ($t_c = 5$ мин).

На отмывку катионитовой загрузки от продуктов регенерации

$$Q_{отм} = n \cdot n_1 \cdot f_k \cdot H_{Na} \cdot q_{отм}^{y\delta}, \quad (32)$$

где $q_{отм}^{y\delta}$ – удельный расход отмывочной воды (5-6 m^3 на 1 m^3 катионита).

Суммарный расход воды на собственные нужды станции, при условии, что отмывочные воды не используются повторно для взрыхления катионита и приготовления регенерационного раствора

$$\sum Q = Q_{взр} + Q_{отм} + Q_{p.c.} + Q_{np}, \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (33)$$

Доля расхода воды на собственные нужды установки составляет

$$\frac{\sum Q}{Q_{сум}} \cdot 100\%. \quad (34)$$

Для сокращения расхода воды на собственные нужды установки половину отмывочной воды спускают в водосток, а вторую половину направляют в бак для использования при взрыхлении катионита и приготовления регенерационного раствора.

При этих условиях доля расхода воды на собственные нужды установки составит

$$Q_{сн} = \frac{(Q_{взр} + Q_{p.c.} + Q_{np} + 0,5 \cdot Q_{отм})}{Q_{сум}} \cdot 100\%. \quad (35)$$

2.7.2. Расчет установки двухступенчатого Na-катионирования

При расчете фильтров II ступени общая жесткость поступающей на них воды принимается равной 0,01 мг-экв/л, а общая жесткость воды, поступающей на Na-катионитовые фильтры I ступени уменьшается соответственно до 0,1 мг-экв/л.

При расчете и проектировании Na-катионитовых фильтров II ступени следует принимать следующие исходные данные:

высота слоя катионита – 1,5 м;

скорость фильтрования – не более 40 м/ч;

удельный расход соли

для регенерации катионита в фильтрах – 120-150 г/г-экв;

концентрация регенерационного раствора – 8-12%;

потеря напора в фильтрах – 13-15 м;

продолжительность рабочего цикла – 150-200 ч.

Отмыв катионита производят фильтратом I ступени.

Исходные величины:

производительность установки – q_y , м³/сут (м³/ч);

жесткость исходной воды – $Ж_{о.исх}$ мг-экв/л;

щелочность – $Щ_{исх} = Ж_{к.исх}$ мг-экв/л;

содержание Na в умягченной воде, мг/л.

Ход расчета

Расчет Na-катионитовых фильтров I ступени ведется по аналогии с выше-приведенным расчетом, но на производительность с учетом 2%-ной потребности в умягченной воде для отмывки фильтров II ступени. Кроме того, удельный расход соли для регенерации фильтров I ступени по сравнению с одноступенчатым Na-катионированием уменьшается и принимается равным

$$q_{y\phi}^I = 120...150 \text{ г/г-экв.} \quad (36)$$

Расчетный расход умягченной воды для Na-катионитовых фильтров II ступени принимают равным полезной производительности установки. Число регенераций Na-катионитового фильтра II ступени в сутки

$$n_p^{II} = \frac{24}{(150...200) + 1,5}, \quad (37)$$

где 1,5 – ориентировочная продолжительность (ч) операций, связанных с взрыхлением, регенерацией и отмывкой фильтра.

Рабочая обменная способность Na-катионитового фильтра II ступени (рабочая емкость поглощения)

$$E_{раб}^{NaII} = \alpha_{Na}^{II} \cdot \beta_{Na}^{II} \cdot E_{полн}, \text{ г-экв/м}^3, \quad (38)$$

где α_{Na}^{II} – принимается с учетом величины удельного расхода соли (q_c^{II}) для фильтров II ступени; β_{Na}^{II} – определяется с учетом того, что концентрацию Na^+ в воде,

поступающей на фильтры II ступени, следует принимать равной сумме катионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , и K^+ в исходной воде, поскольку при пропуске воды через фильтры I ступени, катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} и K^+ заменяются на катионы Na^+ .

При расчетах допустимо принимать рабочую обменную способность (емкость поглощения) Na-катионитовых фильтров II ступени равной 250-300 г-экв/м³.

2.7.3 Расчет установки для H-Na-катионирования

Основные схемы H-Na-катионитового умягчения воды

Параллельное H-Na-катионирование позволяет получить фильтрат общей жесткостью 0,1 г-экв/м², с остаточной щелочностью 0,4 г-экв/м³. Одна часть воды пропускается через Na-катионитовые фильтры, другая – через H-катионитовые фильтры, а затем оба потока смешивают и направляют на дегазатор. Для получения устойчивого и глубокого умягчения (до 0,01 г-экв/м³) воду после дегазатора пропускают через барьерный Na-катионитовый фильтр II ступени.

Параллельное H-Na-катионирование, когда часть воды пропускают через H-катионитовые фильтры, затем смешивают с остальной водой, полученную смесь пропускают через дегазатор для удаления двуокиси углерода, а затем всю воду подают на Na-катионитовые фильтры. Количество воды, подаваемое на H-катионитовые фильтры, определяют так же, как и при параллельном H-Na-катионировании. Остаточная щелочность при этом составляет 0,7 мг-экв/л. При повышенных требованиях к умягчению воды схема дополняется Na-катионитовыми фильтрами II ступени (барьерными).

Последовательное H-Na-катионирование с “голодной” регенерацией H-катионитовых фильтров. При этом общая жесткость фильтрата составляет 0,01 г-экв/м³, щелочность – 0,7 г-экв/м³. Поток воды последовательно проходит через H-катионитовые фильтры, регенерируемые стехиометрическим количеством кислоты, и далее – через одну или две ступени Na-катионитовых фильтров. Стехиометрический расчет режима регенерации H-катионита позволяет устранить из воды лишь соли карбонатной жесткости, соли некарбонатной жесткости удаляются при Na-катионировании. По этой схеме отсутствуют кислые стоки.

Расчет установки параллельного H- Na- катионирования

Исходные величины:

расчетная производительность установки $q_{\text{пол}}$ м³/сут (м³/ч);

жесткость исходной воды $J_{0,\text{исх}}$ мг-экв/л;

карбонатная жесткость $J_{\text{к}} = \text{Щ}_{\text{исх}}$, мг-экв/л;

содержание ионов, мг/л,



допустимая щелочность умягченной воды Щ_y , мг-экв/л.

Ход расчета

Расход воды, подаваемой на Н- катионитовые фильтры,

$$q_{пол}^H = q_{пол} \cdot \frac{\text{Щ}_o - \text{Щ}_y}{A + \text{Щ}_y}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (39)$$

где A – суммарное содержание в умягченной воде анионов сильных кислот (сульфатов, хлоридов, нитратов и др.), г-экв/м³.

Содержание ионов из весовой в эквивалентную форму переводится по формулам

$$C_{SO_4} = \frac{SO_4^{2+}}{e_1}; C_{Cl} = \frac{Cl^-}{e_2}, \quad (40)$$

где e – эквивалентная масса соответствующего иона, мг/мг-экв, для C_{SO_4} $e_1 = 48,03$, для C_{Cl} $e_2 = 35,46$.

Рабочая обменная способность (емкость) $E_{раб}^H$ (г-экв/м³) Н-катионита

$$E_{раб}^H = \alpha_n \cdot E_{полн} - 0,5q_{уд} \cdot C, \quad (41)$$

где α_n – коэффициент эффективности регенерации Н-катионита; $\alpha_n = f(a_n)^*$; a_n – удельный расход серной кислоты на регенерацию катионита, г/г-экв (при параллельном Н-На-катионировании a_n обычно принимают в пределах 90-150 г/г-экв рабочей обменной способности катионита); C_k – общее содержание в воде ионов кальция, магния, натрия и калия, г-экв/м³:

$$C_{Na} = \frac{Na^+}{e_3}, C_{Ca} = \frac{Ca^{2+}}{e_4}, C_{Mg} = \frac{Mg^{2+}}{e_5}; \quad (42)$$

$E_{полн}$ – паспортная полная обменная способность (емкость) катионита в нейтральной среде, г-экв/м³; $q_{уд}$ – удельный расход воды на отмывку катионита после регенерации, принимаемый равным 4-5 м³ воды на 1 м³ катионита.

Объем катионита W_n (м³), в Н-катионитовых фильтрах

$$W_n = \frac{24 \cdot q_{пол}^H (\mathcal{K}_{o.исх} + C_{Na})}{n_p \cdot E_{раб}^H}. \quad (43)$$

Расход воды, подаваемой на На-катионитовые фильтры,

$$q_{пол}^{Na} = q_{пол} - q_{пол}^H, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (44)$$

Объем катионита W_{Na} (м³) в На-катионитовых фильтрах

$$W_{Na} = \frac{24 \cdot q_{пол}^{Na} \cdot \mathcal{K}_{o.исх}}{n_p \cdot E_{раб}^{Na}}. \quad (45)$$

* Принимается по: Клячко В.А., Апелцин И.Э., 1962. Табл. 4.

Площадь Н-катионитных и Na-катионитовых фильтров (м²)

$$F_H = \frac{W_H}{H_K}; F_{Na} = \frac{W_{Na}}{H_K}, \quad (46)$$

где H_K – высота слоя катионита в фильтре (м); принимается так же, как и для Na-катионитовых фильтров при одноступенчатом Na-катионировании.

Рассчитанную площадь Н-катионитовых и Na-катионитовых фильтров проверяют на допустимую скорость так же, как и Na-катионитовых фильтров при одноступенчатом Na-катионировании.

Количество рабочих Н-катионитовых и Na-катионитовых фильтров при круглосуточной работе должно быть не менее двух. Количество резервных Н-катионитовых фильтров принимают следующее: 1 – при количестве рабочих фильтров до 8, и 2 – при большем количестве. Резервные Na-катионитовые фильтры не устанавливают, но предусматривают возможность использования резервных Н-катионитовых фильтров в качестве Na-катионитовых путем обеспечения возможности регенерации их раствором поваренной соли.

При проектировании установок для умягчения воды последовательным Н-Na-катионированием с “голодной” регенерацией Н-катионитовых фильтров рассчитывают: жесткость фильтрата $Ж_{\phi}^H$ (г-экв/м³) Н-катионитовых фильтров по формуле

$$Ж_{\phi}^H = (Cl^-) + (SO_4^{2-}) + Щ_{ост} - (Na^+), \quad (47)$$

где (Cl) и (SO_4^{-3}) – содержание хлоридов и сульфатов и умягченной воде, г-экв/м³;

$Щ_{ост}$ – остаточная щелочность фильтрата Н-катионитовых фильтров, равная 0,7...1,5 г-экв/м³.

Расход кислоты на “голодную” регенерацию Н-катионитовых фильтров составляет 50 г/г-экв удаленных из воды солей карбонатной жесткости.

При “голодной” регенерации “условная” обменная емкость катионитов по иону HCO_3 (до момента повышения щелочности фильтрата) для сульфогугля СК-I – 250-300 г-экв/м³, для катионита КБ-4 – 500...600 г-экв/м³.

Выбор типовых напорных фильтров производят по паспортным данным заводов. Н-катионитовые фильтры выпускаются с диаметрами, аналогичными диаметрам Na-катионитовых фильтров.

Регенерацию Н-катионитовых фильтров производят 1-1,5%-ным раствором серной кислоты. Допускается разбавление серной кислоты до указанной концентрации водой непосредственно перед фильтрами в эжекторе.

Скорость пропуска регенерационного раствора серной кислоты через слой катионита должна быть не менее 10 м/ч, с последующей отмывкой катионита неумягченной водой, пропускаемой через него сверху вниз со скоростью 10 м/ч.

Отмывка должна заканчиваться при кислотности фильтрата, равной сумме концентраций сульфатов и хлоридов в воде, поступающей на отмывку.

Половину объема отмывочной воды направляют на нейтрализацию в накопители и т.п., вторую часть – в бак для взрыхления катионита. Расход 100%-ной серной кислоты P_n (кг) на одну регенерацию Н-катионитового фильтра

$$P_n = \frac{f_k \cdot H_k \cdot E_{\text{раб}}^H \cdot a_n}{1000}, \quad (48)$$

где f_k – площадь загрузки одного Н-катионитового фильтра, м^2 .

Объем мерника крепкой кислоты и бака для разбавленного раствора кислоты (если разбавление ее производится перед фильтрами) определяют из условия регенерации 1 фильтра при количестве рабочих Н-катионитовых фильтров до 4, и для регенерации 2 фильтров – при большем количестве.

2.7.4. Дегазация воды

При Н-Na-катионировании воды возникает необходимость удаления из Н-катионированной воды или из смеси Н- и Na-катионированной воды двуокиси углерода.

Для этого предусматривают в схеме Н-Na-катионирования дегазаторы с кислотоупорными керамическими насадками размерами $25 \times 25 \times 4$ мм или с деревянной хордовой насадкой из брусков.

Площадь (м^2) поперечного сечения дегазатора определяют по расходу умягчаемой воды и плотности орошения

при керамической насадке – $60 \text{ м}^3/\text{ч}$,

при деревянной хордовой насадке – $40 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Вентилятор дегазатора должен обеспечивать подачу 15 м^3 воздуха на 1 м^3 воды. При определении напора, развиваемого вентилятором, учитывают сопротивления

насадки керамической – 30 мм водяного столба на 1 м высоты слоя насадки;

деревянной хордовой насадки – 10 мм водяного столба на 1 м высоты слоя насадки;

прочие – 30-40 мм водяного столба.

Высоту слоя насадки, обеспечивающую заданный эффект снижения содержания двуокиси углерода в катионированной воде, определяют по табл. 5*, в зависимости от содержания свободной двуокиси углерода $(\text{CO}_2)_{\text{св}}$ в подаваемой на дегазатор воде, определяемой по формуле

$$(\text{CO}_2)_{\text{св}} = (\text{CO}_2)_0 + 44\text{Щ}_0, \quad (49)$$

где $(\text{CO}_2)_0$ – содержание свободной двуокиси углерода в исходной воде, $\text{г}/\text{м}^3$; Щ_0 – щелочность исходной воды, $\text{г-экв}/\text{м}^3$.

2.7.5. Расход воды на собственные нужды Н-Na-катионитовой установки

Расход воды ($\text{м}^3/\text{сут}$) на приготовление регенерационных растворов Н-катионитовых и Na-катионитовых фильтров

* Клячко В.А., Апелцин И.Э.

$$Q_1^H = \frac{n_H \cdot n_{1H} \cdot f_H \cdot H_H \cdot E_{\text{раб}}^H \cdot a_K}{10^4 \cdot b_H}, \quad (50)$$

$$Q_1^{Na} = \frac{n_{Na} \cdot n_{1Na} \cdot f_{Na} \cdot H_{Na} \cdot E_{\text{раб}}^{Na} \cdot a_c}{10^4 \cdot b_{Na}}, \quad (51)$$

где $b_H = 1-1,5\%$, $b_{Na} = 5-8\%$.

Расход воды (м^3) на взрыхление катионита перед регенерацией в сутки:

$$Q_{\text{взр}}^H = 0,06 n_H \cdot n_{1H} \cdot f_H \cdot W_{\text{взр}} \cdot t_{\text{взр}}, \quad (55)$$

$$Q_{\text{взр}}^{Na} = 0,06 n_{Na} \cdot n_{1Na} \cdot f_{Na} \cdot W_{\text{взр}} \cdot t_{\text{взр}}, \quad (56)$$

Расход отмывочной воды (м^3) в сутки:

$$Q_{\text{отм}}^H = n_H \cdot n_{1H} \cdot H_H \cdot q_{\text{отм}}^{y\partial}, \quad (57)$$

$$Q_{\text{отм}}^{Na} = n_{Na} \cdot n_{1Na} \cdot H_{Na} \cdot q_{\text{отм}}^{y\partial}, \quad (58)$$

где $q_{\text{отм}}^{y\partial}$ – удельный расход (м^3) отмывочной воды на 1 м^3 катионита ($5-6 \text{ м}^3/\text{м}^3$).

Суммарный расход осветленной воды ($\text{м}^3/\text{сут}$), подаваемой на катионитовую установку:

без повторного использования отмывочной воды

$$\Sigma Q = q_{\text{пол}} + Q_1^H + Q_1^{Na} + Q_{\text{взр}}^H + Q_{\text{взр}}^{Na} + Q_{\text{отм}}^H + Q_{\text{отм}}^{Na}, \quad (59)$$

при повторном использовании отмывочной воды для взрыхления фильтров и приготовления кислоты и соли

$$\Sigma Q = q_{\text{пол}} + Q_1^H + Q_1^{Na} + Q_{\text{взр}}^H + Q_{\text{взр}}^{Na} + 0,5(Q_{\text{отм}}^H + Q_{\text{отм}}^{Na}). \quad (60)$$

Доля расхода воды на собственные нужды установки составляет

$$\frac{\Sigma Q}{Q_{\text{сут}}} \cdot 100\%. \quad (61)$$

3. Контрольные задания

Номера контрольных задач выбираются по последней цифре (табл. 4) номера зачетной книжки студента.

Таблица 4

Номера контрольных задач

Последняя цифра зачетной книжки	Номера задач	Последняя цифра зачетной книжки	Номера задач
1	1, 7	6	6, 12
2	2, 8	7	3, 13
3	3, 9	8	5, 14
4	4, 10	9	1, 11
5	5, 11	0	6, 9

Задача 1. Определить необходимые дозы реагента для подщелачивания воды при её мутности $M = 700$ мг/л и щелочности $Щ = 1,7$ мг/л. Максимальная доза безводного сернокислого алюминия $D_k = 75$ мг/л.

Задача 2. Определить необходимую дозу гашеной извести для подщелачивания воды при её мутности $M = 200$ мг/л, щелочности $Щ = 2$ мг/л и величине $D_k = 40$ мг/л.

Задача 3. Определить дозу реагента для стабилизации грунтовой воды, прошедшей через аэрационную установку для обезжелезивания.

Показатели качества воды: температура 9°C ; содержание $\text{Ca}^{2+} = 115$ мг/л; щелочность $Щ_0 = 5,6$ мг-экв/л; общее солесодержание $P = 420$ мг/л; $pH_0 = 7,9$.

Задача 4. Определить дозу реагента для стабилизации воды, умягченной известкованием.

Показатели качества воды: температура – 25°C ; содержание кальция – 55 мг/л; общая щелочность $Щ_0 = 2,0$ мг-экв/л; щелочность по фенолфталеину $Щ_{\text{ф}} = 1,1$ мг-экв/л; общее солесодержание $P = 150$ мг/л; $pH_0 = 10,5$.

Задача 5. Определить дозу реагента для стабилизации грунтовой воды.

Показатели качества воды: температура – 12°C ; содержание кальция – 85 мг/л; щелочность $Щ_0 = 4,2$ мг-экв/л; содержание CO_2 – 47 мг/л; солесодержание $P = 380$ мг/л; $pH_0 = 7,0$.

Задача 6. Определить дозы реагентов для стабилизации воды из водохранилища, очищенной коагуляцией и фильтрованием.

Показатели качества воды: температура – 5°C ; содержание кальция – 10 мг/л; щелочность $Щ_0 = 0,5$ мг-экв/л; содержание CO_2 – 4 мг/л; солесодержание $P = 80$ мг/л; $pH_0 = 7,1$.

Задача 7. Произвести расчет установки для реагентного умягчения воды (расчет сооружений, которые специфичны для водоумягчительных установок).

Производительность установки $Q = 15\,000$ м³/сут. Содержание в воде ионов (мг/л) $\text{Ca}^{2+} - 140$, $\text{Mg}^{2+} - 45$ мг/л или $\text{CaO} - 235$, $\text{MgO} - 50$.

Задача 8. Произвести расчет установки для реагентного умягчения воды (расчет сооружений, которые специфичны для водоумягчительных установок).

Производительность установки $Q = 25\,000$ м³/сут. Содержание (мг/л) в воде ионов $\text{Ca}^{2+} - 90$, $\text{Mg}^{2+} - 25$ или $\text{CaO} - 205$, $\text{MgO} - 35$.

Задача 9. Произвести расчет Na-катионитовой установки для умягчения воды по одноступенчатой схеме.

Производительность установки $Q = 5000 \text{ м}^3/\text{сут}$, или $208,33 \text{ м}^3/\text{ч}$. Жесткость исходной воды: общая $J_0 = 6 \text{ мг-экв/л}$, карбонатная $J_k = 1,9 \text{ мг-экв/л}$. Допустимая жесткость умягченной воды $J_y = 0,2 \text{ мг-экв/л}$.

Содержание ионов Na^+ в исходной воде составляет 12 мг/л . Содержание взвешенных веществ в умягчаемой воде не более $5\text{-}8 \text{ мг/л}$, цветность не выше 30 град .

Задача 10. Произвести расчет Na-катионитовой установки для умягчения воды по одноступенчатой схеме.

Производительность установки $Q = 7500 \text{ м}^3/\text{сут}$, или $312,5 \text{ м}^3/\text{ч}$. Жесткость исходной воды: общая $J_0 = 5,5 \text{ мг-экв/л}$, карбонатная $J_k = 1,5 \text{ мг-экв/л}$. Допустимая жесткость умягченной воды $J_y = 0,2 \text{ мг-экв/л}$.

Содержание ионов Na^+ в исходной воде составляет 17 мг/л . Содержание взвешенных веществ в умягченной воде не более $5\text{-}8 \text{ мг/л}$, цветность не выше 30 град .

Задача 11. Произвести расчет установки для H-Na-катионирования воды.

Производительность водоумягчительной установки $Q = 4000 \text{ м}^3/\text{сут}$, или $166,7 \text{ м}^3/\text{ч}$. Качество исходной воды из городского водопровода характеризуется следующими данными: общая жесткость $J_0 = 3,5 \text{ мг-экв/л}$, щелочность (карбонатная жесткость) $\text{Щ} = 2,5 \text{ мг-экв/л}$; количество взвешенных веществ не более $5\text{-}8 \text{ мг/л}$; содержание ионов $\text{SO}_4^{2-} = 100 \text{ мг/л}$, или $2,1 \text{ мг-экв/л}$ и ионов $\text{Cl}^- = 28,4 \text{ мг/л}$, или $0,80 \text{ мг-экв/л}$.

Сумма сульфатных и хлоридных ионов ($\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$) $A = 2,9 \text{ мг-экв/л}$, т.е. не превышает допустимой величины $3\text{-}4 \text{ мг-экв/л}$.

Содержание ионов Na^+ в исходной воде составляет 16 мг/л , или $0,69 \text{ мг-экв/л}$, т.е. меньше допустимой величины 1 мг-экв/л .

Допустимая остаточная щелочность умягченной воды $a = 0,35 \text{ мг-экв/л}$.

Задача 12. Произвести расчет установки для H-Na-катионирования воды.

Производительность водоумягчительной установки $Q = 3950 \text{ м}^3/\text{сут}$, или $164,58 \text{ м}^3/\text{ч}$. Качество исходной воды из городского водопровода характеризуется следующими данными: общая жесткость $J_0 = 3,85 \text{ мг-экв/л}$, щелочность (карбонатная жесткость) $\text{Щ} = 2,25 \text{ мг-экв/л}$; количество взвешенных веществ не более $5\text{-}8 \text{ мг/л}$; содержание ионов $\text{SO}_4^{2-} = 85 \text{ мг/л}$, или $1,77 \text{ мг-экв/л}$ и ионов $\text{Cl}^- = 30,45 \text{ мг/л}$, или $0,86 \text{ мг-экв/л}$.

Сумма сульфатных и хлоридных ионов ($\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$) $A = 2,63 \text{ мг-экв/л}$, т.е. не превышает допустимой величины $3\text{-}4 \text{ мг-экв/л}$.

Содержание ионов Na^+ в исходной воде составляет $13,5 \text{ мг/л}$, или $0,58 \text{ мг-экв/л} \leq 1 \text{ мг-экв/л}$.

Допустимая остаточная щелочность умягченной воды $a = 0,35 \text{ мг-экв/л}$.

Задача 13. Произвести расчет приготовления воды по схеме двухступенчатого Na-катионирования.

Расчет оборудования водоподготовительной установки ведется на производительность 35 т/ч. На I ступени работают 2 фильтра диаметром 2000 мм, $H_{\text{сл}} = 2,5$ м. На II ступени работают 3 фильтра диаметром 1500 мм, $H_{\text{сл}} = 2,0$ м, жесткость воды, поступающей на Na-катионитные фильтры II ступени, 0,1 мг-экв/м³. Общая жесткость исходной воды 6,9 г-экв/м³. Рабочая обменная способность сульфогля для фильтров I ступени 230 г-экв/м³, II ступени – 300 г-экв/м³. Удельный расход соли для I ступени 150 г/г-экв, для II ступени 350 г/г-экв. Содержание NaCl в технической соли 96,5%. Удельный вес 7%-ного раствора соли при температуре 20°C = 1,04.

Задача 14. Произвести расчет приготовления воды по схеме двухступенчатого Na-катионирования.

Расчет оборудования водоподготовительной установки ведется на производительность 30 т/ч. На первой ступени работают 3 фильтра диаметром 1500 мм, $H_{\text{сл}} = 2,0$ м. На II ступени работают 2 фильтра диаметром 2000 мм, $H_{\text{сл}} = 1,5$ м. Жесткость воды, поступающей на Na-катионитные фильтры II ступени, 0,1 мг-экв/м³. Общая жесткость исходной воды 7,5 г-экв/м³. Рабочая обменная способность сульфогля для фильтров I ступени 230 г-экв/м³, II ступени – 300 г-экв/м³. Удельный расход соли для первой ступени 150 г/г-экв, для II ступени 350 г/г-экв. Содержание NaCl в технической соли 96,5%. Удельный вес 7%-ного раствора соли при температуре 20°C = 1,04.

Значения коэффициента эффективности регенерации α_0

Удельный расход соли D_c на регенерацию катионита (г-экв) рабочей обменной способности	100	150	200	250	300	400
α_0	0,62	0,74	0,81	0,86	0,9	0,91

Таблица 2

Значения коэффициента β_{Na+}

C_{Na+}/J_0	0,01	0,03	0,05	0,1	0,5	1	2	3	5	10
β_{Na+}	0,93	0,9	0,88	0,83	0,7	0,65	0,6	0,57	0,54	0,5

Таблица 3

Технические характеристики Н-Na-катионитовых фильтров

Диаметр, мм	Высота слоя загрузки, м	Размеры, мм					Нагрузоч- ный вес, т
		Н	Н ₁	L	L ₁	d	
Катионитовые фильтры I ступени							
1000	2	3375	850	205	650	50	5
1500	2	3658	980	860	880	80	10
2000	2,5	4535	1000	885	1170	125	15
2600	2,5	4812	1100	1400	1480	150	30
3000	2,5	5045	1065	1738	1680	150	40
3400	2,5	5168	1500	1900	1900	200	50
Катионитовые фильтры II ступени							
1000	1,5	2675	825	212	680	80	3,5
1500	1,5	2962	870	860	955	125	7,5
2000	1,5	3235	1175	885	1170	150	13,1
2600	1,5	3512	1060	1400	1500	200	20
3000	1,5	3745	1065	1706	1730	250	30

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к курсовому проекту

Общие положения

Выполнение курсового проекта включает следующие основные этапы:
анализ исходных данных и разработка вариантов систем водоснабжения;
проектирование систем водоснабжения с разработкой технологических схем, расчетом сооружений и подбором оборудования;
разработка графической части проекта.

Цель курсового проекта

В качестве курсового проекта по дисциплине “Водоснабжение промышленных предприятий” разрабатывается проект “Расчет сооружений для умягчения воды”. Целью данного проекта является усвоение методики расчётов и подбора оборудования установок умягчения воды, углубление знания технологических схем промышленных предприятий, получение навыков анализа эффективности использования оборотного водоснабжения в системах водоснабжения промышленных предприятий.

Работа над проектом развивает у студентов навыки самостоятельной разработки инженерных решений в технологических схемах водоснабжения предприятий, умение пользоваться технической и нормативной литературой.

Содержание и оформление курсового проекта

Курсовой проект должен содержать пояснительную записку следующей структуры.

Введение

Задание на курсовой проект

1. Водопотребление на промышленных предприятиях
 - 1.1. Схемы систем производственного водоснабжения
 - 1.2. Схемы систем оборотного водоснабжения промпредприятия
 - 1.3 Водный баланс в системах оборотного водоснабжения
2. Проверка химического анализа воды
3. Требования, предъявляемые к качеству воды
4. Расчёт установки для реагентного умягчения воды
5. Выбор схемы приготовления исходной воды
 - 5.1. Расчёт производительности водоподготовки
 - 5.2. Расчёт Na-катионитовых фильтров II ступени
 - 5.3. Расчёт Na-катионитовых фильтров I ступени
6. Деаэрация подпиточной и питательной воды
7. Расчёт установок для обессоливания и опреснения воды
 - 7.1. Выбор способа обессоливания воды
 - 7.2. Расчёт ионитовой установки

7.3. Расчёт регенерационного хозяйства ионитовой установки

8. Баланс водопотребления

9. Заключение

10. Список литературы

Перед выполнением курсового проекта рекомендуется ознакомиться с технологическими схемами промышленных предприятий.

1. Водопотребление на промышленных предприятиях

Вода на промышленных предприятиях расходуется на хозяйственно-питьевые нужды, поливку территорий, пожаротушение и технические (производственные) нужды.

Производственное водопотребление на промпредприятиях является основным как по количеству потребляемой воды, так и по роли воды в обеспечении основных технологических процессов.

Требования, предъявляемые к качеству технической воды

1. Вода для *охлаждения действующих агрегатов*, например конденсаторов паровых турбин тепловых электростанций, должна быть освобождена от избытка взвешенных веществ, которые, осаждаясь, засоряют охлаждающие устройства. Охлаждающая вода должна не содержать сероводорода и железа и иметь карбонатную жесткость не выше 2-7 мг-экв/л, в зависимости от температуры нагрева воды и от содержания в ней свободной углекислоты (табл. 1).

Таблица 1

Требования к качеству воды, применяемой для охлаждения агрегатов промышленных предприятий

Показатели качества воды	Допустимое содержание в охлаждающей воде, мг-экв/л	Примечание
Мутность	50-200	В зависимости от типа холодильников
Содержание сероводорода	0,5	—
железа	0,1	—
гипса (CaSO) ₄	1500-2000	В зависимости от общего содержания в воде сульфатов MgSO ₄ и Na ₂ SO ₄
Карбонатная жесткость, мг-экв/л	2-7	При температуре нагрева охлаждающей воды 20-50°C и содержании в ней свободной CO ₂ от 10 до 100 мг/л

Примечание. Таблица составлена по [4].

2. Вода для *питания котлов* должна быть освобождена от взвеси, солей жесткости и растворенного кислорода. Питательная вода для современных котлов высокого давления (барабанных и прямоточных) должна быть полностью умягчена, обескремнена, обескислорожена. Ориентировочные требования к качеству котловой и питательной воды для котлов различных типов приведена в табл. 2.

Таблица 2

**Ориентировочные расчетные нормы качества
котловой и питательной воды для котлов различных типов**

Показатель	Котлы		
	высокого давления (50-100 ати)	барабанные (100-185 ати)	прямоточные (100-150 ати) и прямоточные на около- и сверхкритическом давлении (215-300 ати)
Общая жесткость, мг-экв/л	0,035	0,005	0,003
Содержание, мг-экв/л кремниевой кислоты в пересчете на SiO_3^{2-}	Не нормируется		0,02
кислорода O_2	0,01	0,01	0,01
свободной углекислоты	Следы		Следы
смазочных масел	1	0,5	Следы
натриевых соединений в пересчете на Na_2SO_4	Не нормируется		0,02
соединений железа в пересчете на Fe_2O_3	—	—	0,01
соединений меди в пересчете на CuO	—	—	0,005
нитритов и нитратов в пересчете на NO_2 и NO_3	—	—	0,02
pH	Не ниже 7		7-8,5

1.1. Схемы систем производственного водоснабжения

В практике производственного водоснабжения нашли применение следующие системы: прямоточные, прямоточные с последовательным использованием воды; оборотные, комбинированные; замкнутые.

Прямоточная система производственного водоснабжения включает в свой состав водозаборные сооружения, водопроводные сети и выпуск отработанной воды в водоисточник.

При прямоточном водообеспечении (рис. 1, а) вся забираемая из водоема вода $Q_{\text{ист}}$ после участия в технологическом процессе (в виде отработанной) возвращается в водоем, за исключением количества воды, которое безвозвратно расходуется в производстве $Q_{\text{пот}}$. Количество отводимых в водоем сточных вод

$$Q_{\text{сбр}} = Q_{\text{ист}} - Q_{\text{пот}}.$$

Сточные воды перед сбросом в водоем должны проходить через очистные сооружения, при этом уменьшается “тепловое” загрязнение водоема и количество сбрасываемых в водоем сточных вод, поскольку имеют место потери воды на унос с охлаждающих установок или со шлаком на очистных сооружениях (ОС).

При схеме водообеспечения с последовательным использованием воды (рис. 1, б), которое может быть двух-трехкратным, количество сбрасываемых сточных вод уменьшается в соответствии с потерями на всех производствах и на очистных сооружениях, т.е.

$$Q_{\text{сбр}} = Q_{\text{ист}} - (Q_{\text{пот1}} + Q_{\text{пот2}} + Q_{\text{шл}}).$$

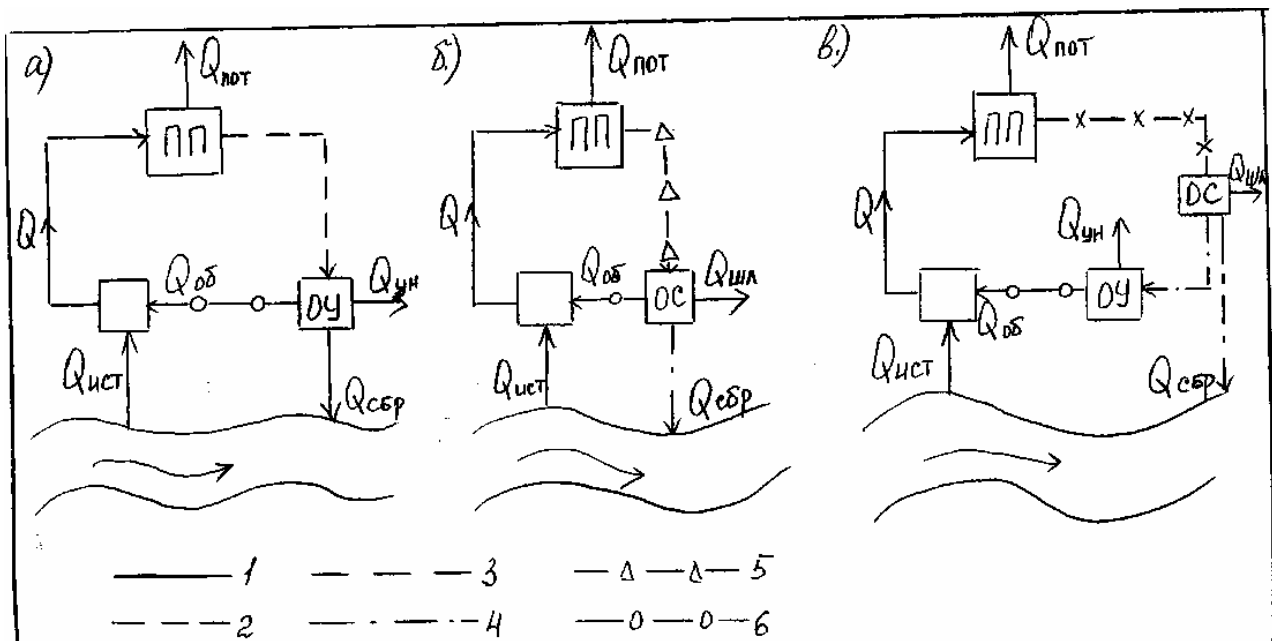


Рис. 1. Схемы водообеспечения промышленных предприятий: 1 – свежая вода чистая ненагретая; 2 – сточная вода нагретая; 3 – сточная вода нагретая и загрязненная; 4 – сточная вода очищенная; ПП, ПП-1 и ПП-2 – промышленные предприятия; ОС – очистные сооружения; $Q_{\text{ист}}$ – вода, подаваемая из источника на производственные нужды; $Q_{\text{пот}}$, $Q_{\text{пот1}}$ и $Q_{\text{пот2}}$ – вода, безвозвратно потребляемая на промышленных предприятиях; $Q_{\text{шл}}$ – вода, удаляемая со шлаком; $Q_{\text{сбр}}$ – вода, сбрасываемая в водоем

1.2. Схемы систем оборотного водоснабжения

Повторное использование сточных вод после их очистки получило широкое распространение. В ряде отраслей промышленности 90-95% сточных вод используется в системах оборотного водообеспечения и лишь 5-10% сбрасывается в водоем.

Если в системе оборотного водообеспечения промпредприятия вода является теплоносителем и в процессе использования лишь нагревается, то перед повторным применением её предварительно охлаждают в пруду, в бассейне, градирне (рис. 2, а); если вода служит средой, поглощающей и транспорти-

рующей механические и растворенные примеси, и в процессе использования загрязняется ими, то перед повторным применением сточная вода проходит обработку на очистных сооружениях (рис. 2, б); при комплексном использовании сточные воды перед повторным применением подвергаются очистке и охлаждению (рис. 2, в).

Для компенсации безвозвратных потерь воды в производстве, на охлаждающих установках (испарение с поверхности, унос ветром), на очистных сооружениях, а также потерь воды, сбрасываемой в водоотводящую сеть, осуществляется подпитка из водоема и других источников водоснабжения.

Количество подпиточной воды определяется по формуле

$$Q_{\text{ист}} = Q_{\text{пот}} + Q_{\text{ун}} + Q_{\text{шл}} + Q_{\text{сбр}}.$$

Подпитка систем оборотного водообеспечения может осуществляться постоянно и периодически. Общее количество добавляемой воды составляет 5-10% общего количества воды, циркулирующей в системе.

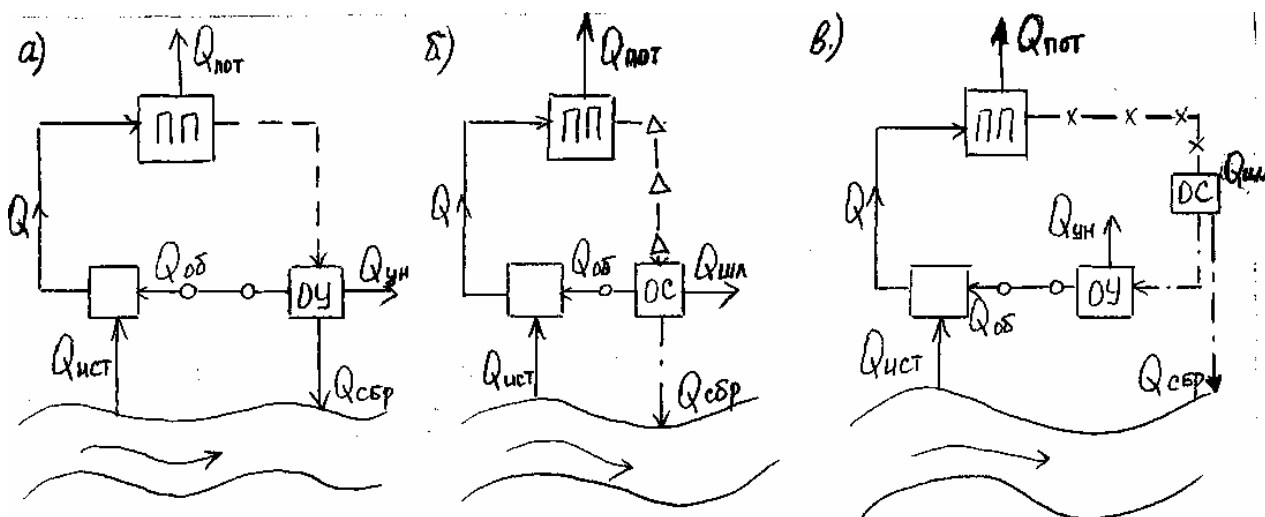


Рис. 2. Схемы оборотного водообеспечения промышленных предприятий с охлаждением (а), с очисткой (б), с очисткой и охлаждением (в) сточных вод. ОУ – охлаждающие установки; Q – вода, подаваемая на производство; Q_{об} – оборотная вода; Q_{ун} – вода, теряемая на испарение и унос из охлаждающих установок

Схемы и состав сооружений оборотных систем водоснабжения зависят от того, как изменяются параметры воды в процессе ее использования.

Для водопотребителей первой категории водопотребления применяются схемы а, б (прил. 1, рис. 1). В схеме а отработанная нагретая вода собирается в резервуар P1.1 и насосной станцией НС1.1 перекачивается на охладитель Охл.1.1, где происходит ее охлаждение и обеспечивается баланс по количеству тепла в системе. Охлажденная вода собирается в резервуаре P1.2 и насосной станцией НС1.2 подается опять водопотребителю П1. Потери воды в оборотной системе восполняются подачей подпиточной воды Q_{под} в резервуар P1.2, чем обеспечивает баланс в системе по количеству воды.

Схема *б* отличается тем, что отработанная нагретая вода после водопотребления имеющимся остаточным напором подается сразу на охладитель, что упрощает схему и уменьшает количество резервуаров и насосных станций.

Для водопотребителей второй категории водопотребления используется схема *в* (прил. 1, рис. 1). В этой схеме отработанная вода подается на очистные сооружения *ОСЗ.1*, где из воды извлекаются все примеси и обеспечивается баланс в системе по количеству примесей в воде. Очищенная вода насосной станцией *НСЗ.2* подается опять водопотребителю *ПЗ*. Потери воды в оборотной системе ($Q_{пп} + Q_{оч}$) компенсируется подачей подпиточной воды $Q_{под}$, чем обеспечивается баланс в системе по количеству воды.

1.3. Эффективность использования воды на промпредприятиях

Эффективность использования воды на промышленных предприятиях оценивается тремя показателями.

1. Техническое совершенство системы водообеспечения оценивается количеством использованной оборотной воды $P_{об}$, %:

$$P_{об} = \frac{Q_{об}}{Q_{об} + Q_{ист} + Q_c},$$

где $Q_{об}$, $Q_{ист}$ и Q_c – количество воды, используемой соответственно в обороте, забираемой из источника и поступающей в систему водообеспечения с сырьем.

Чем ближе $P_{об}$ к 100%, тем совершеннее система.

2. Рациональность использования воды, забираемой из источника, оценивается коэффициентом использования $K_{ис}$:

$$K_{ис} = \frac{Q_{ист} + Q_c + Q_{сбр}}{Q_{ис} + Q_c} < 1.$$

3. Потери воды (%), определяются по формуле

$$P_{пот} = \frac{Q_{ист} + Q_c + Q_{сбр}}{Q_{ист} + Q_c + Q_{посл} + Q_{об}},$$

где $Q_{посл}$ – количество воды, используемой в производстве последовательно.

2. Общие методические указания по выполнению курсового проекта

2.1. Расчет сооружений для умягчения воды

2.1.1. Общие сведения об умягчении воды

Умягчение воды может быть осуществлено тремя основными способами: реагентным, катионитовым, термическим.

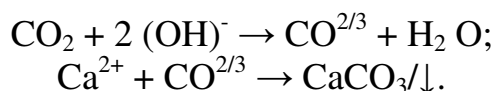
Нередко целесообразно комбинировать эти способы, удаляя часть солей жесткости реагентным способом, а остаток их – катионированием, либо при-

менять реагентный способ в комбинации с термическим способом умягчения воды.

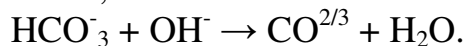
Условия наиболее эффективного применения различных способов умягчения воды с краткой характеристикой происходящих процессов приведены в табл. 3.

Из реагентных способов умягчения наиболее распространен известково-содовый способ. Сущность его состоит в переводе растворенных в воде солей Ca^{2+} и Mg^{2+} в малорастворимые CaCO_3 и $\text{Mg}(\text{OH})_2$, выпадающие в осадок.

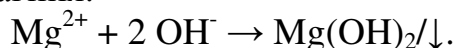
После введения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в воду находящаяся в ней растворенная CO_2 связывается в карбонат-ион CO_3^{2-} , который соединяется с растворенным в воде Ca^{2+} :



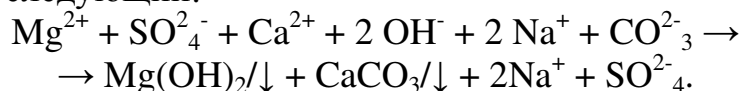
При вводе извести в количестве, большем, чем необходимо для перевода бикарбонат-ионов в карбонат-ион,



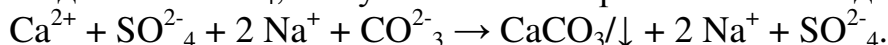
Происходит ускорение гидролиза магниевых солей; при этом Mg^{2+} связывается в гидроксид магния:



Для выделения солей некарбонатной жесткости, например MgSO_4 , применяют кальцинированную соду Na_2CO_3 , которая вводится в воду вместе с известью. Ход реакций следующий:



Если надо выделить CaSO_4 , то нужно ввести карбонат-ион в виде соды:



Скорость реакции с образованием осадков CaCO_3 и $\text{Mg}(\text{OH})_2$ увеличивается при повышении температуры воды и при введении в нее избытка реагентов.

Катионитовый способ умягчения воды заключается в фильтровании жесткой воды через мелкозернистую загрузку некоторых веществ (сульфоуголь, искусственные смолы). Эти вещества обладают способностью обменивать катионы содержащегося в них натрия Na^+ или водорода H^+ на катионы кальция Ca^{2+} или магния Mg^{2+} солей жесткости, растворенных в воде. Таким образом, различают процесс Na-катионирования и H-катионирования.

Когда обменная способность катионитового фильтра исчерпана, производят регенерацию катионитовой загрузки. Na-катионитовые фильтры регенерируются раствором поваренной соли NaCl , а H-катионитовые – растворами серной или соляной кислот.

Таблица 3

Краткая характеристика различных способов умягчения воды и условия их применения

Способ умягчения воды	Характер процесса умягчения	Назначение способа умягчения	Мутность исходной воды, мг-экв/л	Общая жесткость исходной воды, мг-экв/л	Предел снижения жесткости, мг-экв/л
Реагентный (известково-содовый)	В воду вводятся реагенты: известь – для устранения карбонатной жесткости; сода – для устранения некарбонатной жесткости	Для неглубокого умягчения при одно-временном осветлении мутных вод поверхностных источников	До 400-500	5-35	Без подогрева воды 0,5-1; с подогревом воды 0,2-0,4
Катионитовый Na-катионирование одноступенчатое	Умягченная вода пропускается через Na-катионитовые фильтры	Для глубокого умягчения воды с незначительным содержанием взвешенных веществ и цветностью не более 30°	До 5-8	До 15	0,03-0,05
Na-катионирование двухступенчатое	Умягченная вода пропускается сначала через Na-катионитовые фильтры I ступени, где жесткость снижается на 70-75 %, а затем через Na-катионитовые фильтры II ступени	Для весьма глубокого умягчения воды с незначительным содержанием взвешенных веществ и цветностью не более 30°	5-8	От 8-10 до 14	До 0,01

Окончание табл. 3

Способ умягчения воды	Характер процесса умягчения	Назначение способа умягчения	Мутность исходной воды, мг-экв/л	Общая жесткость исходной воды, мг-экв/л	Предел снижения жесткости, мг-экв/л
Н-На-катионирование	Умягченная вода пропускается через Н- и Na-катионированные фильтры, а затем оба потока смешиваются	См. табл. 2	5-8	До 14	См. табл. 2
Термический	Вода нагревается выше 100°C, что устраняет всю карбонатную и часть некарбонатной жесткости в воде в виде гипса CaSO_4	Для умягчения воды, содержащей преимущественно соли карбонатной жесткости, для питания котлов низкого и среднего давления	До 50	Карбонатная жесткость с преобладанием солей $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ Некарбонатная жесткость только в виде гипса	Карбонатной жесткости до 0,035 мг-экв/л, гипса до 1200 мг/л То же, гипса до 40-50 мг/л

Вода после Na-катионитовых фильтров обычно имеет повышенную щелочность ($\text{pH} > 7$), а после H-катионитовых – повышенную кислотность ($\text{pH} < 7$). В первом случае можно дополнительно подкислить воду, во втором применить подщелачивание. В настоящее время для этой цели, т.е. для достижения оптимальной щелочности умягченной воды, применяют H-Na-катионирование, которое заключается в фильтровании воды как через H-катиониты, так и через Na-катиониты. При этом возможно применение одной из трех схем H-Na-катионирования, которые следует выбирать согласно табл. 4.

Обменная способность катионита выражается в г-экв/м^3 , т.е. в грамм-эквивалентах задержанных катионов на 1 м^3 катионита, находящегося в разбухшем состоянии (после пребывания в воде). Различают полную и рабочую обменную способность катионита.

Рабочая обменная способность – это количество г-экв Ca^{2+} и Mg^{2+} , которое задерживает 1 м^3 катионита до момента проскока в фильтрат некоторой жесткости.

Обменная способность, отнесенная ко всему объему катионитовой загрузки фильтра, называется емкостью поглощения данного катионитового фильтра и выражается также в г-экв/м^3 .

Термический способ умягчения воды целесообразен в тех случаях, когда вода предназначена для питания паровых котлов, испарителей и паропреобразователей. При применении этого способа воду нагревают до $105\text{--}120^\circ\text{C}$, что позволяет полностью устранить карбонатную жесткость воды.

Из солей некарбонатной жесткости термическим способом может быть устранен только гипс CaSO_4 , частично выпадающий в осадок при температуре воды выше 100°C , так как растворимость его при повышении температуры снижается. При нагреве воды до 200°C содержание CaSO_4 падает до $45\text{--}50 \text{ мг/л}$, а при температуре около 270°C гипс полностью удаляется.

Можно комбинировать термический способ умягчения с реагентным, так как с повышением температуры снижается остаточная жесткость воды, умягченной известково-содовым способом при нормальном избытке реагентов ($0,5 \text{ мг-экв/л}$ извести и $1\text{--}1,5 \text{ мг-экв/л}$ соды).

2.1.2. Расчёт установки для реагентного умягчения воды

В состав установки для умягчения воды входят следующие сооружения: 1) устройства для приготовления и дозирования растворов реагентов (извести и соды для устранения жесткости воды, коагулянта FeCl_3 или FeSO_4 для ускорения осаждения взвеси); 2) смесители; 3) камеры хлопьеобразования; 4) осветители со взвешенным осадком; 5) фильтры.

В рассматриваемом примере приводится расчет только тех сооружений, которые специфичны для водоумягчительных установок.

Производительность установки $Q = 20\,000 \text{ м}^3/\text{сут}$, или $833 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Общая жесткость исходной воды определяется по содержанию в ней ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} или по содержанию окиси кальция и магния CaO и MgO .

Таблица 4

Условия применения схем Н-Na-катионирования

Н-Na-катионирование	Технологический процесс	J_k ; J_0 при определении J_n^*	Остаточная щелочность умягченной воды	Остаточная жесткость умягченной воды	Содержание в исходной воде $SO_4^{2-} + Cl^-$, мг-экв/л	Na^+
Параллельное	Часть воды пропускается через Н-катионитовый фильтр, после чего оба фильтрата (щелочной и кислый) смешиваются и происходит их взаимная нейтрализация. Затем вся вода поступает в дегазатор для удаления свободной углекислоты	$\geq 0,5$ при $J_n < 3,5$	0,3-0,4	0,03	$< 3-4$	Не более 1-2
Последовательное	Часть исходной воды проходит через Н-катионитовый фильтр, смешивается с остальной для нейтрализации кислотности фильтрата и пропускается через дегазатор для удаления свободной углекислоты. Затем вся вода пропускается через Na-катионитовый фильтр	$\leq 0,5$ при $J_n > 3,5$	0,3-0,7	J_0 снижается на величину, равную J_k . Величина J_k остается неизменной	3-4	–
Совместное	Вся вода пропускается через катионитовый фильтр, регенерированный так, что верхние слои катионита содержат обменные катионы водорода, а нижние – катионы натрия	> 1 при $J_0 < 6$	1-1,8	0,1-0,3	$< 2-3$	Не более 1

* J_k – карбонатная жесткость; J_0 – общая жесткость; J_n – некарбонатная жесткость в мг-экв/л.

В данном примере в воде содержится 170 мг/л Ca^{2+} и 25 мг/л Mg^{2+} или 235 мг/л CaO и 40 мг/л MgO.

Тогда общая жесткость воды

$$Ж_0 = \frac{170}{20,04} + \frac{25}{12,16} = 10,5 \text{ мг-экв/л},$$

или

$$Ж_0 = \frac{235}{28,04} + \frac{40}{20,16} = 10,5 \text{ мг-экв/л}.$$

В знаменателях показаны количества веществ в мг/л, соответствующие 1 мг-экв.

Карбонатная жесткость воды при содержании в ней 450 мг/л HCO_3 (анион угольной кислоты) составит

$$Ж_к = \frac{\text{HCO}}{61,02} + \frac{450}{61,02} = 7,4 \text{ мг-экв/л}.$$

Следовательно, некарбонатная (постоянная) жесткость будет

$$Ж_н = Ж_0 - Ж_к = 10,5 - 7,4 = 3,1 \text{ мг-экв/л}.$$

Содержание в исходной воде свободной углекислоты CO_2 при pH = 6,9, щелочности $Щ_0 = Ж_к = 7,4 \text{ мг-экв/л}$ и температуре воды 10°C составит 105 мг/л. Мутность исходной воды 370 мг/л, ее цветность 55° .

Требования к воде после умягчения: остаточная общая жесткость $Ж_{\text{ост}} = 1,5 \text{ мг-экв/л}$, допустимая мутность 10 мг/л, цветность 20° .

Доза извести (для устранения карбонатной жесткости воды) в пересчете на CaO

$$Д_{\text{и}} = 28 \left(\frac{\text{CO}_2}{22,01} + \frac{\text{HCO}_3}{61,02} + \frac{\text{Mg}^{2+}}{12,16} + \frac{Д_к}{e} + 0,5 \right) \text{ мг/л}, \quad (1)$$

где $Д_к$ – доза коагулянта FeCl_3 или FeSO_4 в пересчете на безводное вещество в мг/л; e – эквивалентный вес активного вещества коагулянта, равный для FeCl_3 54 мг/мг-экв, для FeSO_4 – 76 мг/мг-экв, для $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ – 57 мг/мг-экв; 0,5 – избыток извести, вводимый для полноты реакции, в мг/л.

Член $Д_к/e$ принимается со знаком минус, если коагулянт вводится в воду раньше извести, и со знаком плюс, если коагулянт вводится вместе с известью или после нее. В рассматриваемом примере коагулянт и известь вводятся одновременно.

Доза коагулянта определяется по формуле

$$Д_к = 3\sqrt[3]{C}, \quad (2)$$

где C – количество образующейся при умягчении воды взвеси в пересчете на сухое вещество в мг/л.

В данном случае при мутности исходной воды $M = 370 \text{ мг/л}$ принимаем $Д_к = 35 \text{ мг/л}$ (коагулянт FeCl_3).

Таким образом, доза извести по формуле (1)

$$D_{\text{и}} = \left(\frac{105}{22,01} + \frac{450}{61,02} + \frac{25}{12,16} + \frac{35}{54} + 0,5 \right) \approx 430 \text{ мг/л.}$$

Количество взвеси, образующейся при известково-содовом умягчении воды, по последней формуле составит:

$$C = M_{\text{исх}} + 50 \left(J_{\text{о}} + J_{\text{к}} + \frac{\text{CO}_2}{22,01} + 0,5 \right) + 29 \frac{\text{Mg}^{2+}}{12,16} + D_{\text{и}} \frac{100 - m}{100} \text{ мг/л.}$$

Тогда для данного примера

$$C = 370 + 50 \left(10,5 + 7,4 + \frac{105}{22,01} + 0,5 \right) + 29 \frac{25}{12,16} + 430 \frac{100 - 70}{100} \approx 1588 \text{ мг/л,}$$

где $m = 70\%$ – содержание СаО в технической извести.

Необходимая доза хлорного железа по формуле (2)

$$D_{\text{к}} = 3\sqrt[3]{1588} \approx 34,9 \text{ мг/л} < 35 \text{ мг/л.}$$

Расчетная доза соды в пересчете на NaCO_3 определяется по формуле

$$D_{\text{с}} = 53 \left(J_{\text{н}} + \frac{D_{\text{к}}}{e} + 1 \right). \quad (3)$$

Тогда

$$D_{\text{с}} = 53 \left(3,1 + \frac{35}{54} + 1 \right) \approx 251,75 \text{ мг/л.}$$

На очистных станциях большой производительности приготовление известкового молока производят на механизированной установке. При проектировании установок для приготовления известкового молока надо предусматривать: бункер для приема извести, дробилку, известегасильное устройство, классификатор, баки для известкового молока с устройствами для непрерывного перемешивания и средства для транспортирования сухой извести и известкового молока.

Весовые количества реагентов – извести $G_{\text{и}}$ и соды $G_{\text{с}}$ и хлорного железа $G_{\text{к}}$, требуемые для умягчения и осветления воды по формуле

$$\left. \begin{aligned} G_{\text{и}} &= \frac{QD_{\text{и}} \cdot 100}{K_{\text{и}} \cdot 1000}; \\ G_{\text{с}} &= \frac{QD_{\text{с}} \cdot 100}{K_{\text{с}} \cdot 1000}; \\ G_{\text{к}} &= \frac{QD_{\text{к}} \cdot 100}{K_{\text{к}} \cdot 1000}. \end{aligned} \right\}$$

Здесь $K_{\text{и}}$ – содержание СаО в товарной извести II сорта, равное 70%; $K_{\text{с}}$ – содержание NaCO_3 в товарной соде, равное 95%; $K_{\text{к}}$ – содержание FeCl_3 в товарном коагулянте, равное 98%.

$$\text{Тогда} \quad G_{\text{и}} = \frac{20\,000 \cdot 430 \cdot 100}{70 \cdot 1000} \approx 12\,285 \text{ кг;}$$

$$G_{\text{и}} = \frac{20\,000 \cdot 251,75 \cdot 100}{95 \cdot 1000} \approx 5300 \text{ кг};$$

$$G_{\text{и}} = \frac{20\,000 \cdot 35 \cdot 100}{98 \cdot 1000} \approx 714 \text{ кг}.$$

Смесители следует принять вертикальные (вихревые). Не рекомендуются перегородчатые и дымчатые смесители, так как скорости в них недостаточны для поддержания во взвешенном состоянии частиц извести, а это вызывает их осаждение перед перегородками.

3. Расчёт установок для Na-катионирования воды

3.1. Натрий-катионитовый метод умягчения воды по одноступенчатой схеме

Заданная производительность установки $Q_{\text{сут}} = 4450 \text{ м}^3/\text{сутки}$, или $Q_{\text{час}} = 185 \text{ м}^3/\text{ч}$. Содержание взвешенных веществ в умягчённой воде не более 5-8 мг/л; цветность не выше 30°.

Жёсткость исходной воды: общая $J_0 = 6 \text{ мг-экв/л}$ (одноступенчатая схема Na-катионирования применяется при J_0 исходной воды до 15 мг-экв/л), карбонатная жёсткость $J_{\text{к}} = 1,9 \text{ мг-экв/л}$. Допустимая жёсткость умягчённой воды $J_{\text{у}} = 0,2 \text{ мг-экв/л}$.

Содержание ионов Na^+ в исходной воде составляет 15 мг/л.

Принимаем установку с одной ступенью Na-катионитовых фильтров составляет 0,2 мг-экв/л, что выше минимально допустимой величины 0,03-0,05 мг-экв/л.

Расчет одноступенчатой Na-катионитовой установки ведется на полезную производительность, так как для собственных нужд используется осветленная, но неумягченная вода.

Число фильтроциклов в сутки

$$n = \frac{T}{t + t_1} = \frac{24}{10,5 + 1,5} = 2, \quad (4)$$

где T – продолжительность работы катионитовой установки в течение суток в ч; t – полезная продолжительность одного фильтроцикла в ч (принимается от 10 до 22 ч); t_1 – продолжительность операций, сопровождающих регенерацию катионитового фильтра, в ч (обычно $t_1 = 1,5$ ч).

Основной характеристикой катионитовых материалов является полная обменная способность $E_{\text{полн}}$, выраженная в г-экв/м³.

Для сульфогля при крупности зерен 0,3-0,8 мм $E_{\text{полн}} = 550 \text{ г-экв/м}^3$.

Рабочая обменная способность Na-катионита (г-экв/м³)

$$E_{\text{раб}}^{\text{Na}} = \alpha_{\text{э}} \beta_{\text{Na}} E_{\text{полн}} - 0,5 q_{\text{уд}} J_0,$$

где $\alpha_{\text{э}}$ – коэффициент эффективности регенерации, учитывающий неполноту регенерации катионита (табл. 5);

Таблица 5

Значения коэффициента α_3

Удельный расход соли D_c на регенерацию катионита в г-экв рабочей обменной способности	100	150	200	250	300	400
Коэффициент эффективности регенерации α_3	0,62	0,74	0,81	0,86	0,9	0,91

β_{Na} – коэффициент, учитывающий снижение обменной способности катионита по Ca^{2+} и Mg^{2+} вследствие частичного задержания катионов Na^+ (табл. 6);

Таблица 6

Значения коэффициента β_{Na}

$C^2_{Na}/Ж_0$	0,01	0,03	0,05	0,1	0,5	1	2	3	5	10
β_{Na}	0,93	0,9	0,88	0,83	0,7	0,65	0,6	0,57	0,54	0,5

$q_{уд}$ – удельный расход воды на отмывку катионита в $м^3$ на 1 $м^3$ катионита (принимается равным 4-5 $м^3$); в данном примере $q_{уд} = 4 м^3/м^3$; $Ж_0$ – общая жёсткость исходной воды в г-экв/ $м^3$.

Так как в исходной воде содержится 15 мг/л Na^+ , то при пересчёте на мг-экв/л величина концентрации Na^+ будет

$$C_{Na} = \frac{Na}{23} = \frac{15}{23} = 0,65 \text{ мг-экв/л},$$

а отношение

$$C_{Na} : Ж_0 = 0,65^2 : 6 = 0,07,$$

$$C^2_{Na} : Ж_0 = 0,65^2 : 6 = 0,07.$$

Следовательно, $\beta_{Na} = 0,86$ (по табл. 5).

Таким образом, по формуле (5)

$$E^{\text{Na}}_{\text{раб}} = 0,81 \cdot 0,86 \cdot 550 - 0,5 \cdot 4 \cdot 6 \approx 370 \text{ г-экв/м}^3.$$

Необходимый объем сульфогля

$$W_{\text{сул}} = \frac{Q_{\text{сут}} Ж_0}{n E^{\text{Na}}_{\text{раб}}}. \quad (6)$$

Для данного примера

$$W_{\text{сул}} = \frac{4450 \cdot 6}{2 \cdot 370} \approx 36,1 \text{ м}^3.$$

Высоту катионитовой загрузки принимаем $h_k = 2,5 \text{ м}$.

Допустимая расчетная скорость фильтрования через Na-катионитовый фильтр должна быть в пределах 10-25 м/ч в зависимости от общей жесткости воды : при $Ж_0 < 10 \text{ мг-экв/л}$ $v_{\text{расч}} = 15 \text{ м/ч}$, при $Ж_0 < 15 \text{ мг-экв/л}$ $v_{\text{расч}} = 10 \text{ м/ч}$.

Скорость фильтрования определяется по формулам (7), (8):

$$V_{\text{расч}}^{\text{Na}} = \frac{E_{\text{раб}}^{\text{Na}} h_1}{T_{\text{м}} Ж_0 + 0,02 E_{\text{раб}}^{\text{Na}} d_{80}^2 (\ln Ж_0 - \ln Ж_y)}; \quad (7)$$

$$T_{\text{м}} = \frac{24}{2} - (t_{\text{взр}} + t_{\text{рег}} + t_{\text{отм}}). \quad (8)$$

Здесь d_{80} – 80%-ный калибр катионитовой загрузки (обычно $d_{80} = 0,8/1,2$ мм); $Ж_y = 0,2$ мг-экв/л – допустимая жесткость умягченной воды; $T_{\text{м}}$ – продолжительность межрегенерационного периода; $t_{\text{взр}} = 0,25$ ч (15 мин) – продолжительность взрыхления катионита; $t_{\text{рег}} = 0,42$ ч (25 мин) – продолжительность регенерации; $t_{\text{отм}} = 0,83$ ч (50 мин) – продолжительность отмывки.

Следовательно, по формулам (7) и (8):

$$T_{\text{м}} \frac{24}{2} - (0,25 + 0,42 + 0,83) = 10,5 \text{ ч};$$

$$V_{\text{расч}}^{\text{Na}} = \frac{370 \cdot 2,5}{10,5 \cdot 6 + 0,02 \cdot 370 \cdot 0,8^2 (\ln 6 - \ln 0,2)} \approx 13 \text{ м/ч} < V_{\text{доп}} (15 \text{ м/ч}).$$

Необходимая суммарная рабочая площадь Na-катионитовых фильтров

$$F_{\text{Na}} = \frac{Q_{\text{сут}}}{V_{\text{расч}}^{\text{Na}} [T - n(t_{\text{взр}} + t_{\text{рег}} + t_{\text{отм}})]}. \quad (9)$$

Для данного примера

$$F_{\text{Na}} = \frac{4450}{13[24 - 2(0,25 + 0,42 + 0,83)]} \approx 16,3 \text{ м}^3.$$

Количество катионитовых фильтров I ступени надо принимать рабочих не менее двух, резервных – один.

Принимаем к установке три рабочих фильтра диаметром 2,6 м и один резервный фильтр тех же размеров.

Суммарная рабочая площадь фильтров $\sum f_{\text{раб}}$ составит $3 \cdot 5,31 = 15,93 \text{ м}^2$.

При высоте загрузки $h_{\text{к}} = 2,5$ м объем сульфогля в трех фильтрах будет: $W_{\text{сул}} = 3 \cdot 2,5 \cdot 5,31 \approx 39,7 \text{ м}^3 > 36,1 \text{ м}^3$.

Фактическая скорость фильтрования при нормальном режиме

$$v_{\text{ф}} = Q_{\text{час}} \div \sum f_{\text{раб}} = 185 - 15,93 = 11,7 \text{ м/ч} < 13 \text{ м/ч},$$

а в условиях форсированного режима (при регенерации одного фильтра)

$$V_{\text{ф}} = 185 - (2 \cdot 5,31) = 17,5 \text{ м/ч}.$$

При кратковременной наибольшей нагрузке, связанной с включением фильтров на регенерацию или ремонт, скорость фильтрования можно увеличить на 10 м/ч.

Общую потерю в напорных катионитовых фильтрах при фильтровании следует определять как сумму потерь напора в коммуникациях фильтра, дренаже и катионите (табл. 8).

Удельный расход соли для регенерации Na-катионитовой загрузки составляет 200 г/г-экв (рекомендуется от 150 до 200 г/г-экв при одноступенчатой схеме).

Таблица 7

Размеры и вес H-Na-катионитовых фильтров

Диаметр, <i>мм</i>	Высота слоя загрузки, <i>м</i>	Размеры, <i>мм</i>					Нагрузоч- ный вес, <i>т</i>
		Н	Н ₁	L	L ₁	d	
Катионитовые фильтры I ступени							
1000	2	3375	850	205	650	50	5
1500	2	3658	980	860	880	80	10
2000	2,5	4535	1000	885	1170	125	15
2600	2,5	4812	1100	1400	1480	150	30
3000	2,5	5045	1065	1738	1680	150	40
3400	2,5	5168	1500	1900	1900	200	50
Катионитовые фильтры II ступени							
1000	1,5	2675	825	212	680	80	3,5
1500	1,5	2962	870	860	955	125	7,5
2000	1,5	3235	1175	885	1170	150	13,1
2600	1,5	3512	1060	1400	1500	200	20
3000	1,5	3745	1065	1706	1730	250	30

Таблица 8

Общая потеря напора в катионитовых фильтрах, м

Скорость фильтрования, <i>м/ч</i>	Крупность катионита, <i>мм</i>			
	0,3-0,8		0,5-1,1	
	Высота загрузки, <i>м</i>			
	2	2,5	2	2,5
5	5	5,5	4	4,5
10	5,5	6	5	5,5
15	6	6,5	5,5	6
20	6,5	7	6	6,5
25	9	10	7	7,5

$$\text{Расход технической поваренной соли } G_c = \frac{E_{\text{раб}}^{\text{Na}} h_k D_c f}{1000}. \quad (10)$$

Для данного примера

$$G_c = \frac{370 \cdot 2,5 \cdot 200 \cdot 5,31}{1000} \approx 1000 \text{ кг}.$$

Определим расход осветленной воды на собственные нужды установки:

1) на промывку (взрыхление) катионитовой загрузки

$$q_{\text{взр}} = \frac{w_{\text{взр}} f t_{\text{взр}} \cdot 60}{1000}, \quad (11)$$

где $w_{\text{взр}}$ – интенсивность взрыхления в л/сек на 1 м^2 , равная при крупности зерен катионита 0,3-0,8 мм 3 л/сек·м², при крупности зерен 0,5-1,1 мм 4 л/сек·м²; $t_{\text{взр}}$ – продолжительность взрыхления, равная 15 мин,

тогда
$$q_{\text{взр}} = \frac{2 \cdot 5,31 \cdot 15 \cdot 60}{1000} = 14,6 \text{ м}^3;$$

2) на отмывку катионитовой нагрузки от продуктов регенерации

$$q_{\text{отм}} = w_{\text{отм}} f h_{\text{к}}, \quad (12)$$

где $w_{\text{отм}}$ – интенсивность отмывки, равная 4-5 м³ на 1 м³ катионитовой загрузки;

тогда $q_{\text{отм}} = 4,5 \cdot 5,4 \cdot 2,5 = 59,7 \text{ м}^3,$

3) на растворение соли из расчета $S = 10 \text{ л}$ воды на 1 кг технической соли

$$q_{\text{р.с}} = \frac{C_{\text{с}} S}{1000}, \quad (13)$$

тогда $q_{\text{р.с}} = \frac{1000 \cdot 10}{1000} = 10 \text{ м}^3;$

4) на промывку солерастворителя диаметром 1030 мм

$$q_{\text{пр.с}} = \frac{f_{\text{с}} w_{\text{с}} \cdot 60 t_{\text{с}}}{1000}, \quad (14)$$

где $f_{\text{с}}$ – площадь солерастворителя, равная 0,8 м²; $w_{\text{с}}$ – интенсивность его промывки, равная 5 л/сек·м²; $t_{\text{с}}$ – продолжительность промывки солерастворителя, равная 5 мин;

тогда $q_{\text{пр.с}} = \frac{0,8 \cdot 5 \cdot 60 \cdot 5}{1000} \approx 1,2 \text{ м}^3.$

Суммарный расход воды на одну регенерацию при условии, что отмывочные воды катионитовых фильтров не используются повторно для взрыхления катионитовой загрузки,

$$\sum q = 14,6 + 59,7 + 10 + 1,2 = 85,5 \text{ м}^3.$$

Общий добавочный расход осветленной воды при двукратной за сутки регенерации трех Na-катионитовых фильтров

$$q_{\text{доб}} = 85,5 \cdot 2 \cdot 3 = 513 \text{ м}^3.$$

Содержание добавочной воды

$$P_{\text{доб}} = (q_{\text{доб}} \cdot 100) Q_{\text{сут}} = (513 \cdot 100) 4450 = 11,6 \text{ \%}.$$

Для сокращения расхода воды на собственные нужды установки следует предусмотреть повторное использование отмывочных вод для взрыхления катионита и приготовления регенерационного раствора соли. При этих условиях расход воды на собственные нужды Na-катионитовой установки составит

$$q_{\text{с.п}} = \frac{59,7 \cdot 2 \cdot 3}{4450} 100 \approx 8\% Q_{\text{сут}}.$$

Для приготовления раствора соли требуемой концентрации служит солерастворитель. В его цилиндрическом корпусе со сферическими днищами размещены слои кварцевого песка общей высотой 0,4-0,5 м и дренаж в виде стальных

листов с отверстиями. Сверху корпуса солерастворителя устроена воронка для загрузки соли, а под ней установлена задвижка. Кроме того, для обслуживания солерастворителя установлены задвижки на следующих трубопроводах: на подающем воду, на отводящем соляной раствор на катионитовый фильтр, на подающем промывную воду под дренаж, на отводящем промывную воду и на спускном.

Расчет растворителя. Расчетное количество соли на одну регенерацию каждого фильтра в данном примере равно 1000 кг.

Полезная емкость по соли серийно изготавливаемого солерастворителя составляет 550 кг (табл. 9).

Таблица 9

Размеры и полезная емкость солерастворителей

Диаметр, мм	Полезная емкость по соли, кг	Полная высота, мм	Высота корпуса, мм
478	100	1725	1185
670	240	1550	1025
1030	550	1880	1205

Следовательно, нужно иметь $n = 1000 : 550 = 1,82 \approx 2$ рабочих солерастворителя и 1 резервный.

Объем раствора соли, пропускаемого через гравийные слои каждого из двух солерастворителей для очистки от загрязнений,

$$W_{p.c} = \frac{G \cdot q_{p.c}}{n \cdot 1070},$$

где $q_{p.c}$ – количество воды для растворения 1 кг соли, равное 10 л; 1070 кг/м³ – объемный вес 10%-ного соляного раствора.

Тогда для данного примера

$$W_{p.c} = \frac{1000 \cdot 10}{2 \cdot 1070} \approx 4,7 \text{ м}^3.$$

Скорость фильтрования раствора соли через гравийные слои при площади солерастворителя $f_c = 0,8 \text{ м}^2$ составит

$$v_c = W_{p.c} \div f_c = 4,7 \div 0,8 = 5,9 \text{ м/ч} < 6 \text{ м/ч},$$

т.е. меньше предельно допустимой.

Полезный объем каждого солерастворителя принимается на 35-40% больше расчетного количества соли, т.е.

$$W_c = 1,35 \frac{1000}{2 \cdot 1070} = 0,64 \text{ м}^3.$$

Отсюда высота полезного объема каждого солерастворителя 0,8 м при полной высоте корпуса 1,205 м.

3.2. Натрий-катионитовый метод умягчения воды по двухступенчатой схеме

Натрий-катионирование производится в две ступени, если остаточная жесткость воды должна быть снижена до 0,01 мг-экв/л (глубокое умягчение). Применение двухступенчатой схемы целесообразно при жесткости исходной воды более 10 мг-экв/л. При расчете фильтров II ступени жесткость поступающей воды принимают равной 0,1 мг-экв/л.

Расчет Na-катионитовых фильтров I ступени ведется на заданную полезную производительность с учетом 2%-ной потребности в умягченной воде для отмывки фильтров II ступени.

Скорость фильтрования на фильтрах I ступени принимается в зависимости от жесткости исходной воды от 10 до 25 м/ч, а на фильтрах II ступени – 20-60 м/ч, так как в них умягчается вода с меньшей жесткостью.

Рабочий цикл фильтров II ступени продолжается 150-200 ч (вместо 10,5 ч для фильтров I ступени). Толщина слоя катионита составляет 1,5 м.

Удельный расход соли для регенерации фильтров I ступени принимается 120-150 г на 1 г-экв поглощенных катионитов (вместо 150-200 г при одноступенчатом Na-катионировании). Для регенерации фильтров II ступени удельный расход соли должен составлять 300-400 г на 1 г-экв поглощенных катионов. Поскольку регенерация этих фильтров производится через более значительные интервалы, общий расход соли при Na-катионировании меньше, чем при одноступенчатой схеме.

Фильтры II ступени отмывают (после регенерации) умягченной водой, полученной на фильтрах I ступени.

Поэтому для фильтров II ступени величина рабочей обменной способности Na-катионита будет более высокой:

$$E_{\text{раб}}^{\text{Na}} = \alpha_{\text{э}} \beta_{\text{Na}} E_{\text{полн.}} \quad (15)$$

Значения коэффициентов $\alpha_{\text{э}}$ и β_{Na} приведены в табл. 5,6.

Необходимо иметь в виду, что ни одноступенчатая, ни двухступенчатая схема Na-катионирования не может быть применена, если карбонатная жесткость исходной воды больше заданной щелочности умягченной воды. В таких случаях для снижения остаточной щелочности умягченной воды применяют метод H-Na-катионирования.

3.3. Методика расчета приготовления воды по схеме двухступенчатого натрий-катионирования

Расчет оборудования водоподготовительной установки ведется на производительность 32 т/ч.

Расчет оборудования начинаем с фильтров II ступени, т.к. оборудование водоподготовки должно обеспечить в головной части установки дополнительное количество воды, идущей в полуобработанном виде на собственные нужды водоочистки.

Расчет Na-катионитных фильтров II ступени

Принимаем к установке 2 фильтра диаметром 1500 мм.

$H_{\text{сл}} = 2,0 \text{ м}$. На II ступени работает один фильтр. Второй включается при отключении на регенерацию первого, одновременно он является резервным для фильтров I ступени катионирования.

Скорость фильтрации на фильтрах II ступени:

$$W_2 = \frac{32}{1,72} = 18,6 \text{ м/ч},$$

где 1,72 – площадь фильтрации фильтра диаметром 1500 мм в м^2 .

Жесткость воды, поступающей на Na-катионитные фильтры II ступени, принимаем равной $0,1 \text{ мг-экв/м}^3$. Подлежит удалению количества солей жесткости в сутки

$$A_{\text{п}} = 0,1 \cdot 32 \cdot 24 = 76,8 \text{ г-экв/сут},$$

где 0,1 – жесткость фильтра в г-экв/м^3 .

Число регенераций фильтров II ступени в сутки:

$$n_2 = \frac{76,8}{1,72 \cdot 2 \cdot 300} = 0,075 \text{ раз/сут},$$

где $1,72 \cdot 2$ – объем катионита в фильтре при высоте слоя 2 м; 300 – рабочая обменная способность сульфогля в г-экв/м^3 .

Межрегенерационный период работы фильтра

$$T = \frac{1 \cdot 24}{0,075} - 2 = 318 \text{ ч},$$

где 1 – число работающих фильтров, 2 – число регенераций фильтра, т.е. регенерация фильтров II ступени должна производиться около двух раз в месяц.

Расход 100% соли на одну регенерацию

$$Q_{\text{с}}^{\text{р}} = \frac{300 \cdot 1,72 \cdot 2 \cdot 350}{1000} = 361,2 \text{ кг/рег},$$

где 300 – рабочая обменная способность сульфогля в гр-экв/м^3 ; 350 – удельный расход соли на регенерацию фильтров II ступени г/г-экв .

Расход 26%-ного насыщенного раствора соли на одну регенерацию:

$$Q_{\text{н.р}} = \frac{361,2 \cdot 100}{1000 \cdot 1,2 \cdot 26} = 1,16 \text{ м}^3,$$

где 1,2 – удельный вес насыщенного раствора соли при $t = 20^\circ\text{C}$; 26 – процентное содержание соли (NaCl) в насыщенном растворе при $t = 20^\circ\text{C}$.

Расход технической соли в сутки

$$Q_{\text{с}}^{\text{сут}} = \frac{361,2 \cdot 0,075}{0,965} = 28 \text{ кг/сут},$$

где 0,075 – число регенераций фильтров II ступени в сутки; 96,5 – содержание NaCl в технической соли в процентах.

Расход технической соли на регенерацию фильтров II ступени в месяц:

$$Q_{\text{с}}^{\text{М}} = 28 \cdot 30 = 840 \text{ кг}.$$

Расход воды на регенерацию Na-катионитного фильтра II ступени складывается из:

а) расхода воды на взрыхляющую промывку фильтра:

$$Q_{\text{взр}} = \frac{3 \cdot 1,72 \cdot 60 \cdot 15}{1000} = 4,64 \text{ м}^3,$$

где 3 – интенсивность взрыхления сульфогля в л/сек на 1 м² площади фильтрации;
15 – продолжительность взрыхляющей промывки в мин;

б) расхода воды на приготовление регенерационного раствора соли:

$$Q_{\text{рег}} = \frac{361,2 \cdot 100}{1000 \cdot 7 \cdot 1,04} = 4,96 \text{ м}^3,$$

где 7 – процентное содержание соли (NaCl) в регенерационном растворе; 1,04 – удельный вес 7%-ного раствора соли при t = 20°C;

в) расхода воды на отмывку катионита от продуктов регенерации:

$$Q_{\text{от}} = 4 \cdot 1,72 \cdot 2 = 13,76 \text{ м}^3,$$

где 4 – расход воды на отмывку сульфогля в м³ на 1 м³ сульфогля.

Расход воды на одну регенерацию Na-катионитного фильтра II ступени, с учетом использования отмывочных вод для взрыхляющей промывки, будет следующим:

$$Q_{\text{сн}}^{\text{II}} = Q_{\text{взр}} + Q_{\text{рег}} + (Q_{\text{отм}} - Q_{\text{взр}}), \\ Q_{\text{сн}}^{\text{II}} = 4,64 + 4,96 + (13,76 - 4,64) = 18,72 \text{ м}^3/\text{рег}.$$

Расход воды на регенерацию фильтров II ступени в среднем в сутки будет:

$$18,72 \cdot 0,075 = 1,4 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Расчет Na-катионитных фильтров I ступени

Принимаем к установке, как и для II ступени, фильтры диаметром 1500 мм;

$$H_{\text{сл}} = 2,0 \text{ м}.$$

Подлежит удалению в фильтрах I ступени количество солей жесткости в сутки:

$$A_{\text{т}} = 7,6 \cdot 32 \cdot 24 = 5837 \text{ г-экв/сут},$$

где 7,6 – общая жесткость исходной воды в г-экв/м³.

Число регенераций Na-катионитных фильтров I ступени

$$n_1 = \frac{5837}{1,72 \cdot 2 \cdot 230} = 7,4 \text{ рег/сут},$$

где 230 – рабочая обменная способность в гр-экв/м³.

$$E_{\text{р}}^{\text{Na}} = \alpha_{\text{э}} \beta_{\text{Na}} E_{\text{пол}} - 0,5 q_{\text{у}} H_{\text{о}} = 0,74 \cdot 0,67 \cdot 500 - 0,5 \cdot 5 \cdot 7,6 = 230 \text{ гр-экв/м}^3,$$

где 1,72 · 2 – объем сульфогля в фильтре диаметром 1500 мм при H_{сл} = 2 м.

Принимаем к установке 3 Na-катионитных фильтра I ступени диаметром 1500 мм, при этом число регенераций каждого фильтра в сутки будет не более 3 допускаемых нормами:

$$n_1 = \frac{7,4}{3} = 2,47 \text{ рег/сут.}$$

Межрегенерационный период работы фильтра будет:

$$T = \frac{3 \cdot 24}{7,4} - 2 = 7,7 \text{ ч,}$$

где 3 – число фильтров; 2 – время регенерации фильтра,

т.е. регенерация Na-катионитных фильтров I ступени должна производиться примерно 1 раз в смену.

Нормальная скорость фильтрации при работе всех фильтров будет следующей:

$$W_1 = \frac{32}{1,72 \cdot 3} = 6,2 \text{ м/ч.}$$

Скорость фильтрации максимальная, при регенерации одного из фильтров:

$$W_{\max} = \frac{32}{1,72 \cdot 2} = 9,4 \text{ м/ч.}$$

Расход 100%-ной соли на одну регенерацию Na-катионитного фильтра I ступени:

$$Q_C^p = \frac{230 \cdot 1,72 \cdot 2 \cdot 150}{1000} = 119 \text{ кг/рег,}$$

где 230 – рабочая обменная способность сульфогля в г-экв/м³; 150 – удельный расход соли в г/г-экв.

Расход 26%-ного, насыщенного раствора соли на одну регенерацию:

$$Q_{\text{НР}} = \frac{119 \cdot 100}{1000 \cdot 1,2 \cdot 26} = 0,28 \text{ м}^3.$$

Расход технической соли в сутки:

$$Q^{\text{сут}} = \frac{119 \cdot 7,4}{0,965} = 910 \text{ кг/сут,}$$

где 7,4 – число регенераций фильтров в сутки; 96,5 – содержание NaCl в технической соли в %.

Расход технической соли на регенерацию Na-катионитных фильтров I ступени в месяц:

$$Q_C^M = \frac{910 \cdot 30}{1000} = 27,3 \text{ т/мес.}$$

Расход воды на регенерацию Na-катионитных фильтров I ступени складывается из:

а) расхода воды на взрыхляющую промывку фильтра $Q_{\text{взр}} = 4,64 \text{ м}^3$;

б) расхода воды на приготовление регенерационного раствора соли:

$$Q_{\text{рег}} = \frac{119 \cdot 100}{1000 \cdot 7 \cdot 1,04} = 1,64 \text{ м}^3;$$

в) расход воды на отмывку катионита $Q_{\text{от}} = 13,76 \text{ м}^3$.

Расход воды на одну регенерацию Na-катионитного фильтра I ступени с учетом использования отмывочных вод для взрыхления рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{сн}}^1 = Q_{\text{взр}} + Q_{\text{рег}} + (Q_{\text{отм}} - Q_{\text{взр}}):$$
$$Q_{\text{сн}}^1 = 4,64 + 1,64 + (13,76 - 4,64) = 15,4 \text{ м}^3/\text{рег}.$$

Расход воды на регенерацию фильтров I ступени в сутки в среднем будет:

$$Q_{\text{сут}}^1 = 15,4 \cdot 7,4 = 114 \text{ м}^3/\text{сут},$$

где 7,4 – число регенераций в сутки Na-катионитных фильтров I ступени.

Среднечасовой расход воды на собственные нужды Na-катионитных фильтров 1 и 2 ступеней будет:

$$q_{\text{ср}} = \frac{114 + 1,4}{24} = 5 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Максимально-часовой расход при отмывке одного из фильтров

$$Q = 32 + 1,72 \cdot 8 = 46 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где 32 – производительность водоподготовки; 8 – скорость пропуска отмывочной воды через фильтр в м/ч.

3.4. Насос сырой воды

Насосы сырой воды должны обеспечить максимальный расход при отмывке одного из фильтров – $46 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Напор насоса сырой воды должен обеспечить подачу воды через все оборудование водоподготовительной установки, в термический деаэратор Р = 1,2 ата, расположенный на отметке 6,7 м.

Потери напора на водоподготовительной установке слагаются из:

1) потери напора в подогревателе сырой воды – 4 м в. ст.,

2) потери напора в Na-катионитном фильтре

I ступени – 7 м в. ст.,

II ступени – 9 м в. ст.

3) потери напора в подогревателе химически очищенной воды – 4 м в. ст.,

4) потери напора на вводе в деаэратор – 10 м в. ст.,

5) высоты подъема воды в деаэрационную колонку – 12,5 м в. ст.,

6) потери напора в шайбах расходомеров $1,5 \cdot 3 = 4,5$ м в. ст.,

7) потери напора в трубопроводах – 3 м в. ст.

Суммарная потеря напора – 54 м в. ст.

Потребный напор насоса сырой воды с учетом напора на вводе 15 м в. ст. составит:

$$H = 54 - 15 = 39 \text{ м в.ст.}$$

Принимаем к установке два насоса (один из них резервный) марки ЗК6а, $Q = 46 \text{ м}^3/\text{ч}$ $H = 39 \text{ м.в. ст.}$ с электродвигателем типа А-52-2 $N = 10 \text{ кВт}$, $n = 2890 \text{ об/мин}$.

4. Спецификация оборудования

Спецификация оборудования составляется для предварительного заказа изготавливаемого на заводах оборудования, для удобства чтения чертежей при строительстве станций, монтаже оборудования и его эксплуатации. Составляется спецификация одновременно с выбором оборудования, трубопроводов и арматуры.

В спецификацию включается основное и вспомогательное оборудование и электродвигатели к ним, подъемно-транспортное оборудование, арматура и данные о трубопроводах.

Пример оформления спецификации приводится в ГОСТ 21.601-79.

В графе “Позиция” обозначается позиция оборудования на чертежах. Каждый элемент оборудования обозначается маркой ИВ1.1, ИВ1.2 и т.д. Марки представляются для всех видов оборудования, внесенных в спецификацию.

В графе “Обозначение” можно ссылаться на ГОСТ, завод-изготовитель, справочный материал или литературу, откуда взяты сведения об оборудовании и элементах трубопроводов.

В графе “Наименование” приводятся технические характеристики оборудования, трубопроводов и арматуры.

Литература

1. СНиП 02.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. – 131 с.
2. Оборудование водопроводно-канализационных сооружений: Справочник монтажника / Г.М. Мирончик, А.С. Москвитин. – М.: Стройиздат, 1979. – 430 с.
3. Москвитин Б.А. и др. Оборудование водопроводных и канализационных сооружений. – М: Стройиздат, 1984. – 192 с.
4. Кожин В.Ф. Очистка питьевой и технической воды. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1971. – 300 с.
5. Котелов В.Ф. Очистка питьевой и сточной воды: примеры и расчеты. – М.: Стройиздат, 1971. – 303 с.
6. Методика расчета приготовления воды по схеме натрий-катионирования. – М.: Стройиздат, 1981. – 25 с.
7. Укрупненные нормы водоснабжения и водоотведения для различных отраслей промышленности. – М.: Стройиздат, 1978. – 526 с.
8. Белоконова А.Ф. Водно-химический режим тепловых электростанций. – М.: Энергоатом, 1985. – 276 с.

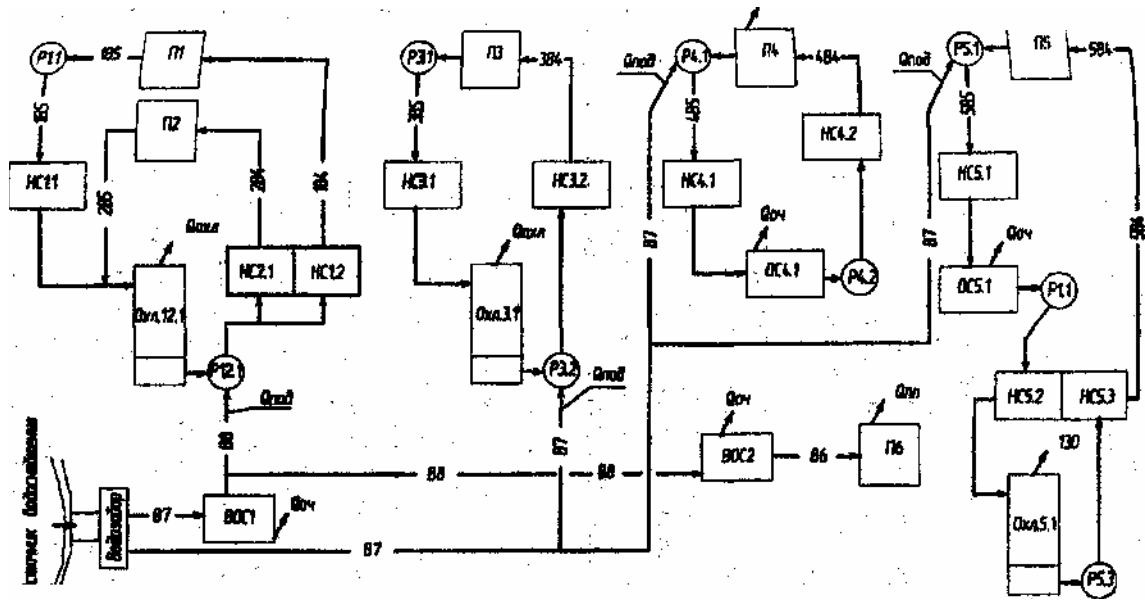


Рис. 1. Схема комбинированной системы водоснабжения промпредприятия: П1, П2, ... – производственные водопотребители; П1.1 – резервуар в системе водоснабжения первого водопотребителя номер 1; П12.1 – резервуар в объединенной системе водоснабжения первого и второго водопотребителя номер 1; НС1.1, НС1.2 – насосные станции в системе первого водопотребителя соответственно номер 1 и номер 2; Охла.12.1 – охладитель в объединенной системе водоснабжения первого и второго водопотребителя номер 1; ОС4.1 – очистные сооружения в системе в системе четвертого водопотребителя номер 1; $Q_{\text{пп}}$ – производственные потери воды; $Q_{\text{охл}}$ – потери воды на охладителе; $Q_{\text{оч}}$ – потери воды на очистных сооружениях; $Q_{\text{под}}$ – подача подпиточной воды; 1В4 – трубопровод оборотной воды, подающий в системе П1; 1В5 – трубопровод оборотной воды, обратный в системе П1; В6 – водопровод умягченной воды; В7 – водопровод речной неосветленной воды; В8 – водопровод речной осветленной воды; ВОС1 – водопроводные очистные сооружения для улучшения качества воды источника водоснабжения; ВОС2 – установка умягчения воды

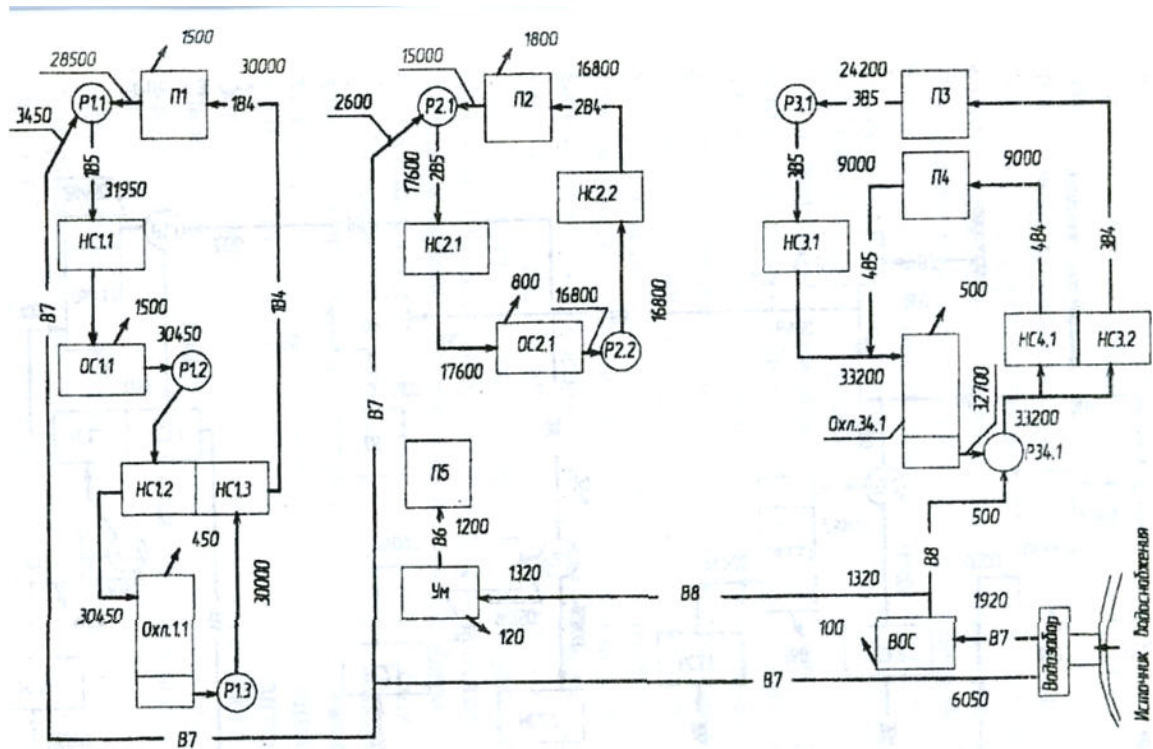


Рис. 2. Схема системы водоснабжения промпредприятия с балансом расходов, $\text{м}^3/\text{сут}$

Химический состав исходной воды

№ варианта	Температура, °С	Вкус, балл	Запах, балл	Мутность, мг/л	Цветность, град	pH	Содержание, мг/л											Планктон, млн Кл/л		
							Cl	SO ₄	Fe _{общ}	F	HCO ₃	Ca ₂₊	Mg ₂₊	Na ₊	K ₊	NO ₃	Zn ₂₊		Cu ₂₊	Mn ₂₊
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	4-16	2	2	400	80	6,9	60	96	0,2	–	80	65	91	142	200	505	–	0,7	–	–
2	4-18	2	2	450	80	7,1	130	40	0,2	0,4	90	140	78	123	110	9,0	–	–	–	2,0
3	2-19	2	2	120	40	7,3	105	60	1,2	–	120	62	25	130	128	3,2	–	–	–	–
4	0,5-18	2	2	30	20	8,0	120	150	4,5	0,5	115	85	34,5	150	200	2,0	0,01	0,2	0,05	–
5	1-25	3	3	340	55	6,6	170	90	0,4	0,3	90	115	67	113	110	2,8	–	–	–	–
6	0,4-22	3	3	460	55	8,1	70	85	0,3	–	170	90	75	108	140	5,2	–	–	–	–
7	4-20	2	2	120	25	7,3	105	60	4,2	–	120	60	25	128	130	3,2	–	–	2,5	–
8	1,0-25	3	4	350	80	7,8	160	98	–	0,01	70	81	60	140	200	6,5	–	–	–	–
9	2-24	2	3	110	30	7,5	105	65	0,3	0,2	82	92	68	100	202	1,2	–	–	–	–
10	1-16	2	2	100	20	7,0	60	40	0,2	0,02	250	40	65	170	188	1,9	1,6	–	0,05	–
11	0,5-20	2	2	250	30	6,8	120	50	2,9	0,5	105	40	40	113	151	406	–	0,9	0,1	–
12	0,4-15	2	4	60	80	7,2	60	96	0,6	–	80	91	65	142	200	0,5	–	0,7	–	3,0
13	0,2-18	2	2	130	15	7,2	80	104	0,2	–	65	75	86	128	250	8,0	2,8	–	–	–
14	0,4-16	2	2	145	20	6,8	40	95	0,15	0,4	110	22	36	108	104	4,0	0,3	–	–	–
15	1-18	2	2	200	40	6,9	140	60	0,2	0,01	80	60	15	138	90	3	–	–	–	–
16	0,4-16	2	2	150	20	8,5	190	40	10,2	0,92	250	40	65	170	188	0,7	1,6	–	0,5	–
17	0,4-18	2	2	200	10	6,9	180	104	4,8	–	65	75	86	128	250	0,8	2,8	–	–	–
18	0,4-18	2	2	450	10	6,9	80	104	6,8	–	65	75	86	128	250	0,8	2,8	–	1,5	–

№ варианта	Температура, °С	Вкус, балл	Запах, балл	Мутность, мг/л	Цветность, град	pH	Содержание, мг/л												Планктон, млн Кл/л	
							Cl	SO ₄ ²⁺	Fe _{общ}	F	HCO ₃	Ca ₂₊	Mg ₂₊	Na ⁺	K ⁺	NO ₃	Zn ₂₊	Cu ₂₊		Mn ₂₊
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
19	0,4-18	2	2	180	15	7,3	180	95	—	1,9	100	160	97,6	255	245	—	—	—	—	—
20	0,4-16	3	3	200	15	7,3	40	95	0,15	3,4	110	22	36	108	104	—	4,3	—	—	—
21	0,4-16	3	3	150	20	8,0	170	100	2,3	2,0	180	78	85	250	210	0,2	0,5	0,1	—	—
22	0,4-16	2	2	400	60	7,8	100	140	1,0	0,5	60	60	30	121	156	1,0	—	—	—	—
23	0,4-16	2	2	150	10	8,0	105	60	0,3	2,1	120	60	25	128	130	1,2	2,5	—	—	—
24	0,4-18	2	2	200	40	8,2	80	130	1,5	1,8	70	50	40	131	135	0,9	0,01	0,1	—	—
25	1-18	2	3	115	10	6,9	80	104	0,2	—	65	75	86	128	250	8,0	2,8	—	—	—
26	1-16	2	2	145	20	6,8	40	95	0,5	0,4	110	22	36	108	104	4,0	4,3	—	—	—
27	0,5-22	3	3	460	55	8,1	70	86	0,3	—	170	25	25	30	60	5,2	—	—	—	—
28	0,5-18	2	2	130	15	7,2	80	104	0,2	—	65	75	86	128	250	8,0	—	—	—	—
29	0,6-26	4	3	400	60	7,0	60	40	0,2	0,02	250	40	65	170	188	7,0	1,6	—	0,05	1,5
30	2-28	3	4	380	45	7,2	80	95	0,1	0,2	100	160	97,6	55	95	5,9	—	—	—	3,5
31	0,3-18	2	2	130	40	7,5	120	150	0,25	0,3	115	85	34	150	200	2,0	0,01	0,2	0,05	—
32	0,3-20	3	3	220	40	7,4	105	60	—	—	120	62	25	128	130	3,2	—	—	—	1,0
33	0,4-18	2	2	145	45	6,8	130	40	—	0,4	90	140	78	123	110	2,2	—	—	—	2,0
34	2-21	4	3	220	40	7,1	120	60	—	—	120	60	25	120	130	3,5	—	—	—	2,5
35	1,4-28	3	4	35	60	7,3	80,5	95	0,13	0,9	101	160	97	245	255	5,9	—	—	—	4,0
36	0,4-16	3	3	120	15	7,0	40	90	0,15	0,4	110	22	36	108	104	4,0	4,6	—	—	—
37	0,2-16	2	2	150	40	8,0	60	100	0,15	0,5	250	40	60	170	180	0,7	1,6	—	0,5	—
38	0,4-19	3	3	160	20	8,0	170	105	0,2	1,0	180	78	85	240	210	2,0	0,5	0,2	—	—

№ варианта	Температура, °С	Вкус, балл	Запах, балл	Мутность, мг/л	Цветность, град	pH	Содержание, мг/л												Планктон, млн К/л	
							Cl	SO ₂ ⁴	Fe _{общ}	F	HCO ₃	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NO ₃	Zn ²⁺	Cu ²⁺		Mn ²⁺
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
39	0,3-21	3	2	200	80	8,2	80	130	0,25	0,8	70	50	40	130	135	3,0	0,01	0,01	—	2,0
40	0,1-18	1	1	120	20	6,6	60	95	0,25	—	80	91	65	140	180	5,5	—	0,7	—	—
41	0,5-20	4	3	420	60	6,8	75	105	—	0,4	60	70	90	135	240	3,0	2,0	—	—	4,0
42	2-28	3	3	385	40	7,3	80	95	—	0,1	110	60	95	255	245	4,9	—	—	—	4,5
43	0,2-17	2	3	165	35	7,0	110	160	—	0,8	120	90	37	160	205	2,0	0,8	1,0	0,1	—
44	0,3-27	4	3	350	30	8,0	60	110	—	0,2	250	44	55	170	188	1,8	—	—	—	4,0
45	0,4-18	3	3	200	30	8,0	70	105	—	0,3	120	50	35	140	200	5,5	—	—	—	—
46	0,4-18	3	3	150	35	7,3	80	65	—	0,5	130	60	65	130	150	6,0	—	—	—	2,0
47	0,5-19	3	3	200	60	7,5	90	85	0,25	0,2	50	70	95	155	160	4,5	—	0,7	—	2,5
48	1-19	2	2	150	45	7,0	100	95	0,25	0,8	65	90	85	108	245	5,9	0,01	1,2	0,5	—
49	1-20	2	2	300	20	6,9	75	90	0,1	1,0	70	78	25	120	175	0,7	0,5	0,2	0,05	—
50	1-20	2	3	350	80	6,9	70	80	0,3	0,9	65	65	45	160	180	0,9	2,5	—	—	—

ВОДООТВОДЯЩИЕ СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

При разработке рабочей учебной программы использованы:

Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования образовательной программы, утвержденный 07.03.2000 г, № 12тех/дс,
рабочий учебный план, утвержденный 20.06.2006 г.

Требования к содержанию дисциплины в соответствии
с государственным образовательным стандартом

Водное хозяйство промышленных предприятий; приемники производственных сточных вод; методы и сооружения по механической, физико-химической, биологической и глубокой очистке производственных сточных вод; методы и сооружения по обработке осадков; повторное использование воды на промышленных предприятиях и создание замкнутых систем оборотного водоснабжения; технологические схемы очистки сточных вод предприятий отдельных отраслей промышленности.

Введение

Дисциплина “Водоотводящие системы промышленных предприятий” включает в себя анализ водного хозяйства реальных объектов, различающихся как по схеме, так и по составу сооружений водоснабжения и водоотведения различных промышленных предприятий.

В связи с проблемой предотвращения загрязнения водоемов сточными водами необходимо разработать технически возможные варианты и выбрать оптимальное решение балансовой схемы промышленного предприятия с использованием сооружений очистки сточных вод.

1. Цели и задачи дисциплины

В задачи дисциплины входит изучение систем и схем водоотведения промышленных предприятий, современных методов очистки производственных сточных вод и обработки осадков.

2. Начальные требования к усвоению дисциплины (перечень предшествующих дисциплин, их разделов)

Изучение этой дисциплины требует от студента хорошей подготовки по ряду общетехнических дисциплин, и особенно по гидравлике, электротехнике, насосам, инженерной геологии и гидрогеологии, строительным материалам, в также знания высшей математики, физики, теоретической механики, сопротивления материалов, вычислительной техники.

3. Требования к уровню усвоения содержания дисциплины

Иметь представление о развитии различных промышленных комплексов, технологических и конструктивных схемах промышленных предприятий.

В результате теоретического изучения дисциплины студент должен знать:

основы водопользования промышленных предприятий;

системы и схемы водоотведения промышленных предприятий;

особенности проектирования, конструирования и устройства водоотводящих сетей;

суть процессов, лежащих в основе методов очистки промышленных сточных вод и обработки осадков, образующихся при их реализации;

инженерное оформление методов очистки сточных вод и обработки осадков и шламов;

основные направления и методы интенсификации работы очистных сооружений.

В результате практического изучения дисциплины студент должен уметь:

формировать рациональные системы водного хозяйства промышленных объектов;

обоснованно выбирать методы очистки сточных вод и назначать состав сооружений на основе данных санитарно-химического анализа сточных вод и требований к степени их очистки;

разрабатывать комплексные схемы, включающие очистку сточных вод, обработку осадков и последующее использование очищенной воды по экономически выгодному варианту.

4. Объём дисциплины и распределение времени (ч) по видам учебной работы

Вид учебной работы	Форма обучения	
	очная	заочная
	V курс, 9-й семестр	VI курс
<i>Общая трудоемкость дисциплины</i>	136	
Лекции	34	12
Практические занятия (ПЗ)	34	6
Самостоятельная работа	68	118
В том числе курсовое проектирование	9	6
контрольные работы	–	1
<i>Вид итогового контроля</i>	Экзамен	

5. Содержание дисциплины

5.1. Распределение учебного материала (ч) по видам занятий

Раздел дисциплины	Виды занятий	
	Лекции	ПЗ
Водное хозяйство промпредприятий [1. Гл. 1]		
1. Состав и свойства производственных сточных вод. Режим водоотведения. Схемы водообеспечения и водоотведения промпредприятий	2	2
2. Использование производственных сточных вод и извлечение из них ценных веществ. Условия выпуска производственных сточных вод в городскую водоотводящую сеть и в водоемы	2	2
Сооружения механической очистки производственных сточных вод [1. Гл. 2]		
3. Решетки. Песколовки. Усреднители	2	
4. Первичные отстойники. Отстойники спецназначения. Гидроциклоны. Сетчатые барабанные фильтры. Центрифуги	2	
Химическая очистка производственных сточных вод [1. Гл. 3]		
5. Нейтрализация	2	2
6. Окисление	2	2
Физико-химическая очистка производственных сточных вод [1. Гл. 4]		
7. Коагуляция. Сорбция. Флотация	2	2
8. Экстракция. Ионный обмен. Электродиализ	2	2
Биологическая очистка производственных сточных вод [1. Гл. 5]		
9. Методы и сооружения биологической очистки производственных сточных вод в естественных условиях	2	2
10. Методы и сооружения биологической очистки производственных сточных вод в искусственных условиях	2	2
Глубокая очистка производственных сточных вод [1. Гл. 6]		
11. Глубокая очистка сточных вод на фильтрах; от соединений азота и фосфора; от растворенных органических загрязнений	2	2
12. Обеззараживание сточных вод. Насыщение кислородом очищенных сточных вод. Сравнение схем очистных станций	2	2
Обработка осадков производственных сточных вод [1. Гл. 7]		

13. Состав и свойства осадков. Классификация методов обработки осадков. Уплотнения, анаэробное сбраживание и аэробная стабилизация осадков	2	2
14. Кондиционирование, сушка осадков на иловых площадках, термическая сушка и сжигание. Методы обеззараживания осадков	2	2
Повторное использование сточных вод на промышленных предприятиях [1. Гл. 8]		
15. Малоотходная и безотходная технология. Основные методы очистки сточных вод при ее повторном использовании	2	2
16. Борьба с биологическим обрастанием и коррозией в системах оборотного водоснабжения. Применение очищенных городских сточных вод на промпредприятиях. Повторное использование воды в промышленности	2	2
Основные схемы очистки и использования производственных сточных вод и отходов производства [1. Гл. 9]		
17. Схемы совместной очистки производственных и бытовых сточных вод. Блокированные очистные сооружения	2	2
18. Схемы водоотведения и очистки нефтесодержащих сточных вод. Схемы очистки и повторного использования сточных вод машиностроительной промышленности и территориально-производственных комплексов	2	2
Итого	36	18

5.2. Содержание лекционного курса (наименование раздела, № темы, краткое содержание)

Раздел 1. Системы водного хозяйства и водоотведение промышленных предприятий

Тема 1. Системы и схемы водообеспечения и водоотведения. Особенности водоотводящих систем промышленных предприятий. Принципы рационального использования воды в промышленности. Схемы водоотводящих систем. Количество и состав сточных вод. Требования к оборотной и повторно используемой воде. Условия приема производственных сточных вод в коммунальные водоотводящие сети. Условия выпуска сточных вод промышленных предприятий в водоемы. Определение необходимой степени очистки сточных вод.

Тема 2. Водоотводящие сети промышленных предприятий. Особенности устройства и проектирования водоотводящих сетей промышленных объектов.

Тема 3. Нормативная документация: “Правила пользования системами коммунального водоснабжения и канализации в Российской Федерации”, “Правила приема производственных сточных вод в систему канализации населенных пунктов. Понятия ПДК, ПДС и ОБУВ. Особенности расчета необходимой степени очистки сточных вод”.

Раздел 2. Процессы, аппараты и сооружения для очистки производственных сточных вод

2.1. Механическая очистка сточных вод

Назначение механической очистки сточных вод промышленного предприятия. Классификация процессов и методов механической очистки сточных вод. Состав сооружений станции механической очистки сточных вод.

2.2. Усреднение сточных вод

Усреднение сточных вод по расходу и по концентрации загрязнений. Конструкции и расчет усреднителей.

2.3. Гравитационное разделение

Особенности процессов гравитационного отделения дисперсных примесей промышленных сточных вод. Отстойники тонкослойные. Отстойники специального назначения. Конструкции и особенности расчета сооружений.

2.4. Фильтрация сточных вод

Область применения, особенности конструкций барабанных сеток и микрофильтров. Особенности процесса фильтрации производственных сточных вод. Конструкции фильтров с зернистыми загрузками. Фильтры с полимерными загрузками. Коалесцирующие фильтры. Принципы расчета сооружений и подбор типового оборудования.

2.5. Разделение в поле центробежных сил

Назначение и область применения гидроциклонов. Особенности конструкций открытых, многоярусных и напорных гидроциклонов. Принципы расчета и подбор типового оборудования.

Раздел 3. Физико-химическая очистка сточных вод

Тема 1. Назначение и область применения методов физико-химической очистки воды. Классификация основных процессов и методов.

Тема 2. Коагулирование. Особенности применения метода для очистки производственных сточных вод. Выбор коагулянтов и флокулянтов. Особенности сооружений и аппаратов.

Тема 3. Флотационная очистка. Процессы взаимодействия твердых, жидких и молекулярно-растворимых загрязнений с диспергированной газовой фазой (ДГФ). Назначение и классификация методов по способу получения ДГФ, по технологии применения. Конструкции сооружений и технологические схемы. Принципы расчета флотаторов.

Тема 4. Сорбционные методы. Основные понятия и определения. Сорбенты, используемые для очистки сточных вод. Сорбция в статических условиях. Основные технологические схемы: прямоточная с последовательным введением сорбента; с противоточным введением сорбента. Принципы расчета. Динамическая сорбция в неподвижном слое сорбента. Особенности процесса и расчета аппаратов. Установки с подвижным слоем сорбента.

Тема 5. Электрохимические методы. Основные процессы, лежащие в основе электрохимических методов очистки сточных вод. Классификация электрохимических методов. Особенности методов электрохимической флотации, коагулирования и деструкции. Конструкции аппаратов и принципы их расчета.

Раздел 3. Химические методы очистки производственных сточных вод

Область применения и основные виды химических реакций, используемых для очистки сточных вод. Классификация методов очистки воды. Методы нейтрализации, осаждения и окисления. Применение озона для очистки сточных вод.

Раздел 4. Особенности биологической очистки производственных сточных вод

Тема 1. Общие принципы применения биологических методов для очистки промышленных сточных вод. Особенности технологических схем биохимической очистки производственных сточных вод.

Тема 2. Схемы многоступенчатой биологической очистки воды. Конструктивные особенности сооружений, биосорбер, окситенк, фильтротенк. Общая компоновка блока биологической очистки с различными биоокислителями.

Раздел 5. Процессы и оборудование для обработки и утилизации осадков и шламов

Тема 1. Концентрирование и обезвоживание осадков и шламов. Восстановление коагулянтов и регенерация сорбентов.

Тема 2. Извлечение ценных составляющих осадков и шламов. Использование осадков производственных сточных вод.

Раздел 6. Комплексное использование различных методов в схемах очистки сточных вод и обработки осадков промышленных объектов

Тема 1. Особенности очистки сточных вод предприятий отдельных отраслей промышленности. Совместная очистка производственных и бытовых сточных вод.

Тема 2. Компоновка очистных сооружений. Блокирование очистных сооружений.

5.3. Содержание практических и лабораторных занятий

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы (практического занятия)
1	1, 16, 17	Составление и расчет балансовых схем водоотведения предприятий
2	2, 16	Повторное использование производственных сточных вод, составление схемы, расчет коэффициентов использования воды
3	18	Схемы водоотведения и очистки нефтесодержащих сточных вод. Схемы очистки и повторного использования сточных вод. Расчет нефтеловушки
4	4, 15	Сооружения механической очистки. Балансовая схема отвода сточных вод после сооружений очистки на повторное использование и в КНС. Расчет флотационной установки, жироловки, гидроциклона

6. Курсовое проектирование (цель, типовая тематика)

Программой предусмотрено выполнение курсового проекта “Водоотводящие системы промышленных предприятий”.

Цель проекта – привить студентам практические навыки по выбору и обоснованию систем водоотведения, очистки сточных вод и их повторного применения.

В процессе изучения дисциплины “Водоотводящие системы промышленных предприятий” студенты выполняют курсовой проект, содержащий краткую характеристику производства, обоснование выбора системы водоотведения, разработку схемы водоотведения промышленного объекта, описание схемы очистки сточных вод и расчет основных сооружений. По указанию руководителя проектирования в записку могут включаться дополнительные разделы. Включается графическая часть, отражающая схему водного хозяйства промышленного объекта, схему очистки сточных вод, объемно-планировочные решения проектируемых очистных сооружений.

Объем графической части – 1,5-2 листа формата А1.

7. График изучения дисциплины

Вид учебных занятий	№ недели																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Лекции	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Практические занятия	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Реферат				+						+						+	+	
Аттестация (промежуточная)																		

8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (рекомендуемая литература)

Основная

1. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю.М. Водоотводящие системы промышленных предприятий. – М.: Стройиздат, 1990. – 510 с.

2. СЭВ, ВНИИ ВОДГЕО. Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности. – 2-е изд. – М.: Стройиздат, 1982. – 528 с.

Дополнительная

3. Браславский И.И., Семенюк В.Д., Когановский А.М. Проектирование Бессточных схем промышленного водоснабжения. – Киев: Будивельник, 1977. – 205 с.

4. СНиП 2.04.02-84. Строительные нормы и правила. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.
5. СНиП 2.04.03-85. Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: ЦИТП, 1986. – 72 с.
6. Калицун В.И. Водоотводящие системы и сооружения: Учеб. для вузов. – М.: Стройиздат, 1987. – 336 с.
7. Канализация населенных мест и промышленных предприятий / Н.И. Лихачев, И.И. Ларин, С.А. Хаскин и др.; Под ред. В.Н. Самохина. – 2-е изд. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с. – (Справочник проектировщика).
8. Кучеренко Д.И., Гладков В.А. Обратное водоснабжение (системы водяного охлаждения). – М.: Стройиздат, 1987. – 253 с.
9. Лукиных Н.А., Липман Б.Л., Криштул В.П. Методы доочистки сточных вод. – 2-е изд. – М.: Стройиздат, 1987. – 156 с.
10. Мацнев А.И. Водоотведение на промышленных предприятиях. – Львов: Изд-во при Львовском гос. ун-те издательского объединения “Вища школа”, 1986. – 200 с.
11. СН 496-77. Временная инструкция по проектированию сооружений для очистки поверхностных сточных вод. – М.: Стройиздат, 1978. – 33 с.
12. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды. – М.–Л.: Химия, 1982. – 168 с.

Средства обеспечения освоения дисциплины

Комплексы программ по проектированию водоснабжения и систем водоотведения промпредприятий.

Комплект плакатов по конструкциям водоочистных сооружений.

Натурное ознакомление с сооружениями и инженерным оборудованием действующих систем промышленного водоотведения.

9. Контрольные задания и методические рекомендации по изучению дисциплины (для студентов заочной формы обучения обязательны)

Для данной дисциплины не предусмотрены.

10. Технические и электронные средства обучения, иллюстрационные материалы, в.ч. специализированное и лабораторное оборудование

Список иллюстрационных материалов (плакаты)

1. Окситенки.
2. Балансовая схема водоснабжения и водоотведения ВТЭЦ-2.
3. Схема очистки сточных вод и повторное их применение на примере схемы ВТЭЦ-2.
4. Схема электродиализа.

5. Озонаторная установка.
6. Пресс-фильтр, используемый на предприятии Coca-Cola.

11. Текущий и итоговый контроль по дисциплине

11.1. *Формы и методы текущего контроля*

Формами текущего контроля являются выполненные практические работы, рефераты. Методами текущего контроля по дисциплине выступают опрос по темам, защита практических работ и определение уровня посещаемости занятий студентами.

11.2. *Контрольные тесты для определения минимального уровня освоения программы дисциплины*

Существуют в электронном виде (100 вопросов).

Примеры вопросов.

1. Можно ли с помощью регулирования дождевого стока уменьшить мощность очистных сооружений?
2. Можно ли с помощью изменения схемы или системы водоотведения уменьшить ущерб, наносимый окружающей среде?

11.3. *Перечень типовых экзаменационных вопросов (экзаменационные билеты)*

1. Состав и свойства производственных сточных вод.
2. Схемы водообеспечения и водоотведения промпредприятий.
3. Использование производственных сточных вод и извлечение из них ценных веществ.
4. Условия выпуска сточных вод в городскую водоотводящую сеть.
5. Условия выпуска сточных вод при совместной очистке производственных и бытовых сточных вод.
6. Схема механической очистки производственных сточных вод.
7. Усреднители.
8. Первичные отстойники.
9. Гидроциклоны.
10. Сетчатые барабанные фильтры.
11. Химическая очистка производственных сточных вод. Нейтрализация.
12. Окисление активным хлором.
13. Окисление кислородом воздуха.
14. Озонирование.
15. Физико-химическая очистка производственных сточных вод. Коагуляция.
16. Сорбция.
17. Флотация.
18. Экстракция.
19. Ионный обмен.

20. Электродиализ.
21. Биологическая очистка сточных вод. Аэротенки.
22. Схема пеногашения.
23. Окситенки.
24. Метантенки.
25. Глубокая очистка производственных сточных вод. Каркасно-засыпные фильтры.
26. Фильтр оксипор.
27. Обеззараживание сточных вод.
28. Обработка осадков производственных сточных вод.
29. Уплотнение осадков.
30. Анаэробное сбраживание. Кондиционирование осадков.
31. Сушка осадков на иловых площадках.
32. Термическая сушка и сжигание осадков.
33. Методы обеззараживания и обезвреживания осадков.
34. Повторное использование сточных вод на промпредприятиях.
35. Применение очищенных городских сточных вод на промпредприятиях.
36. Блокированные очистные сооружения.
37. Требования к качеству воды, повторно используемой в промышленности.
38. Борьба с биологическим обрастанием в системах оборотного водоснабжения.
39. Борьба с коррозией.
40. Борьба с карбонатными отложениями в оборотном водоснабжении.

2. Рейтинговая оценка по дисциплине

Распределение баллов по видам учебной работы

Вид работы	Распределение баллов
1. Изучение теоретического материала	20
2. Практические занятия	20
3. Индивидуальные домашние задания	20
4. Посещаемость	10
5. Зачет	30
Итого	100

Перевод баллов в пятибалльную шкалу

Оценка	Баллы
Отлично	85-100
Хорошо	71-84
Удовлетворительно	60-70
Неудовлетворительно	Менее 60

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к курсовому проекту

Цель курсового проекта

Целью курсового проекта является получение студентами практических навыков по расчету и проектированию водоотводящих сетей промышленных предприятий, закрепление теоретических знаний. Данный курсовой проект является разработкой темы “Очистка сточных вод”.

Основные технические решения проекта должны соответствовать требованиям действующих нормативных документов и обосновываться необходимыми расчетами.

Состав проекта определяется настоящими методическими указаниями.

Содержание и оформление курсового проекта

Проект состоит из расчетно-пояснительной записки, отражающей все этапы работы, и графической части.

Рекомендуемая структура пояснительной записки

Введение

Задание на курсовой проект

1. Водоотводящие системы промышленных предприятий
 - 1.1. Состав и свойства производственных сточных вод
 - 1.2. Схемы водоотведения промышленных предприятий
 - 1.3. Требования, предъявляемые к качеству сточных вод
 - 1.4. Особенности водоотводящих систем промышленных предприятий
2. Сооружения очистки производственных сточных вод
 - 2.1. Механическая очистка производственных сточных вод
 - 2.2. Схема механической очистки производственных сточных вод
 - 2.3. Расчет гидроциклонов
 - 2.4. Расчет нефтеловушки
3. Химическая очистка производственных сточных вод (расчет флотатора)
4. Оценка эффективности использования оборотного водоснабжения

Заключение

Список использованной литературы

Расчетно-пояснительная записка к проекту выполняется в виде рукописного текста на 20-30 листах писчей бумаги стандартного формата А-4 (210×297 мм) в соответствии с правилами выполнения курсовых проектов.

В начале записки помещается титульный лист и задание на курсовой проект.

В текст записки включается схема водного баланса предприятия и балансовая схема с использованием оборотного водоснабжения.

Графическая часть выполняется на двух листах формата А-1.

Методические указания к отдельным этапам работы

1. Водоотводящие системы промышленных предприятий

В составе коммуникаций каждого промышленного предприятия имеется комплекс водоотводящих сетей и сооружений, с помощью которых осуществляется отведение с территории предприятия отработавших вод, а также сооружений по очистке сточных вод и извлечению из них ценных веществ.

При проектировании очистных сооружений необходимо учитывать состав и свойства производственных сточных вод, нормы водоотведения на единицу продукции и степень их очистки.

1.1. Состав и свойства производственных сточных вод

Сточные воды, отводимые с территории промпредприятий, разделены на три вида:

- 1) производственные – использованные в технологическом процессе;
- 2) бытовые – от производственных и непроизводственных корпусов;
- 3) атмосферные.

Большое значение в формировании состава производственных сточных вод имеет вид перерабатываемого сырья: на нефтедобывающих предприятиях – нефть; на мясокомбинатах – отходы мяса; на фабриках первичной обработки шерсти (ПОШ) – жир, шерсть. Для разработки рациональной схемы водоотведения и повторного использования производственных сточных вод изучается их состав и режим водоотведения.

В сточных водах должны определяться: содержание компонентов (нефтепродуктов, ядовитых веществ); общее количество органических веществ, выражаемое БПК_{полн} и ХПК; активная реакция (рН); степень минерализации.

Физико-химические показатели производственных сточных вод предприятия следует привести в таблице.

1.2. Схемы водоотведения промышленных предприятий

При прямоточном водообеспечении (рис. 1, а) вся забираемая из водоема вода $Q_{\text{ист}}$ после участия в технологическом процессе (в виде отработанной) возвращается в водоем, за исключением количества воды, которое безвозвратно расходуется в производстве $Q_{\text{пот}}$. Количество отводимых в водоем сточных вод определяется по формуле

$$Q_{\text{сбр}} = Q_{\text{ист}} - Q_{\text{пот}}.$$

Сточные воды перед сбросом в водоем должны проходить через очистные сооружения, при этом уменьшается “тепловое” загрязнение водоема; уменьша-

ется также и количество сбрасываемых в водоем сточных вод, поскольку имеют место потери воды на унос с охлаждающих установок или со шлаком на очистных сооружениях.

При схеме водообеспечения с последовательным использованием воды (рис. 1, б), которое может быть двух-трехкратным, количество сбрасываемых сточных вод уменьшается в соответствии с потерями на всех производствах и на очистных сооружениях, т.е.

$$Q_{\text{сбр}} = Q_{\text{ист}} - (Q_{\text{пот1}} + Q_{\text{пот2}} + Q_{\text{шл}}).$$

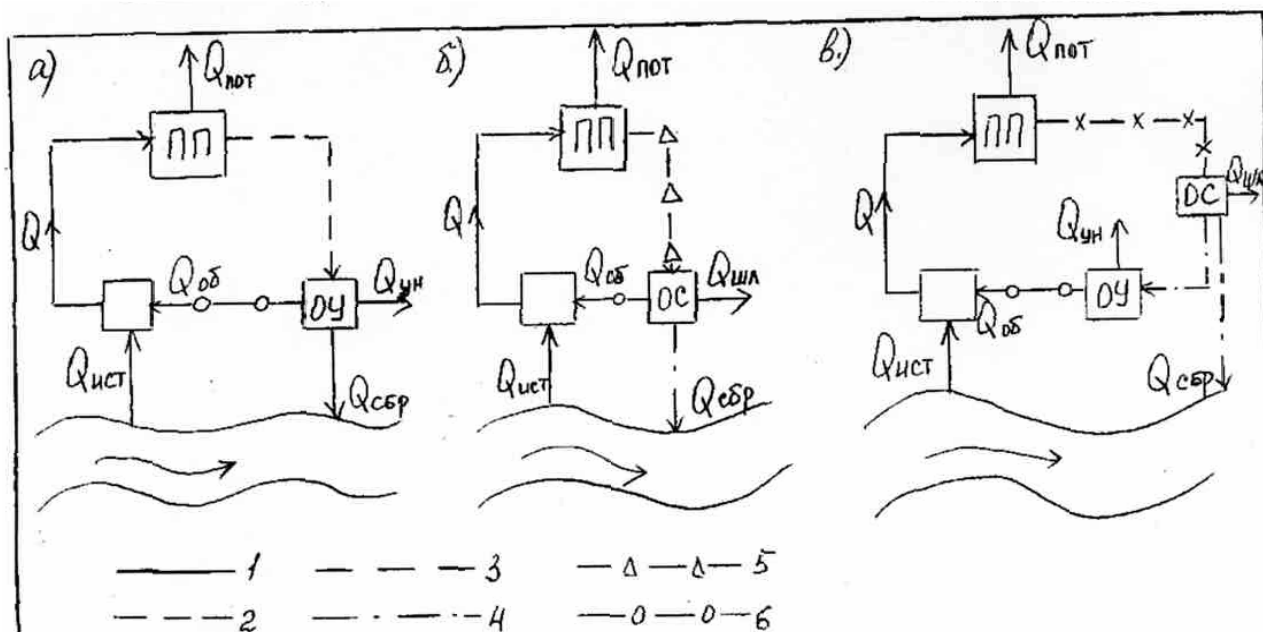


Рис. 1. Схемы водообеспечения промышленных предприятий: 1 – свежая вода чистая ненагретая; 2 – сточная вода нагретая; 3 – сточная вода нагретая и загрязненная; 4 – сточная вода очищенная; ПП, ПП-1, ПП-2 – промышленные предприятия; ОС – очистные сооружения; $Q_{\text{ист}}$ – вода, подаваемая из источника на производственные нужды; $Q_{\text{пот}}$, $Q_{\text{пот1}}$ и $Q_{\text{пот2}}$ – вода, безвозвратно потребляемая на промышленных предприятиях; $Q_{\text{шл}}$ – вода, удаляемая со шлаком; $Q_{\text{сбр}}$ – вода, сбрасываемая в водоем

Повторное использование сточных вод после их очистки получило широкое распространение. В ряде отраслей промышленности 90-95% сточных вод используется в системах оборотного водообеспечения и лишь 5-10% сбрасывается в водоем.

Если в системе оборотного водообеспечения промпредприятия вода является теплоносителем и в процессе использования лишь нагревается, то перед повторным применением её предварительно охлаждают в пруду, в бассейне, градирне (рис. 2, а); если вода служит средой, поглощающей и транспортирующей механические и растворенные примеси, и в процессе использования загрязняется ими, то перед повторным применением сточная вода проходит обработку на очистных сооружениях (рис. 2, б); при комплексном использовании сточные воды перед повторным применением подвергаются очистке и охлаждению (рис. 2, в).

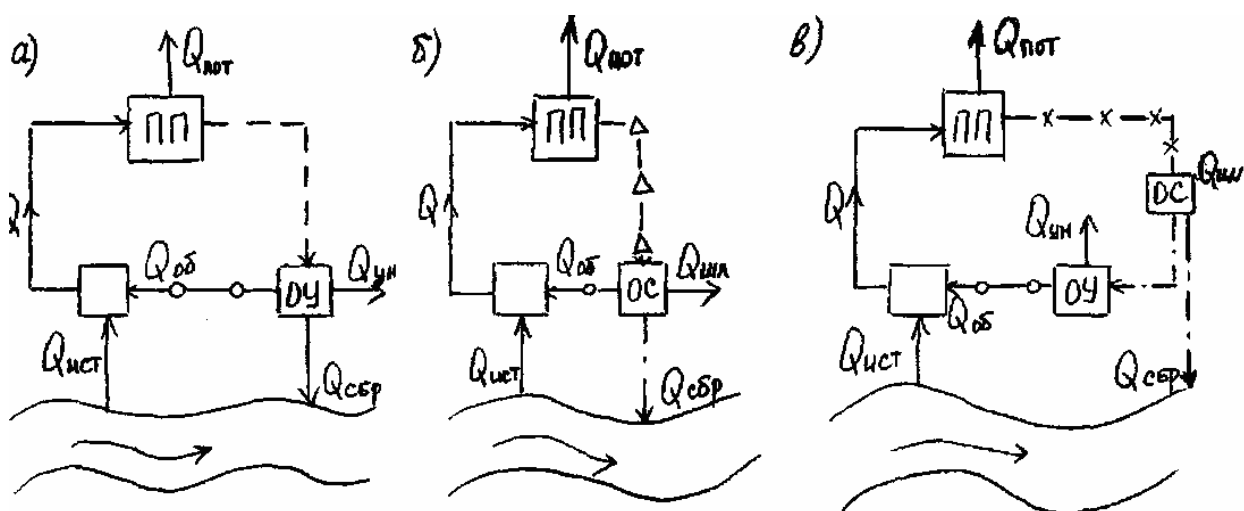


Рис. 2. Схемы оборотного водообеспечения промышленных предприятий

При таких системах оборотного водообеспечения для компенсации безвозвратных потерь воды в производстве, на охлаждающих установках (испарение с поверхности, унос ветром), на очистных сооружениях, а также потерь воды, сбрасываемой в водоотводящую сеть, осуществляется подпитка из водоема и других источников водоснабжения.

Количество подпиточной воды определяется по формуле

$$Q_{\text{ист}} = Q_{\text{пот}} + Q_{\text{ун}} + Q_{\text{шл}} + Q_{\text{сбр}}.$$

1.3. Требования, предъявляемые к качеству сточных вод

Физико-химические показатели производственных сточных вод отдельных предприятий (см. таблицу) свидетельствуют о широком диапазоне колебаний состава этих вод, что вызывает необходимость обоснования выбора оптимального метода очистки для каждого вида вод.

Показатели состава сточных вод некоторых промышленных предприятий

Показатель	Металлургический комбинат	Фабрика ПОШ	Гидролизный завод	Спиртово-крахмальный завод
Содержание, мг/л взвешенных веществ	500	28 000	950	470
азота аммонийного	—	210	150	45
нефтепродуктов	40	—	—	—
БПК ₅ , мг/л	—	6 300	2400	360
БПК _{полн} , мг/л	—	17 800	3300	580
ХПК, мг/л	50	44 000	4900	830
pH	8	9,5	5,5	7,2

2. Сооружения очистки производственных сточных вод

2.1. Механическая очистка производственных сточных вод

Более высокий эффект механической очистки сточных вод достигается интенсификацией гравитационного отстаивания – биокоагуляцией, осветлением во взвешенном слое (отстойники-осветлители) или в тонком слое (тонкослойные отстойники), а также с помощью гидроциклонов и центрифуг.

Для разработки очистных сооружений необходимо определить максимальный расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{ч}$; исходную концентрацию нефтепродуктов и масел, мг/л ; допустимое содержание загрязнений, мг/л . Ориентировочные расходы сточных вод промышленных предприятий можно определить по данным, приведенным в справочнике СЭВ ВНИИ ВОДГЕО “Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности” [6].

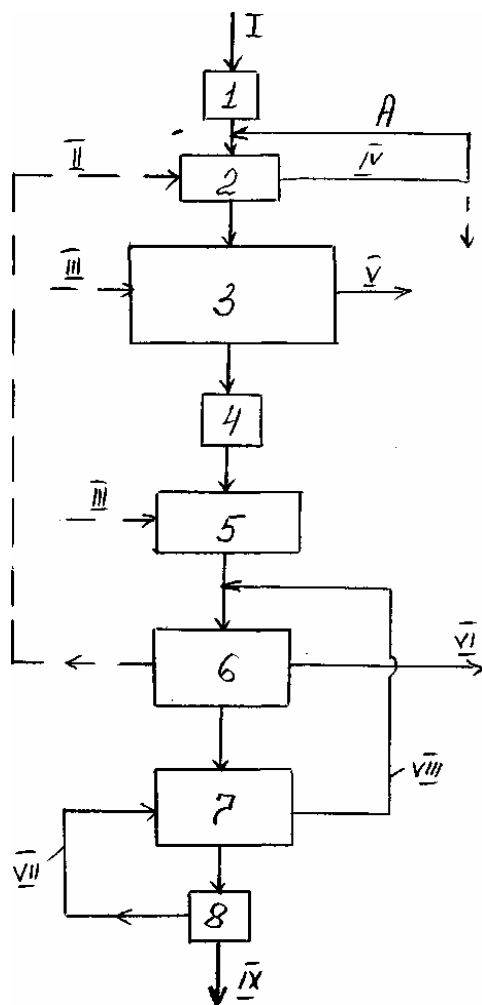


Рис. 3. Схема механической очистки производственных сточных вод с дроблением отбросов и отводом их в канализацию (А) и с вывозом отбросов в контейнерах; I – подача сточной воды; II – подача технической воды; III – подача воздуха; IV – отвод отбросов; V – отвод песка на обезвоживание и утилизацию; VI – отвод осадка на обработку и утилизацию; VII – подача воды и воздуха на промывку; VIII – отвод воды от промывки фильтров; IX – подача воды на доочистку и повторное использование в системе производственного водоснабжения. 1 – приемная камера; 2 – решетки механические с отдельными дробилками или решетки-дробилки; 3 – песколовки; 4 – водоизмерительное устройство (лоток Вентури); 5 – усреднители; 6 – отстойники или отстойники-осветлители; 7 – барабанные сетки и песчаные фильтры или только каркасно-засыпные фильтры КЗФ (не требующие установки перед ними барабанных сеток); 8 – насосная станция

2.2. Расчет гидроциклонов

Процесс очистки сточных вод в гидроциклоне осуществляется под действием центробежной силы, возникающей вследствие интенсивного вращения потока воды при тангенциальном впуске ее в гидроциклон (рис. 4). По гидравлическим условиям различают два вида гидроциклонов: напорные и безнапорные (открытые).

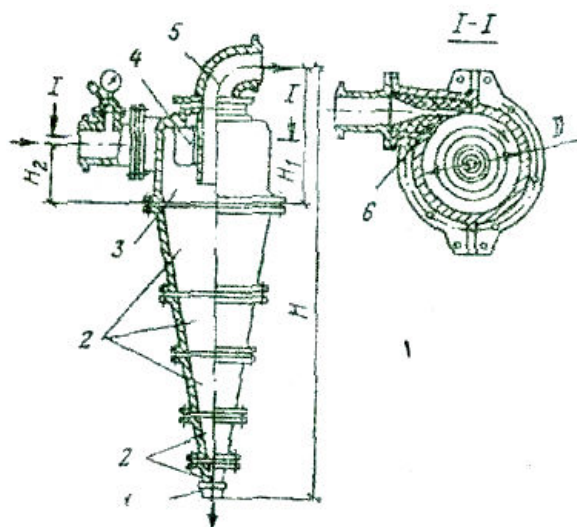


Рис. 4. Напорный гидроциклон: 1 – сменная насадка; 2 – коническое днище; 3 – корпус; 4 – входное отверстие; 5 – отвод осветленной воды; 6 – сменные вкладыши; Н – полная высота; D – диаметр цилиндрической части

Промышленностью выпускаются напорные гидроциклоны с диаметром корпуса от 50 до 500 мм. Напорные гидроциклонные установки можно рассчитывать с использованием экспериментальных кривых осаждения (рис. 5)

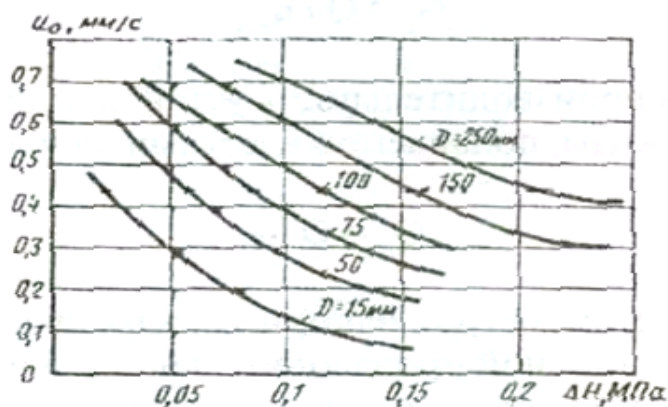


Рис. 5. Кривые для определения диаметра гидроциклона и потерь напора в нем при разной гидравлической крупности осаждаемых частиц u_0

По требуемому эффекту очистки определяют расчетную гидравлическую крупность частиц u_0 и по кривым осаждения находят диаметр гидроциклона и потери напора в нем.

Основной расчетной величиной открытых гидроциклонов является удельная гидравлическая нагрузка $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, определяемая по формуле

$$q_{\text{гс}} = 3,6Ku_0,$$

где K – коэффициент пропорциональности, зависящий от конструкции гидроциклона.

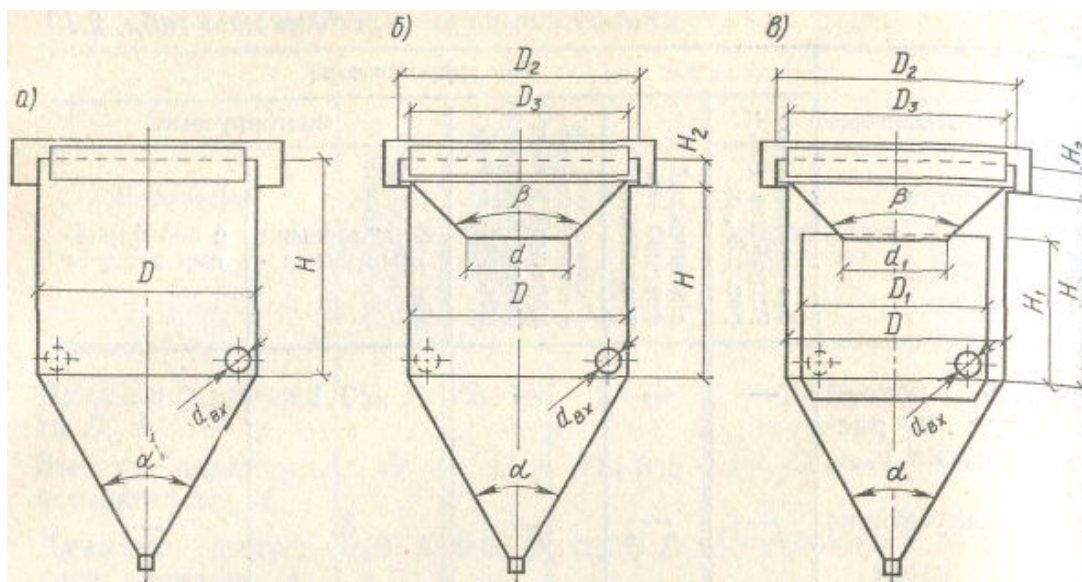


Рис. 6. Схемы открытых гидроциклонов: а – без внутренних вставок; б – с конической диафрагмой; в – с конической диафрагмой и внутренним цилиндром

Для гидроциклона без внутренних устройств K равен 0,61, для гидроциклона с конической диафрагмой – 1,69, для гидроциклона с конической диафрагмой и внутренним цилиндром – 1,98.

Общая площадь зеркала воды в гидроциклоне

$$F_{hc} = Q_w / q_{hc},$$

где Q_w – расход сточных вод, $m^3/ч$.

Производительность одного аппарата гидроциклона по формуле СНиП 2.04.03-85:

$$Q_{hc} = 0,785 q_{hc} \cdot D_{hc}^2.$$

Исходя из общего количества сточных вод Q_w , определяется число рабочих единиц гидроциклона:

$$N = Q_w / Q_{hc}.$$

После назначения диаметра аппарата D и вычисления числа N определяются основные размеры гидроциклонов по таблице из СНиП 2.04.03-85.

2.3. Расчет нефтеловушки

Нефтеловушки применяют для механической очистки сточных вод от нефтепродуктов, способных к гравитационному отделению (всплыванию), и от осаждающихся твердых механических примесей.

Типы нефтеловушек: горизонтальные, многоярусные (тонкослойные) и радиальные. Многоярусная тонкослойная нефтеловушка является усовершенствованной горизонтальной нефтеловушкой, основой которой служит горизонтальный отстойник.

При расчете нефтеловушки принимаются условия: число секций – не менее двух; гидравлическая крупность частиц нефти $u_0 = 0,15$ мм/с; слой всплывших нефтепродуктов 0,1 м; остаточное содержание нефтепродуктов 100 мг/л;

расстояние между полками по перпендикуляру $h = 50$ мм; угол наклона полок 45° ; ширина полочного блока $S = 0,65-0,75$ м; ширина нефтеловушки 2-3 м; потери напора 0,5-0,6 м.

Скорость движения воды (мм/с) определяется по формуле

$$V = Q / (F \cdot 3,6),$$

где Q – пропускная способность одной секции, $\text{м}^3/\text{ч}$; F – площадь поперечного сечения полочных блоков, устанавливаемых по ширине секции, м^2 :

$$F = h \cdot S \cdot 4.$$

При этом число Рейнольдса должно быть близко к 700-800.

Продолжительность пребывания воды в полочном пространстве (с) вычисляется по формуле

$$T = h_{\text{яп}} / u_o,$$

где $h_{\text{яп}} = h / \cos 45^\circ$ – высота яруса по вертикали,

длина полочного пространства – по формуле

$$L = k_3 \cdot v \cdot T,$$

где k_3 – коэффициент запаса, равный 1,3.

Общая строительная длина нефтеловушки на 5-6 м больше длины полочного пространства.

Союзводоканалпроектом по рекомендации ВНИИ ВОДГЕО разработаны типовые проекты нефтеловушек производительностью 300, 450 и 600 $\text{м}^3/\text{ч}$.

3. Химическая очистка производственных сточных вод (расчет флотатора)

Следует описать сущность процесса флотации, принять к установке флотационную установку, выполнить расчет установки по суточному расходу сточных вод, приложить схему флотационной установки.

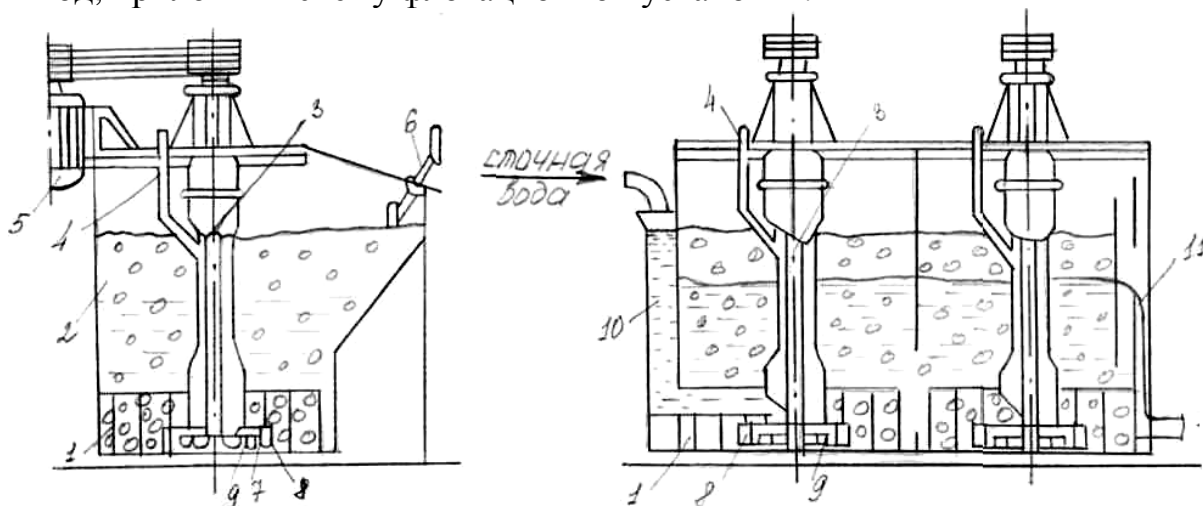


Рис. 7. Схема импеллерной флотационной установки: 1 – решетка для механического диспергирования воздуха; 2 – флотационная камера; 3 – вал импеллера; 4 – воздушная трубка; 5 – электродвигатель; 6 – пеносниматель; 7 – отверстия в статоре для внутренней циркуляции воды; 8 – статор; 9 – импеллер; 10 – приемный карман; 11 – выпускной карман

4. Оценка эффективности использования оборотного водоснабжения

Эффективность использования воды на промышленных предприятиях оценивается тремя показателями.

1. Техническое совершенство системы водообеспечения и водоотведения оценивается количеством использованной оборотной воды $P_{об}$, %:

$$P_{об} = \frac{Q_{об}}{Q_{об} + Q_{ист} + Q_c},$$

где $Q_{об}$, $Q_{ист}$ и Q_c – количество воды, используемой соответственно в обороте, забираемой из источника и поступающей в систему водообеспечения с сырьем.

Чем ближе $P_{об}$ к 100%, тем совершеннее система.

2. Рациональность использования воды, забираемой из источника, оценивается коэффициентом использования $K_{ис}$:

$$K_{ис} = \frac{Q_{ист} + Q_c - Q_{сбр}}{Q_{ис} + Q_c} < 1.$$

3. Потери воды, %, определяются по формуле

$$P_{пот} = \frac{Q_{ист} + Q_c - Q_{сбр}}{Q_{ист} + Q_c + Q_{посл} + Q_{об}},$$

где $Q_{посл}$ – количество воды, используемой в производстве последовательно.

Литература

1. СНиП 02.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. – 131 с.
2. Оборудование водопроводно-канализационных сооружений: Справочник монтажника / Г.М.Мирончик, А.С.Москвитин. – М.: Стройиздат, 1979. – 430 с.
3. Москвитин Б.А. и др. Оборудование водопроводных и канализационных сооружений. – М: Стройиздат, 1984. – 192 с.
4. Кожин В.Ф. Очистка питьевой и технической воды. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1971. – 295 с.
5. Котелов В.Ф. Очистка питьевой и сточной воды: примеры и расчеты. – М., 1971. – 303 с.
6. Укрупненные нормы водоснабжения и водоотведения для различных отраслей промышленности. – М.: Стройиздат, 1978. – 526 с.
7. Белоконова А.Ф. Водно-химический режим тепловых электростанций. – М.: Энергоатом, 1985. – 276 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Водоснабжение промышленных предприятий	3
Рабочая учебная программа	3
Методические указания к расчету систем промышленного водоснабжения.....	14
Методические указания к курсовому проекту	38
Водоотводящие системы промышленных предприятий	69
Рабочая учебная программа	69
Методические указания к курсовому проекту	79

Учебное издание

**Водоснабжение и водоотведение
промышленных предприятий**

Учебно-методический комплекс

Филимонова Валентина Александровна

Редактор О.Г. Капустина

Электронная верстка Л.С. Виляевой

Подписано в печать 28.12.07. Формат 60×84/16.

Гарнитура Times New Roman.

Усл.-печ. л. 13,87. Уч.-изд. л. 12,90. Тираж 100 экз. Заказ 0045

Издательство ДВГТУ. 690950, г. Владивосток, Пушкинская ул, 10.

КГУП “Типография № 1”. 690017, г. Владивосток, ул. Коммунаров, 21.