

**ВОДОСНАБЖЕНИЕ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**
Строительные нормы проектирования

**ВОДАЗАБЕСПЯЧЭННЕ
ПРАМЫСЛОВЫХ ПРАДПРЫЕМСТВАЎ**
Будаўнічыя нормы праектавання

Издание официальное

Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь
Минск 2012

УДК 628.1.034.2(083.74)

МКС 93.030

КП 02

Ключевые слова: водоснабжение, промышленные предприятия, водопотребление, водозаборы, водоподготовка, умягчение, дегазация, охлаждение воды, градирня

Предисловие

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению в области технического нормирования и стандартизации установлены Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

1 РАЗРАБОТАН научно-проектно-производственным республиканским унитарным предприятием «Стройтехнорм» (РУП «Стройтехнорм»), техническим комитетом по стандартизации в области архитектуры и строительства «Водохозяйственное строительство, водоснабжение и водоотведение» (ТКС 05)

Авторский коллектив: к. т. н. В. Н. Ануфриев — руководитель ВНК, Е. А. Казанли

ВНЕСЕН главным управлением научно-технической политики и лицензирования Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 13 января 2012 г. № 8

В Национальном комплексе технических нормативных правовых актов в области архитектуры и строительства настоящий технический кодекс установившейся практики входит в блок 4.01 «Водоснабжение и водоотведение»

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

© Минстройархитектуры, 2012

Настоящий технический кодекс установившейся практики не может быть воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь

Содержание

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины и определения.....	3
4 Общие положения.....	4
4.1 Общие требования к системам водоснабжения промышленных предприятий.....	4
4.2 Водопотребление и требуемое давление	5
4.3 Источники водоснабжения	6
4.4 Учет водопотребления и водомерные установки	7
5 Водозаборные сооружения	8
6 Водоводы, водопроводные сети и сооружения на них.....	9
7 Сооружения водоподготовки.....	9
7.1 Общие требования к сооружениям водоподготовки промышленных предприятий	9
7.2 Осветление и обесцвечивание воды	10
7.3 Обезжелезивание и обезмарганцевание воды.....	10
7.4 Умягчение воды	11
7.5 Опреснение и обессоливание воды.....	12
7.6 Дегазация воды.....	14
7.7 Удаление кремниевой кислоты	14
7.8 Обеззараживание воды.....	15
8 Охлаждающие оборотные системы водоснабжения	15
8.1 Общие требования к охлаждающим оборотным системам водоснабжения.....	15
8.2 Определение потерь воды в охлаждающих оборотных системах водоснабжения.....	15
8.3 Предотвращение механических отложений	17
8.4 Предотвращение цветения воды и биологических обрастаний	17
8.5 Предотвращение карбонатных отложений.....	17
8.6 Предотвращение сульфатных отложений.....	18
8.7 Мероприятия по предотвращению коррозии.....	19
8.8 Охладители оборотной системы	19
8.9 Автоматизация систем оборотного водоснабжения	21
8.10 Градирни	22
8.11 Водохранилища-охладители.....	25
8.12 Брызгальные бассейны	28
Приложение А (рекомендуемое) Методы умягчения воды	29
Приложение Б (рекомендуемое) Расчеты сооружений ионообменного обессоливания воды.....	41
Приложение В (рекомендуемое) Расчет и проектирование электродиализных установок	49
Приложение Г (рекомендуемое) Дегазация воды.....	51

Приложение Д (рекомендуемое) Удаление кремниевой кислоты	55
Приложение Е (рекомендуемое) Обработка охлаждающей воды хлором и медным купоросом.....	58
Приложение Ж (рекомендуемое) Обработка охлаждающей воды для предотвращения карбонатных и сульфатных отложений.....	59
Библиография	66

ТЕХНИЧЕСКИЙ КОДЕКС УСТАНОВИВШЕЙСЯ ПРАКТИКИ

ВОДОСНАБЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
Строительные нормы проектирования**ВОДАЗАБЕСПЕЧЭННЕ ПРАМЫСЛОВЫХ ПРАДПРЫЕМСТВАЎ**
Будаўнічыя нормы праектаванняWater supply of industrial enterprises
Building norms of the designing

Дата введения 2012-07-01

1 Область применения

Настоящий технический кодекс установившейся практики (далее — технический кодекс) распространяется на системы водоснабжения промышленных предприятий и устанавливает строительные нормы их проектирования.

Требования настоящего технического кодекса являются обязательными при разработке проектной документации для вновь строящихся и реконструируемых систем водоснабжения промышленных предприятий независимо от их отраслевой принадлежности и источников финансирования.

Требования настоящего технического кодекса не распространяются на системы водоснабжения сельскохозяйственных предприятий.

2 Нормативные ссылки

В настоящем техническом кодексе использованы ссылки на следующие технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации (далее — ТНПА):¹⁾

ТКП 17.04-03-2007 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Недра. Правила оценки эксплуатационных запасов питьевых и технических подземных вод по участкам недр, эксплуатируемым одиночными водозаборами

ТКП 17.06-03-2008 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Порядок оформления водохозяйственных балансов

ТКП 17.04-04-2007 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Недра. Правила применения классификации эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод к месторождениям питьевых и технических вод

ТКП 17.04-21-2010 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Недра. Правила проектирования, сооружения (строительства), ликвидации и консервации буровых скважин различного назначения (за исключением нефтяных и газовых)

ТКП 17.10-27-2010 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Гидрометеорологическая деятельность. Правила проведения наблюдений за испарением с водной поверхности и расчета испарения с поверхности водоемов

ТКП 45-4.01-30-2009 (02250) Водозаборные сооружения. Строительные нормы проектирования

ТКП 45-4.01-31-2009 (02250) Сооружения водоподготовки. Строительные нормы проектирования

ТКП 45-4.01-32-2010 (02250) Наружные водопроводные сети и сооружения. Строительные нормы проектирования

¹⁾ СНБ и СНИП имеют статус технического нормативного правового акта на переходный период до их замены техническими нормативными правовыми актами, предусмотренными Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

ТКП 45-4.01-258-2012

ТКП 45-5.09-33-2006 (02250) Антикоррозионные покрытия строительных конструкций зданий и сооружений. Правила устройства

ТКП 45-4.01-52-2007 (02250) Системы внутреннего водоснабжения зданий. Строительные нормы проектирования

ТКП 45-2.01-111-2008 (02250) Защита строительных конструкций от коррозии. Строительные нормы проектирования

ТКП 45-3.01-116-2008 (02250) Градостроительство. Населенные пункты. Нормы планировки и застройки

ТКП 45-2.02-138-2009 (02250) Противопожарное водоснабжение. Строительные нормы проектирования

ТКП 45-2.02-139-2010 (02250) Системы внутреннего и наружного противопожарного водоснабжения. Правила проектирования и устройства

ТКП 45-3.01-155-2009 (02250) Генеральные планы промышленных предприятий. Строительные нормы проектирования

ТКП 45-4.01-180-2009 (02250) Сооружения водоподготовки. Осветление и обесцвечивание воды. Правила проектирования

ТКП 45-4.01-181-2009 (02250) Сооружения водоподготовки. Обеззараживание воды. Правила проектирования

ТКП 45-4.01-197-2010 (02250) Наружные водопроводные сети и сооружения. Правила проектирования

ТКП 45-4.01-198-2010 (02250) Водозаборные сооружения из поверхностных источников. Правила проектирования

ТКП 45-4.01-199-2010 (02250) Скважинные водозаборы. Правила проектирования

ТКП 45-4.01-200-2010 (02250) Насосные станции систем водоснабжения. Правила проектирования

ТКП 45-4.01-201-2010 (02250) Сооружения водоподготовки. Обезжелезивание подземных вод. Правила проектирования

ТКП 45-3.02-209-2010 (02250) Административные и бытовые здания. Строительные нормы проектирования

ТКП 45-3.02-263-2012 (02250) Электростанции тепловые. Строительные нормы проектирования

СТБ 17.06.01-01-2009 Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Использование и охрана вод. Термины и определения

СТБ 17.06.03-01-2008 Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Охрана поверхностных вод от загрязнения. Общие требования

СТБ 17.1.3.06-2006 Охрана природы. Гидросфера. Охрана подземных вод от загрязнения. Общие требования

СТБ 1756-2007 Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора

СТБ 1883-2008 Строительство. Канализация. Термины и определения

СТБ 1884-2008 Строительство. Водоснабжение питьевое. Термины и определения

СТБ 1900-2008 Строительство. Основные термины и определения

ГОСТ 9.602-2005 Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии

ГОСТ 5644-75 Сульфит натрия безводный. Технические условия

ГОСТ 6019-83 Счетчики холодной воды крыльчатые. Общие технические условия

ГОСТ 14167-83 Счетчики холодной воды турбинные. Технические условия

ГОСТ 15528-86 Средства измерений расхода, объема или массы протекающих жидкости и газа.

Термины и определения

ГОСТ 16860-88 Деаэраторы термические. Типы, основные параметры, приемка, методы контроля

ГОСТ 17612-89 Насадки кислотоупорные керамические. Технические условия

ГОСТ 19179-73 Гидрология суши. Термины и определения

ГОСТ 19185-73 Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения

ГОСТ 19347-99 Купорос медный. Технические условия

ГОСТ 23078-78 Установки и аппараты опреснительные дистилляционные. Термины и определения

ГОСТ 27468-92 Оборудование теплообменное стационарных дистилляционных опреснительных установок. Общие технические требования

СНБ 2.04.02-2000 Строительная климатология
 СНБ 4.01.01-03 Водоснабжение питьевое. Общие положения и требования
 СНиП 2.05.07-91 Промышленный транспорт
 СНиП 2.09.03-85 Сооружения промышленных предприятий
 СНиП II-35-76 Нормы проектирования. Котельные установки.

Примечание — При пользовании настоящим техническим кодексом целесообразно проверить действие ТНПА по Перечню технических нормативных правовых актов в области архитектуры и строительства, действующих на территории Республики Беларусь, и каталогу, составленным по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочные ТНПА заменены (изменены), то при пользовании настоящим техническим кодексом следует руководствоваться замененными (измененными) ТНПА. Если ссылочные ТНПА отменены без замены, то положение, в котором дана ссылка на них, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем техническом кодексе применяют термины, установленные в [1], ГОСТ 19179, ГОСТ 19185, ГОСТ 15528, ГОСТ 23078, СТБ 1883, СТБ 1884, СТБ 1900, СТБ 17.06.01-01, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 брызгальный бассейн: Сооружение в виде открытого резервуара, предназначенное для охлаждения воды путем ее разбрызгивания в атмосферном воздухе над водной поверхностью в резервуаре.

3.2 добавочная вода: Вода, предназначенная для восполнения потерь, связанных с эксплуатацией охлаждающих оборотных систем водоснабжения.

3.3 комплексоны: Органические хелатообразующие соединения, преимущественно аминополикарбоновые кислоты и их производные, используемые для обработки воды с целью предотвращения отложений и коррозии.

Примечание — Хелатообразующие соединения — вещества, образующие с катионами металлов мало-диссоциирующие комплексные соединения.

3.4 концентрационная поляризация: Соотношение концентрации вещества у поверхности мембраны и в объеме жидкости, обусловленное действием разности химических потенциалов.

3.5 концентрат: Смесь веществ, не прошедшая через полупроницаемую мембрану в процессе мембранного разделения.

3.6 процесс мембранного разделения: Процесс преимущественного проникновения одного или нескольких компонентов смеси через полупроницаемую мембрану под действием разности химических потенциалов с разделением исходной смеси на пермеат и концентрат.

3.7 наливное водохранилище-охладитель: Искусственный водоем, используемый для охлаждения оборотной воды, сооружаемый вне русел водотоков и акваторий водоемов, заполняемый и (или) пополняемый водой из других водных объектов посредством инженерных сооружений.

3.8 оборотная вода: Вода, многократно используемая в технологических процессах без отведения в системы водоотведения.

3.9 озерное водохранилище-охладитель: Водоем, используемый для охлаждения оборотной воды, образованный в акватории озер или водохранилищ озерного типа.

3.10 отсечное водохранилище-охладитель: Искусственный водоем, используемый для охлаждения оборотной воды, образованный в акватории водоема или водотока путем ограждения части водоема или водотока отсекающей дамбой с устройством сооружений для подпитки водой отсеченной части.

3.11 охлаждающие оборотные системы водоснабжения: Система технического водоснабжения с многократным использованием воды для отвода тепла.

3.12 пермеат: Смесь веществ, прошедшая через полупроницаемую мембрану в процессе мембранного разделения.

3.13 полупроницаемая мембрана: Перегородка, обладающая свойством пропускать определенные компоненты преимущественно жидких или газовых смесей.

3.14 продувка: Способ поддержания в оборотной воде солевого состава и концентраций загрязняющих веществ в пределах допустимых значений путем отведения воды из системы оборотного водоснабжения с заменой на добавочную воду.

3.15 рабочая поверхность мембраны: Характеристика мембраны, выраженная площадью участка, через который происходит процесс мембранного разделения.

3.16 русловое водохранилище-охладитель: Искусственный водоем, используемый для охлаждения оборотной воды, образованный водоподпорным сооружением в русле водотока.

3.17 селективность мембраны: Избирательная проницаемость мембраны для различных компонентов разделяемой смеси.

3.18 удельная производительность мембраны: Количество вещества, проходящего через единицу рабочей поверхности мембраны в единицу времени.

4 Общие положения

4.1 Общие требования к системам водоснабжения промышленных предприятий

4.1.1 При проектировании систем водоснабжения промышленных предприятий следует руководствоваться [1], законами Республики Беларусь, нормативными правовыми актами (далее — НПА), ТНПА, устанавливающими технические, санитарные, природоохранные требования, требования безопасности к системам водоснабжения, а также требованиями настоящего технического кодекса.

Системы питьевого водоснабжения промышленных предприятий следует проектировать в соответствии с требованиями [2], СНБ 4.01.01, санитарных норм и правил, гигиенических нормативов, НПА и ТНПА, утвержденных в установленном порядке.

4.1.2 Системы производственного водоснабжения объектов энергетики следует проектировать в соответствии с требованиями ТКП 45-3.02-263 и других ТНПА, регламентирующих проектирование и строительство электростанций и других объектов энергетики.

4.1.3 Системы производственного водоснабжения котельных установок следует проектировать в соответствии с требованиями СНиП II-35.

4.1.4 Системы производственного водоснабжения гидротранспорта на промышленных предприятиях следует проектировать в соответствии с требованиями СНиП 2.05.07.

4.1.5 Системы водоснабжения промышленных предприятий должны обеспечивать водопотребление на:

— питьевые и хозяйственные нужды работников предприятий, а также населения в жилых зданиях, на общественных объектах в случае их подключения к системам водоснабжения промышленных предприятий;

— производственные нужды предприятий;

— тушение пожаров;

— компенсацию потерь воды в сооружениях и трубопроводах;

— поливку посадок и мойку ландшафтно-рекреационных территорий и территорий транспортной инфраструктуры предприятий.

4.1.6 Выбор системы и схемы водоснабжения промышленных предприятий осуществляют путем рассмотрения и оценки технико-экономических вариантов.

При выборе системы и схемы водоснабжения должны учитываться:

— вид источников водоснабжения;

— требования к давлению, количеству и качеству воды, режиму водопотребления;

— требования к надежности подачи воды;

— условия расположения предприятия и особенности технологических процессов на предприятии, местные условия и особенности объектов потребления воды.

4.1.7 При проектировании системы водоснабжения промышленных предприятий на основе технико-экономических расчетов необходимо обоснование:

— выбора источников водоснабжения и использования их для обеспечения нужд соответствующих водопотребителей;

— степени централизации системы водоснабжения и целесообразность выделения децентрализованных систем водоснабжения;

— объединения или выделения сооружений систем водоснабжения, водопроводов и водопроводных сетей различного назначения;

— необходимости зонирования системы водоснабжения;

— необходимости использования регулирующих емкостей, насосных станций, применения централизованных или децентрализованных систем оборотного водоснабжения;

— использования очищенных производственных, бытовых и поверхностных сточных вод для производственного водоснабжения;

- применения систем водоснабжения с повторным использованием воды для производственных нужд, а также для полива территории и зеленых насаждений;
- целесообразности создания замкнутых систем водного хозяйства;
- очередности строительства и ввода в действие элементов системы водоснабжения по пусковым комплексам.

При выборе вариантов обеспечения предприятий водой для производственных нужд следует преимущественно предусматривать оборотные системы водоснабжения и системы водоснабжения с повторным использованием воды.

4.1.8 Категорию централизованных систем водоснабжения промышленных предприятий следует устанавливать в соответствии с СНБ 4.01.01.

При необходимости повышения надежности подачи воды на производственные нужды отдельных производств, цехов, установок следует предусматривать локальные системы водоснабжения.

4.1.9 Для систем водоснабжения промышленных предприятий расчеты совместной работы водоводов, водопроводных сетей, насосных станций и регулирующих емкостей следует выполнять для характерных режимов подачи воды с учетом степени объединения сооружений систем водоснабжения.

4.1.10 Для объединенных систем производственно-противопожарного водоснабжения характерные условия их работы устанавливают в соответствии с особенностями технологии производства и обеспечения пожарной безопасности.

Для объединенных систем хозяйственно-питьевого и противопожарного водоснабжения промышленных предприятий характерные режимы подачи воды следует принимать по ТКП 45-2.02-138, ТКП 45-2.02-139.

4.1.11 Для систем производственного водоснабжения характерные условия их работы устанавливают в соответствии с особенностями технологии производства.

Как правило, следует рассматривать:

- сутки максимального водопотребления — для максимального, среднего и минимального часовых расходов;
- сутки среднего водопотребления — для среднего часового расхода;
- сутки минимального водопотребления — для минимального часового расхода.

4.2 Водопотребление и требуемое давление

4.2.1 При проектировании систем водоснабжения промышленных предприятий удельное среднесуточное (за год) водопотребление на хозяйственно-питьевые нужды следует принимать в соответствии с СНБ 4.01.01 (таблица А.2).

4.2.2 Нормы расхода воды на одну душевую сетку на промышленных предприятиях следует принимать в соответствии с ТКП 45-4.01-52 (таблица Б.1).

Количество душевых сеток на промышленных предприятиях следует принимать в зависимости от санитарно-гигиенических условий в соответствии с ТКП 45-3.02-209 (таблица 3).

4.2.3 Расход воды на влажную уборку помещений следует принимать 0,4 дм³ на 1 м² площади помещений, в которых производится влажная уборка, при ее проведении 1 раз в сутки в течение 1 ч. Потери воды при проведении влажной уборки следует принимать в размере 15 % от расхода воды на указанные цели. При механизированной уборке помещений расходы воды следует принимать согласно техническим характеристикам используемых средств механизации.

Нормы расхода воды на мойку и поливку покрытий территорий, а также поливку зеленых насаждений на промышленных предприятиях следует принимать в соответствии с СНБ 4.01.01 (таблица А.3).

4.2.4 Расход воды на производственные нужды промышленных предприятий следует определять на основании технологических данных.

Нормы расхода воды отдельных потребителей на промышленных предприятиях допускается принимать на основании данных, полученных в результате исследований удельного водопотребления за последние 3 года.

4.2.5 При проектировании систем водоснабжения промышленных предприятий следует учитывать технологические расходы воды при заборе, подготовке, аккумулировании, подаче, транспортировании, распределении, а также на содержание территорий зон санитарной охраны и сооружений в надлежащем санитарном состоянии.

Указанные технологические расходы воды необходимо определять для каждого элемента системы водоснабжения в соответствии с требованиями действующих НПА и ТНПА, настоящего технического кодекса, [3], СНБ 4.01.01 и технической документации оборудования, применяемого в системах водоснабжения.

Допускается принимать величину технологических расходов воды при ее заборе, подготовке, аккумулировании, транспортировании и распределении по статистическим данным предприятий-аналогов за последние 3 года.

4.2.6 Потери воды при заборе, подготовке, подаче, транспортировании и распределении следует определять для каждого элемента системы водоснабжения в соответствии с действующими НПА и ТНПА, в том числе настоящим техническим кодексом, [4] и СНБ 4.01.01, технической документацией оборудования, применяемого в системах водоснабжения.

Потери воды допускается принимать по статистическим данным предприятий-аналогов за последние 3 года.

4.2.7 Допускается не учитывать потери воды согласно 4.3.6, если они составляют менее 3 % от общего водопотребления предприятия.

4.2.8 Расходы воды на пожаротушение и требуемое минимальное избыточное давление в водопроводной сети объединенных и отдельных систем водоснабжения, обеспечивающих тушение пожаров на территории промышленных предприятий, следует устанавливать в соответствии с требованиями ТКП 45-2.02-138 (разделы 5 и 6).

4.2.9 Минимальное избыточное давление в водопроводной сети на вводах в здания при любых режимах водопотребления следует принимать не менее 0,1 МПа.

Допускается снижение давления в водопроводных сетях промышленных предприятий при обосновании достаточного уровня давления для эксплуатации системы водоснабжения.

4.2.10 Давление в водопроводной сети промышленных предприятий на вводах в здания не должно превышать 0,6 МПа.

При большем требуемом давлении для отдельных зданий, сооружений или отдельных потребителей следует предусматривать зонирование системы водоснабжения и устройство повысительных насосных станций.

4.2.11 Давление в наружной сети производственного водопровода следует принимать исходя из технологических требований.

4.2.12 При проектировании систем водоснабжения промышленных предприятий следует рассматривать технические решения, позволяющие снизить требуемое давление в наружных водопроводных сетях.

4.3 Источники водоснабжения

4.3.1 Выбор источника водоснабжения должен быть обоснован результатами топографических, гидрологических, гидрогеологических, гидрохимических, гидробиологических, гидротермических и других изысканий и санитарных обследований.

4.3.2 В качестве источника водоснабжения промышленных предприятий следует рассматривать:

- водотоки и водоемы;
- подземные воды;
- системы водоснабжения населенных пунктов и других предприятий;
- системы водоотведения — при возможности использования очищенных сточных вод.

4.3.3 При оценке возможности использования водных ресурсов и их достаточности для целей водоснабжения следует учитывать природоохранные и санитарные требования, а также положения СНБ 4.01.01 и ТКП 45-4.01-30.

Оценку достаточности водных ресурсов и их приемлемость для водоснабжения промышленного предприятия производят на основании гидрологических и гидрогеологических расчетов, результатов гидрохимических исследований, в том числе путем:

- составления водохозяйственных балансов при заборе воды из поверхностных источников — согласно [5], ТКП 17.06-03;
- оценки запасов подземных вод при заборе воды из подземных источников — согласно [6], ТКП 17.04-03, ТКП 17.04-04.

4.3.4 Использование подземных вод питьевого качества для целей, не связанных с удовлетворением питьевых, хозяйственно-бытовых и других нужд работников предприятий и населения, а также потребностей пищевой промышленности, как правило, не допускается.

При обосновании допускается использование этих вод для целей, не связанных с питьевым или хозяйственно-бытовым водоснабжением работников предприятий и населения, удовлетворением потребностей пищевой промышленности, по согласованию с территориальными органами государственного управления по природным ресурсам и охране окружающей среды в порядке, установленном в [1], [7] и [8].

4.3.5 В системе водоснабжения промышленных предприятий допускается использование нескольких источников с различными характеристиками.

4.3.6 Источниками питьевого водоснабжения, как правило, должны быть подземные воды, системы питьевого водоснабжения населенных пунктов и других предприятий, а также поверхностные воды.

Выбор источника питьевого водоснабжения должен производиться в соответствии с требованиями СТБ 1756, СНБ 4.01.01, ТКП 45-4.01-30.

4.3.7 При использовании в качестве источника водоснабжения промышленных предприятий систем водоснабжения населенных пунктов подключение и забор из них воды следует осуществлять согласно требованиям 4.3.4 и [9].

4.3.8 Качество очищенных сточных вод, при их использовании в системах водоснабжения на производственные нужды, должно соответствовать технологическим требованиям с учетом его влияния на выпускаемую продукцию и требованиям по обеспечению надлежащих санитарно-гигиенических условий для обслуживающего персонала.

4.4 Учет водопотребления и водомерные установки

4.4.1 Системы водоснабжения промышленных предприятий должны быть оснащены водомерными установками для измерения объема забираемой воды.

Водомерными установками оснащаются:

- водозаборные сооружения;
- присоединения систем водоснабжения промышленного предприятия к системам водоснабжения населенных пунктов и других предприятий;
- присоединения систем водоснабжения других предприятий (водопотребителей) или систем водоснабжения населенных пунктов к системе водоснабжения промышленного предприятия;
- другие сооружения, здания и технологическое оборудование — при необходимости организации учета водопотребления.

4.4.2 При заборе вод из подземных источников с использованием водозаборных скважин водомерные установки должны устраиваться на каждой скважине. При заборе подземных вод горизонтальными, лучевыми, комбинированными водозаборами, коптяжами, шахтными колодцами водомерные установки допускается размещать на напорных трубопроводах насосных станций первого подъема или насосных установок, подающих воду от указанных водозаборных сооружений.

4.4.3 На сооружениях для забора поверхностных вод водомерные установки, как правило, следует размещать на насосных станциях первого подъема.

При подаче воды на площадку промышленного предприятия по каналам, лоткам и другим безнапорным водоводам допускается размещение водомерных установок на указанных сооружениях с применением средств измерений расхода воды в открытых потоках.

4.4.4 Размещение водомерных установок на присоединениях систем водоснабжения промышленного предприятия к системам водоснабжения населенных пунктов выполняется согласно техническим условиям или договорам в соответствии с [9].

4.4.5 Размещение водомерных установок на присоединениях систем водоснабжения других предприятий (водопотребителей) или систем водоснабжения населенных пунктов к системе водоснабжения промышленного предприятия устанавливается на основании технических условий на подключение, договоров или других документов, разработанных в установленном порядке и регламентирующих присоединение других водопотребителей к системе водоснабжения промышленного предприятия.

4.4.6 Размещение водомерных установок в случаях, не указанных 4.4.2 – 4.4.5, определяется целями организации учета водопотребления, а также конструктивными и технологическими требованиями.

4.4.7 При использовании очищенных производственных, бытовых и поверхностных сточных вод для производственного водоснабжения сооружения для подачи вод указанных категорий в системы производственного водоснабжения промышленных предприятий допускается не оснащать водомерными установками.

4.4.8 Водомерные установки, размещаемые на напорных водоводах, следует устраивать в местах, где может обеспечиваться их надлежащая эксплуатация. Как правило, водомерные установки следует размещать в помещениях с искусственным или естественным освещением и температурой воздуха не ниже 5 °С. Допускается размещение таких водомерных установок вне зданий при соблюдении требований к условиям эксплуатации средств измерения и арматуры, установленных изготовителями.

4.4.9 Водомерные установки должны оснащаться расходомерами, счетчиками воды и другими средствами измерений, внесенными в Государственный реестр средств измерений Республики Беларусь, в соответствии с [10].

Выбор типа средства измерений расхода и (или) объема воды следует производить исходя из его назначения, величины измеряемого расхода, требований к точности измерений и условиям эксплуатации.

4.4.10 Метрологические характеристики средств измерений расхода и (или) объема воды при заборе из подземных источников и поверхностных водных объектов должны обеспечивать выполнение измерений с относительными погрешностями, не превышающими значений, установленных согласно [11].

Метрологические характеристики средств измерения расхода и (или) объема воды водомерных установок, размещаемых на присоединениях систем водоснабжения других предприятий (водопотребителей) или систем водоснабжения населенных пунктов к системе водоснабжения промышленного предприятия, устанавливаются в технических условиях на присоединение или других документах, разработанных в установленном порядке, регламентирующих присоединение других водопотребителей к системе водоснабжения промышленного предприятия.

4.4.11 Водомерные установки, оснащаемые крыльчатыми (по ГОСТ 6019) и (или) турбинными (по ГОСТ 14167) счетчиками воды, следует проектировать в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-52 с учетом указаний инструкций изготовителей по эксплуатации счетчиков.

Водомерные установки, оснащаемые средствами измерения расхода и (или) объема воды других типов следует проектировать в соответствии с требованиями инструкций изготовителей по эксплуатации и методик измерений, утвержденных в установленном порядке.

5 Водозаборные сооружения

5.1 Водозаборные сооружения (водозаборы) должны:

- обеспечивать забор из водоисточника расчетного расхода воды и подачу его потребителю;
- обеспечивать соответствие качества забираемой воды требованиям к питьевой воде согласно [12] или воде для производственного водоснабжения или возможность достижения требуемого качества экономически оправданными и надежными способами;
- удовлетворять санитарным и природоохранным требованиям;
- обеспечивать возможность проведения наблюдений, измерений, связанных с получением информации о количественных и качественных показателях забираемой воды и режима источника водоснабжения.

5.2 При использовании водозаборов в системах питьевого водоснабжения промышленных предприятий необходимо предусматривать зоны санитарной охраны источников водоснабжения в соответствии с ТКП 45-4.01-30, [2] и [13].

При заборе воды для производственного водоснабжения зоны санитарной охраны источников водоснабжения допускается не предусматривать по согласованию с органами государственного санитарного надзора.

5.3 Конструктивную схему водозабора поверхностных вод принимают в зависимости от требуемой категории надежности, морфологических, гидрологических и гидрохимических характеристик водного объекта источника водоснабжения с учетом природоохранных, санитарных требований и требований, связанных с комплексным использованием водных ресурсов.

5.4 Проектирование водозаборов из поверхностных источников следует осуществлять в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-30 и ТКП 45-4.01-198.

5.5 Мероприятия по охране водных ресурсов при проектировании водозаборов из поверхностных источников следует осуществлять в соответствии с требованиями СТБ 17.06.03-01, [1], [13] и [14].

5.6 Конструктивную схему водозабора подземных вод и вид сооружений принимают в зависимости от требуемой категории надежности, геологических, гидрогеологических и санитарных условий, взаимодействия их с другими существующими и проектируемыми водозаборами, с учетом природоохранных и санитарных требований.

5.7 Проектирование водозаборов из подземных источников следует осуществлять в соответствии с требованиями ТКП 17.04-21, ТКП 45-4.01-30, ТКП 45-4.01-199 и [6].

5.8 Мероприятия по охране водных ресурсов при проектировании водозаборов из подземных источников следует предусматривать в соответствии с требованиями ТКП 17.04-21, СТБ 17.1.3.06 и [1].

6 Водоводы, водопроводные сети и сооружения на них

6.1 Водопроводные сети промышленных предприятий следует проектировать объединенными или отдельными. Как правило, следует предусматривать:

- хозяйственно-питьевой водопровод;
- производственный водопровод;
- противопожарный водопровод.

Степень объединения водопроводных сетей промышленных предприятий следует определять путем рассмотрения и оценки технико-экономических расчетов вариантов проектных решений с учетом:

- требований к надежности подачи воды;
- вида источников водоснабжения;
- требований к давлению, количеству и качеству воды, режиму водопотребления;
- особенностей технологических процессов на предприятии, условий расположения предприятия, условий подключения к системам водоснабжения населенных пунктов и других предприятий.

6.2 Проектирование сетей противопожарного водопровода и объединенного противопожарного водопровода следует производить в соответствии с требованиями ТКП 45-2.02-138 и ТКП 45-2.02-139.

6.3 Соединение трубопроводов, подающих питьевую воду, с трубопроводами, подающими воду непитьевого качества, не допускается.

Допускается подпитка водопровода, подающего воду непитьевого качества, за счет подачи воды из питьевого водопровода с обеспечением воздушного разрыва согласно [15].

6.4 При присоединении систем водоснабжения промышленных предприятий к системам водоснабжения населенных пунктов и других предприятий, при необходимости, следует предусматривать устройство на водопроводных сетях напорно-регулирующих емкостей и насосных станций.

Необходимость устройства указанных сооружений следует определять на основании оценки:

- требуемых расходов и давления в водопроводной сети промышленного предприятия;
- допустимых отбираемых расходов из водопроводной сети населенных пунктов и (или) других предприятий;
- давления в водопроводной сети населенных пунктов и (или) других предприятий;
- необходимой степени водообмена в питьевых водопроводах.

6.5 Проектирование водоводов и водопроводных сетей, в том числе их трассировку, расположение трубопроводов в плане и вертикальной плоскости, следует производить в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-32, ТКП 45-4.01-197, ТКП 45-3.01-155, ТКП 45-3.01-116 и других действующих ТНПА, регламентирующими проектирование и строительство водопроводных сетей.

6.6 В системах водоснабжения промышленных предприятий допускается использовать резервуары, водонапорные башни, водонапорные колонны, гидропневматические установки и другие типы емкостных сооружений при обосновании.

6.7 Проектирование емкостей для хранения воды промышленных предприятий следует производить в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-32 и ТКП 45-4.01-197.

Регулирующий объем воды в емкостях производственного водоснабжения промышленных предприятий допускается назначать с учетом режима восполнения и водопотребления за промежуток времени, превышающий 1 сут.

6.8 Проектирование насосных станций в системах водоснабжения промышленных предприятий следует производить в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-32, ТКП 45-2.02-138, ТКП 45-2.02-139, ТКП 45-4.01-30, ТКП 45-4.01-199, ТКП 45-4.01-198, ТКП 45-4.01-200 и других действующих ТНПА, регламентирующими проектирование и строительство насосных станций.

6.9 Допускается устройство насосных установок и агрегатов в емкостных сооружениях и колодцах.

7 Сооружения водоподготовки

7.1 Общие требования к сооружениям водоподготовки промышленных предприятий

7.1.1 Метод обработки воды, состав и расчетные параметры сооружений водоподготовки следует устанавливать в зависимости от качества воды в источнике водоснабжения, требований к качеству обработанной воды, назначения системы водоснабжения, производительности станции и местных условий на основании данных технологических изысканий и опыта эксплуатации сооружений, работающих в аналогичных условиях.

7.1.2 Для подготовки питьевой воды для потребления в питьевых и хозяйственно-бытовых целях, а также для использования в процессах переработки продовольственного сырья и производства пищевых продуктов следует применять методы, материалы, реагенты и фильтрующие загрузки, разрешенные Министерством здравоохранения Республики Беларусь.

7.1.3 Проектирование сооружений водоподготовки для производственного водоснабжения котельных следует производить в соответствии с требованиями СНиП II-35.

7.2 Осветление и обесцвечивание воды

7.2.1 Проектирование сооружений осветления и обесцвечивания воды следует производить в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-31 и ТКП 45-4.01-180.

7.2.2 Для осветления воды следует применять:

- процеживание через сетки, сита, тканевые фильтры и микрофильтры;
- отстаивание;
- пропускание воды через слой взвешенного осадка;
- фильтрование;
- флотацию;
- обработку на гидроциклонах.

Допускается применение других методов осветления при обосновании.

Для интенсификации процесса осветления следует предусматривать дозирование коагулянтов и флокулянтов.

Выбор метода осветления и типа сооружений следует производить путем рассмотрения и оценки технико-экономических расчетов вариантов проектных решений с учетом качества исходной воды и требований к степени очистки.

7.2.3 Для обесцвечивания воды следует применять отстаивание, пропускание воды через слой взвешенного осадка, фильтрование, микропроцеживание, пропускание воды через загрузку из сорбентов. Для интенсификации процессов обесцвечивания следует предусматривать предварительную обработку воды окислителями (озон, перманганат калия и др.) с последующим дозированием коагулянтов и флокулянтов.

7.3 Обезжелезивание и обесмарганцевание воды

7.3.1 При обезжелезивании и обесмарганцевании воды следует руководствоваться требованиями ТКП 45-4.01-31 и ТКП 45-4.01-201.

7.3.2 Согласно ТКП 45-4.01-31, метод обезжелезивания, расчетные параметры и дозы реагентов следует принимать на основе результатов технологических изысканий, выполненных непосредственно у источника водоснабжения.

Выбор метода обезжелезивания следует производить в зависимости от форм железа, присутствующих в природных водах, из которых оно должно быть удалено.

7.3.3 Для обезжелезивания поверхностных вод, как правило, следует предусматривать использование реагентных методов с последующей фильтрацией.

Обезжелезивание подземных вод следует осуществлять фильтрованием в сочетании с одним из способов предварительной обработки воды:

- упрощенная аэрация;
- аэрация на специальных устройствах;
- коагуляция и осветление;
- введение реагентов-окислителей.

В качестве реагентов-окислителей следует использовать хлор, гипохлорит натрия или кальция, диоксид хлора, озон, перманганат калия. Допускается использовать другие реагенты-окислители при обосновании.

7.3.4 При обосновании допускается применять диализ, флотацию, электрокоагуляцию и другие методы. Удаление из воды железа ионным обменом допускается предусматривать при одновременном проведении обезжелезивания и умягчения воды.

7.3.5 Обесмарганцевание воды следует осуществлять одним из способов:

- глубокой аэрацией с последующим фильтрованием;
- каталитическим окислением и фильтрованием;
- фильтрованием через модифицированную загрузку;
- введением реагентов-окислителей с последующим фильтрованием.

При обосновании допускается применять другие методы удаления марганца. Удаление из воды марганца ионным обменом допускается предусматривать при одновременном проведении обезжелезивания и умягчения воды.

7.4 Умягчение воды

7.4.1 Выбор метода умягчения следует осуществлять исходя из качества исходной воды и требований к умягченной воде путем рассмотрения и оценки технико-экономических расчетов вариантов проектных решений.

Умягчение воды систем питьевого водоснабжения следует производить в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-31.

7.4.2 Для умягчения воды следует применять дозирование реагентов с последующими выделением соединений кальция и магния из воды, ионный обмен, нагревание воды, частичное обессоливание или их комбинацию:

— для устранения карбонатной жесткости — декарбонизацию известкованием или водород-катионитное умягчение с «голодной» регенерацией катионита;

— для устранения карбонатной и некарбонатной жесткости — известково-содовое, натрий-катионитное или водород-натрий-катионитное умягчение.

7.4.3 Термический метод умягчения воды целесообразно применять для устранения карбонатной жесткости воды, подаваемой для питания котлов низкого давления, а также в случаях, предусматривающих утилизацию теплоты, затраченной на нагревание обрабатываемой воды, в том числе в сочетании с реагентными методами умягчения воды.

7.4.4 Для термического умягчения воды допускается использовать термоумягчители. Время пребывания воды в термоумягчителе рекомендуется принимать от 30 до 45 мин, скорость восходящего потока воды во взвешенном слое — от 7 до 10 м/ч, скорость движения в отверстиях дна — от 0,10 до 0,25 м/с.

7.4.5 Умягчение воды реагентными методами следует производить путем дозирования реагентов, образующих с кальцием и магнием малорастворимые соединения, и последующим их отделением в осветлителях, тонкослойных отстойниках и осветлительных фильтрах.

В качестве реагентов допускается применять известь, кальцинированную соду, гидроксиды натрия и бария и другие вещества.

7.4.6 Умягчение воды известкованием рекомендуется применять при ее высокой карбонатной и низкой некарбонатной жесткости, а также в случае, когда не требуется удалять из воды соли, обуславливающие некарбонатную жесткость. В качестве реагента рекомендуется использовать известь в виде раствора или суспензии, которые подают в предварительно подогретую обрабатываемую воду.

7.4.7 Известково-содовый метод умягчения рекомендуется применять при удалении магниевой жесткости и производить умягчение в две стадии. Первоначально из воды следует удалить примеси органических веществ и большую часть солей, обуславливающих карбонатную жесткость, путем дозирования солей алюминия или железа, при условиях, оптимальных для коагуляции, а также части дозы извести. На второй стадии в воду следует добавить соду и остальную часть извести.

7.4.8 Контроль процесса умягчения воды следует осуществлять коррекцией показателя pH умягченной воды или по значению гидрокарбонатной щелочности, которую при декарбонизации следует поддерживать в пределах от 0,1 до 0,2 мг-экв/дм³, а при известково-содовом умягчении — от 0,3 до 0,5 мг-экв/дм³.

7.4.9 Фосфатирование рекомендуется применять для доумягчения воды после известково-содового умягчения. В качестве фосфатных реагентов рекомендуется применять гексаметафосфат, триполифосфат (ортофосфат) натрия и другие фосфорсодержащие реагенты.

Фосфатное умягчение рекомендуется осуществлять при подогреве воды до температуры в пределах от 105 °С до 150 °С.

7.4.10 Для реагентного умягчения воды следует использовать сооружения для приготовления и дозирования реагентов, смесители, тонкослойные отстойники или осветлители, фильтры и установки для стабилизационной обработки воды. Проектирование сооружений реагентной обработки воды следует производить в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-31.

7.4.11 Термохимические методы умягчения воды следует применять, как правило, при подготовке питательной воды паровых котлов и подпиточной воды систем теплоснабжения и горячего водоснабжения, а также в других случаях, предусматривающих утилизацию теплоты, затраченной на нагревание обрабатываемой воды.

При термохимическом методе умягчения следует предусматривать дозирование извести и соды с добавлением фосфатов или гидроксида натрия и соды при температуре выше 100 °С. Дополнительно к указанным реагентам допускается дозировать коагулянты.

Для обеспечения удаления некарбонатной жесткости соду рекомендуется добавлять с избытком.

7.4.12 Известково-доломитовый метод рекомендуется применять для одновременного умягчения и обескремнивания воды при температуре 120 °С. После дозирования известково-доломитового молока воду для осветления следует направлять в напорные осветлители и доочищать на напорных антрацитовых и натрий-катионитных фильтрах первой и второй ступени.

7.4.13 Основные характеристики и условия применения методов умягчения воды, а также порядок определения доз реагентов и параметров реакторов для умягчения воды известковым или известково-содовым методом приведены в приложении А.

7.5 Опреснение и обессоливание воды

7.5.1 Область применимости методов опреснения и обессоливания воды

7.5.1.1 Выбор метода опреснения и обессоливания воды следует осуществлять исходя из качества исходной воды, требований к обработанной воде на основании данных технологических изысканий, научных исследований с оценкой технико-экономических расчетов вариантов проектных решений.

7.5.1.2 При отсутствии данных технологических изысканий и исследований при выборе способа опреснения и обессоливания воды допускается использовать данные таблицы 7.1.

Таблица 7.1 — Область применимости методов опреснения и обессоливания воды

Способы опреснения и обессоливания	Общая минерализация воды, мг/дм ³	
	исходной	опресненной и обессоленной
Ионный обмен	Не более 2000	0,1–20,0
Дистилляция	Не ограничено	0,5–50,0
Электродиализ	1500–15 000	Не менее 500
Обратный осмос	Не более 40 000	10–1000

7.5.2 Ионный обмен

7.5.2.1 Обессоливание воды ионным обменом рекомендуется производить при:

- общей минерализации воды не более 2000 мг/дм³;
- суммарном содержании хлоридов и сульфатов не более 5 мг-экв/дм³;
- содержании взвешенных веществ не более 8 мг/дм³;
- цветности не более 30 градусов;
- перманганатной окисляемости не более 7 мг/дм³.

В случае несоответствия качества воды указанным требованиям ее необходимо подвергать предварительной подготовке.

7.5.2.2 Методы, технологические схемы и состав сооружений предварительной подготовки воды для ионного обмена следует принимать в зависимости от качества исходной воды и производительности станции.

Технологические режимы водоподготовки должны уточняться в процессе пусконаладочных работ и последующей эксплуатации.

7.5.2.3 Обессоливание воды ионным обменом следует производить последовательным пропуском через катионо- и анионообменные фильтры с их компоновкой по одно-, двух- или трехступенчатой схеме, в зависимости от требований к обработанной воде.

7.5.2.4 Порядок определения параметров сооружений ионообменного обессоливания воды приведен в приложении Б.

7.5.3 Дистилляция

7.5.3.1 Обессоливание воды дистилляцией следует производить нагреванием воды до температуры кипения, ее испарением и последующей конденсацией с получением дистиллята.

7.5.3.2 Для обессоливания воды дистилляцией следует использовать опреснительные дистилляционные одноступенчатые или многоступенчатые установки различных конструкций.

7.5.3.3 При выборе типа опреснительной дистилляционной установки предпочтение следует отдавать конструкциям, которые при той же производительности и качестве дистиллята имеют меньшие затраты теплоты, греющего пара и минимальную стоимость 1 м³ дистиллята.

7.5.3.4 При расчете опреснительных дистилляционных установок исходными данными являются: производительность установки по дистилляту, температура и энтальпия исходной воды.

В процессе расчета необходимо определить: необходимое количество аппаратов, расход греющего пара, потери теплоты, кратность концентрирования.

7.5.4 Мембранные методы

7.5.4.1 Выбор мембранного метода удаления примесей следует осуществлять исходя из качества исходной воды, требований к обработанной воде и технико-экономических расчетов. Группа мембранных методов обработки воды включает в себя обратный осмос, нанофильтрацию, ультрафильтрацию и микрофильтрацию. Классификация мембранных процессов разделения приведена в таблице 7.2.

Таблица 7.2 — Классификация мембранных методов удаления примесей

Процесс	Диаметр пор, мембран, мкм	Рабочее давление, МПа	Задерживаемые примеси	Незадерживаемые примеси
Микрофильтрация	От 0,08 до 2,00	От 0,007 до 0,100	Простейшие микроорганизмы (например, лямблии и криптоспории)	Коллоиды, вирусы, красители, пестициды, соли жесткости
Ультрафильтрация	От 0,005 до 0,200	От 0,07 до 0,70	Коллоиды, вирусы	Красители, соли жесткости, пестициды, растворимые минеральные соли
Нанофильтрация	От 0,001 до 0,010	От 0,5 до 1,0	Красители, соли жесткости, пестициды	Растворимые минеральные соли
Обратный осмос	От 0,0001 до 0,0010	От 0,85 до 7,00	Растворимые минеральные соли	—

7.5.4.2 Требования к исходной воде, подаваемой для обработки обратным осмосом, следует принимать по данным производителей мембран. При отсутствии таких данных следует принимать:

- pH — 3–10;
- мутность — не более 5 мг/дм³;
- перманганатную окисляемость — не более 3 мг/дм³;
- концентрацию нефтепродуктов — не более 0,5 мг/дм³;
- концентрацию сильных окислителей (активный хлор, озон, перманганат калия) — не более 0,1 г/дм³;
- концентрацию общего марганца — не более 0,05 мг/дм³;
- концентрацию общего железа — не более 0,3 мг/дм³;
- концентрацию соединений кремния — не более 0,5 мг/дм³;
- общую минерализацию — от 3 до 20 г/дм³;
- температуру — от 5 °С до 35 °С.

Присутствие сероводорода не допускается.

7.5.5 Электродиализ

7.5.5.1 Метод электродиализа следует применять при опреснении подземных и поверхностных вод с общей минерализацией от 1500 до 7000 мг/дм³ для получения воды с общей минерализацией не менее 500 мг/дм³. При обосновании допускается применение электродиализа для опреснения воды с общей минерализацией до 15 000 мг/дм³.

При необходимости получения воды с общей минерализацией до 500 мг/дм³ после электродиализной установки следует предусматривать обессоливание воды ионным обменом.

7.5.5.2 Требования к исходной воде, подаваемой для обработки на электродиализных установках, следует принимать по данным производителей электродиализаторов. При отсутствии таких данных следует принимать:

- содержание взвешенных веществ — не более 1,5 мг/дм³;
- цветность — не более 20 градусов;
- перманганатную окисляемость — не более 5 мг/дм³;
- концентрацию общего железа — не более 0,05 мг/дм³;
- концентрацию общего марганца — не более 0,05 мг/дм³;
- концентрацию боратов в пересчете на BO_2 — не более 3 мг/дм³;
- концентрацию брома — не более 0,4 мг/дм³.

Вода, не отвечающая этим требованиям, должна быть предварительно обработана.

Необходимость предварительного умягчения опресненной воды при общей жесткости более 20 мг-экв/дм³ должна обосновываться.

7.5.5.3 Определение расчетных параметров обработки воды и электродиализных установок для обессоливания воды следует принимать по данным, приведенным в приложении В.

7.6 Дегазация воды

7.6.1 Для удаления из воды газов следует предусматривать физические и химические методы дегазации с учетом содержания растворенных газов, качества исходной воды, требований к качеству обработанной воды, технико-экономических расчетов.

7.6.2 Аэрационный метод следует применять для удаления из воды диоксида углерода, метана и других газов. Для обработки воды аэрацией следует предусматривать брызгальные бассейны, градирни, эжекционные установки, пленочные, пенные, барботажные, вакуумно-эжекционные и вакуумные дегазаторы.

7.6.3 Для удаления кислорода из воды следует применять вакуумные и термические деаэраторы, обработку воды реагентами и обработку воды на мембранах.

Удаление кислорода на термических деаэраторах следует предусматривать, как правило, из питательной воды котлов и подпиточной воды систем теплоснабжения и горячего водоснабжения, а также в других случаях, предусматривающих утилизацию теплоты, затраченной на нагревание обрабатываемой воды.

Для обработки воды следует использовать деаэраторы по ГОСТ 16860, ГОСТ 27468. Допускается использование деаэраторов других конструкций при обосновании.

7.6.4 Мембранные методы допускается применять для удаления кислорода, диоксида углерода, азота, метана, сероводорода и других газов. Параметры систем с удалением газов на мембранах и требования к качеству исходной воды следует принимать в соответствии с рекомендациями производителей.

7.6.5 Химические методы дегазации воды осуществляют посредством дозирования в обрабатываемую воду реагентов, химически взаимодействующих с растворенными газами. Выбор реагентов следует производить в зависимости от цели водоподготовки и требований к качеству обработанной воды.

7.6.6 Для удаления сероводорода из воды следует применять аэрацию, при его концентрациях более 10 мг/дм³ — химический и биохимический методы.

7.6.7 Параметры дегазаторов, порядок определения доз реагентов для связывания и удаления газов приведены в приложении Г.

7.7 Удаление кремниевой кислоты

7.7.1 Для удаления кремниевой кислоты из воды следует предусматривать:

- реагентную обработку известкованием, растворами солей железа или алюминия, оксидом магния;
- фильтрование через каустический магнезит, обожженный и полуобожженный доломит;
- ионный обмен на высокоосновном анионите;
- ионный обмен на анионите с предварительным дозированием фторидных реагентов;
- электрохимическую обработку.

Выбор метода удаления кремниевой кислоты следует производить в зависимости от концентрации кремния в исходной воде, требований к эффекту очистки, цели использования обрабатываемой воды, технико-экономических расчетов.

7.7.2 При проектировании сооружений водоподготовки следует учитывать снижение концентрации кремниевой кислоты при умягчении, обессоливании и других процессах очистки воды.

7.7.3 Методы и расчетные параметры обработки воды для удаления кремниевой кислоты приведены в приложении Д.

7.8 Обеззараживание воды

7.8.1 В качестве методов обеззараживания воды в системах питьевого водоснабжения промышленных предприятий следует принимать, как правило, хлорирование, озонирование, бактерицидное облучение. Допускается применение других методов, согласованных с органами государственного санитарного надзора.

7.8.2 При обеззараживании воды непитьевого качества с целью обеспечения надлежащих санитарно-гигиенических условий для обслуживающего персонала следует использовать методы согласно 7.8.1 и [16].

7.8.3 Проектирование сооружений обеззараживания воды следует производить в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-31, ТКП 45-4.01-181.

При обеззараживании питьевой воды должны выполняться требования [12] к воде после обработки.

8 Охлаждающие оборотные системы водоснабжения

8.1 Общие требования к охлаждающим оборотным системам водоснабжения

8.1.1 Количество и тип охлаждающих оборотных систем водоснабжения на предприятии следует устанавливать с учетом технологии производства, требований, предъявляемых к качеству, температуре и давлению воды, размещения потребителей воды на генплане и очередности строительства.

Для уменьшения диаметра и протяженности трубопроводов водопроводных сетей следует рассматривать возможность применения на промышленном предприятии нецентрализованных охлаждающих систем оборотного водоснабжения по отдельным производствам, цехам или установкам с максимально возможным приближением их к потребителям воды.

8.1.2 При проектировании охлаждающих оборотных систем водоснабжения должна учитываться возможность использования низкопотенциального тепла нагретой воды.

8.1.3 Охлаждающие оборотные системы водоснабжения следует проектировать с отводом воды от технологических установок без разрыва струи с давлением, достаточным для подачи воды на охладители, за исключением случаев, когда разрыв струи обусловлен конструкцией установок.

8.1.4 В охлаждающих оборотных системах водоснабжения следует использовать природные и сточные воды при соответствующей водоподготовке. Использование очищенных сточных вод должно быть согласовано с органами государственного санитарного надзора.

8.1.5 При проектировании сетей и сооружений охлаждающих оборотных систем водоснабжения следует учитывать требования настоящего технического кодекса, ТКП 45-4.01-30 – ТКП 45-4.01-32, ТКП 45-4.01-52 и ТКП 45-3.01-155.

8.1.6 Обратная вода не должна вызывать коррозии труб, оборудования и теплообменных аппаратов, биологических обрастаний, выпадения взвесей и солевых отложений на поверхностях теплообмена.

Для обеспечения указанных требований следует предусматривать соответствующую очистку и обработку добавочной и оборотной воды.

8.1.7 Выбор состава и размеров сооружений и оборудования для очистки, обработки и охлаждения воды следует производить из условий максимальной нагрузки на эти сооружения.

8.2 Определение потерь воды в охлаждающих оборотных системах водоснабжения

8.2.1 Для охлаждающих оборотных систем водоснабжения должен составляться баланс воды, учитывающий потери, необходимые сбросы и добавления воды в систему для компенсации потерь из нее.

8.2.2 При составлении баланса в состав потерь воды из охлаждающих оборотных систем водоснабжения необходимо включать:

- безвозвратное потребление, в том числе отбор воды из системы на технологические нужды;
- безвозвратные потери воды на испарение при охлаждении, определяемые по 8.2.3;
- безвозвратные потери воды P_2 в брызгальных бассейнах, градирнях и оросительных теплообменных аппаратах вследствие уноса ветром, принимаемые по таблице 8.1;
- потери воды, связанные с обработкой воды на сооружениях водоподготовки оборотной воды, определяемые расчетами с учетом указаний настоящего технического кодекса, ТКП 45-4.01-31 и [3];
- потери воды на фильтрацию из водохранилищ-охладителей при водопроницаемых основаниях и фильтрующих ограждающих дамбах, определяемые расчетом на основании данных гидрогеологических изысканий. Потери воды на фильтрацию из брызгальных бассейнов и водосборных резервуаров градирен допускается не учитывать;
- сброс воды из системы (продувка), определяемый в зависимости от качества оборотной и добавочной воды, а также способа ее обработки.

Таблица 8.1

Охладитель	Потери воды P_2 вследствие уноса ветром, % расхода охлаждаемой воды
Вентиляторные градирни с водоуловительными устройствами: при отсутствии в оборотной воде токсичных веществ то же, при наличии	0,1–0,2 0,05
Башенные градирни без водоуловительных устройств и оросительные теплообменные аппараты	0,5–1,0
Башенные градирни с водоуловительными устройствами	0,01–0,05
Открытые и брызгальные градирни	1,0–1,5
Эжекционные градирни	1,2–1,7
Брызгальные бассейны производительностью, м ³ /ч: до 500 от 500 “ 5000 “ 5000	2–3 1,5–2,0 0,75–1,00
<i>Примечание</i> — Меньшие значения потерь следует принимать для охладителей большей производительности, а также для расчетов обработки охлаждаемой воды в целях предотвращения карбонатных отложений.	

8.2.3 Потери воды на испарение при охлаждении $q_{\text{исп}}$, м³/ч, следует вычислять по формуле

$$q_{\text{исп}} = K_{\text{исп}} \Delta t q_{\text{охл}}, \quad (8.1)$$

где $K_{\text{исп}}$ — коэффициент, учитывающий долю теплоотдачи испарением в общей теплоотдаче, принимаемый для брызгальных бассейнов и градирен в зависимости от температуры воздуха (по сухому термометру) по таблице 8.2, а для водохранилищ-охладителей — по таблице 8.3 в зависимости от естественной температуры в водотоке;

Δt — перепад температуры воды в охладителе, °С;

$q_{\text{охл}}$ — расход оборотной воды, м³/ч.

Таблица 8.2

Температура воздуха, °С	0	10	20	30	40
Коэффициент $K_{\text{исп}}$ для градирен и брызгальных бассейнов	0,001	0,0012	0,0014	0,0015	0,0016
<i>Примечание</i> — Для промежуточных значений температуры $K_{\text{исп}}$ определяют интерполяцией.					

Таблица 8.3

Температура воды, °С, в реке или канале, впадающих в водохранилище	0	10	20	30	40
Коэффициент $K_{\text{исп}}$ для водохранилищ-охладителей	0,0007	0,0009	0,0011	0,0013	0,0015
<i>Примечание</i> — Для промежуточных значений температуры $K_{\text{исп}}$ определяют интерполяцией.					

Перепад температуры воды в охладителе Δt , °С, вычисляют по формуле

$$\Delta t = t_1 - t_2, \quad (8.2)$$

где t_1 — температура воды, поступающей на охладитель (в водохранилище, брызгальный бассейн или градирню), °С;

t_2 — температура охлажденной воды, °С.

При охлаждении продукта в теплообменных аппаратах оросительного типа потери воды на испарение, вычисленные по формуле (8.1), следует увеличивать в 2 раза.

Потери воды на естественное испарение в водохранилищах-охладителях следует определять в соответствии с требованиями ТКП 17.10-27.

8.3 Предотвращение механических отложений

8.3.1 Возможность и интенсивность образования механических отложений в резервуарах гради-рен и в теплообменных аппаратах следует определять на основе опыта эксплуатации систем оборотного водоснабжения, расположенных в данном районе, работающих на воде данного источника, или исходя из данных о концентрации и гранулометрическом составе (гидравлической крупности) механических загрязнений воды и воздуха.

Для предотвращения и удаления механических отложений в теплообменных аппаратах следует предусматривать периодическую гидроимпульсную или гидропневматическую очистку их в процессе работы, а также частичное осветление оборотной воды.

8.3.2 Вода поверхностных источников, используемая в качестве добавочной в охлаждающих оборотных системах водоснабжения, должна подвергаться осветлению в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-31.

8.4 Предотвращение цветения воды и биологических обрастаний

8.4.1 Для предотвращения цветения воды в водохранилищах-охладителях следует предусматривать мероприятия по снижению поступления в водохранилище-охладитель биогенных элементов, интенсифицирующих процессы размножения водорослей, в том числе путем обработки оборотной воды, а также использование биологических способов, подавляющих развитие водорослей.

Обработка воды водохранилищ-охладителей химическими методами допускается по согласованию с органами по охране природных ресурсов и органами государственного санитарного надзора. При использовании водохранилищ-охладителей для рыборазведения обработку в них воды химическими методами следует дополнительно согласовывать с рыбохозяйственными предприятиями.

8.4.2 Обработку химическими методами оборотной воды, отводимой на охлаждение в водохранилища-охладители, следует производить с учетом природоохранных требований согласно [17].

8.4.3 Для предупреждения развития бактериальных биологических обрастаний в теплообменных аппаратах и трубопроводах следует применять хлорирование оборотной воды. Дозу хлора следует определять по опыту эксплуатации систем водоснабжения на воде данного источника или исходя из хлоропоглощаемости добавочной воды. Порядок определения доз хлора для обработки оборотной воды приведен в приложении Е.

8.4.4 Хлораторные установки для обработки охлаждающей воды и расходные склады следует проектировать в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-31.

Резервные хлораторы допускается не предусматривать. Подачу хлорной воды от хлораторов следует производить в приемную камеру охлажденной воды.

При высокой хлоропоглощаемости воды и большой протяженности трубопроводов системы оборотного водоснабжения допускается рассредоточенный ввод хлорной воды в нескольких точках системы.

8.4.5 В целях предупреждения обрастания водорослями гради-рен, брызгальных бассейнов и оросительных теплообменных аппаратов необходимо применять периодическую обработку охлаждающей воды раствором медного купороса. Порядок определения доз медного купороса для обработки оборотной воды приведен в приложении Е.

8.4.6 Для предупреждения биологического обрастания гради-рен, брызгальных бассейнов и оросительных холодильников следует дополнительно производить периодическое хлорирование воды перед поступлением в охладители. Дополнительную обработку воды хлором следует производить одновременно или после обработки ее раствором медного купороса.

8.4.7 Баки, лотки, трубопроводы, оборудование и запорная арматура, соприкасающиеся с раствором медного купороса, должны проектироваться из коррозионностойких материалов.

8.5 Предотвращение карбонатных отложений

8.5.1 Требования настоящего подраздела распространяются на проектирование в охлаждающих оборотных системах водоснабжения теплообменных аппаратов, машин и агрегатов, в которых охлаждающая вода не доводится до температуры кипения у поверхности теплообмена и нагревание охлаждающей воды не превышает температуру 60 °С при использовании пресных вод и очищенных сточных вод.

При нагреве воды свыше 60 °С и ее местном кипении у поверхностей теплообмена следует принимать умягчение добавочной воды на ионообменных фильтрах с использованием натрий-катионирования или водород-катионирования с «голодной» регенерацией. Допускается применение известкования с последующим подкислением или фосфатированием.

8.5.2 Обработку воды для предотвращения карбонатных отложений следует предусматривать при условии

$$\text{Щ}_{\text{доб}} K_{\text{к.с}} \geq 3, \quad (8.3)$$

где $\text{Щ}_{\text{доб}}$ — щелочность добавочной воды, мг-экв/дм³;

$K_{\text{к.с}}$ — коэффициент концентрирования солей, не выпадающих в осадок.

Коэффициент концентрирования солей $K_{\text{к.с}}$ следует вычислять по формуле

$$K_{\text{к.с}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{P_2 + P_3}, \quad (8.4)$$

где P_1 — потери воды из системы на испарение, % расхода оборотной воды;

P_2 — потери воды из системы на унос ветром, % расхода оборотной воды;

P_3 — потери воды из системы на сброс (продувку), % расхода оборотной воды.

При определении коэффициента концентрирования солей также следует учитывать безвозвратное потребление, в том числе отбор воды из системы на технологические нужды, потери воды и изменение общей минерализации оборотной воды, связанные с ее водоподготовкой.

8.5.3 Для предотвращения карбонатных отложений в охлаждающих оборотных системах водоснабжения следует принимать реагентные и безреагентные методы обработки воды. Из реагентных методов следует рассматривать дозирование комплексонов, подкисление, рекарбонизацию, фосфатирование полифосфатами и комбинированную фосфатно-кислотную обработку. Допускается применение фосфорорганических соединений.

Из безреагентных методов следует рассматривать магнитную и ультразвуковую обработку воды.

Области применения указанных методов обработки воды для предотвращения карбонатных отложений следующие:

— подкисление — при любых значениях щелочности и общей жесткости природных вод и коэффициента концентрирования солей в системах;

— фосфатирование — при щелочности добавочной воды $\text{Щ}_{\text{доб}}$ не более 5,5 мг-экв/дм³;

— комбинированная фосфатно-кислотная обработка воды — в случаях, когда фосфатирование не предотвращает карбонатных отложений или величина продувки экономически нецелесообразна;

— рекарбонизация дымовыми газами или газообразным диоксидом углерода — при щелочности добавочной воды до 3,5 мг-экв/дм³ и коэффициенте концентрирования солей не более 1,5;

— дозирование комплексонов — при значениях щелочности и других параметров, указываемых производителями комплексонов. При отсутствии таких данных дозирование комплексонов следует применять при щелочности не более 7 мг-экв/дм³, pH не более 8,5 и при концентрации железа не более 0,5 мг/дм³.

Дозы реагентов для предотвращения карбонатных отложений приведены в приложении Ж.

Область применения безреагентных методов следует определять согласно рекомендациям производителей оборудования для магнитной и ультразвуковой обработки воды.

8.6 Предотвращение сульфатных отложений

8.6.1 Для предотвращения отложений сульфата кальция произведение активных концентраций ионов Ca^{2+} и SO_4^{2-} в оборотной воде не должно превышать произведения растворимости сульфата кальция (см. приложение Ж).

8.6.2 Для поддержания значений произведения активных концентраций ионов Ca^{2+} и SO_4^{2-} в указанных пределах следует принимать соответствующий коэффициент концентрирования оборотной воды путем изменения величины продувки системы или частичного снижения концентраций ионов $[\text{Ca}^{2+}]$ и $[\text{SO}_4^{2-}]$ в добавочной воде.

8.6.3 Для борьбы с сульфатными отложениями в системах оборотного водоснабжения следует применять обработку воды триполифосфатом натрия дозой 10 мг/дм³ в пересчете на PO_4^{3-} или карбоксиметилцеллюлозой дозой 5 мг/дм³.

8.7 Мероприятия по предотвращению коррозии

8.7.1 Для предотвращения коррозии трубопроводов и теплообменных аппаратов следует применять конструкционные материалы, устойчивые к коррозионному воздействию, в том числе неметаллические трубы, обработку воды ингибиторами, защитные покрытия.

8.7.2 При применении ингибиторов и защитных покрытий в системах оборотного водоснабжения следует предусматривать очистку теплообменных аппаратов и трубопроводов от отложений и обрастаний.

8.7.3 В качестве ингибиторов следует применять триполифосфат натрия, гексаметафосфат натрия, трехкомпонентную композицию (гексаметафосфат или триполифосфат натрия, сульфат цинка и бихромат калия), силикат натрия, комплексоны и др.

При обосновании допускается применять нитрит натрия и фосфорорганические соединения.

Наиболее эффективный вид ингибитора коррозии следует определять в каждом конкретном случае опытным путем.

8.7.4 При использовании триполифосфата и гексаметафосфата натрия для создания защитной фосфатной пленки концентрацию ингибиторов в охлаждающей воде в течение 2–3 сут принимают 100 мг/дм³ в пересчете на P₂O₅, в добавочной воде для поддержания фосфатной пленки — от 7 до 15 мг/дм³ в пересчете на P₂O₅. При этом скорость движения воды в теплообменных аппаратах должна быть не менее 0,3 м/с.

8.7.5 При применении трехкомпонентного ингибитора дозу бихромата калия следует принимать от 2 до 4 мг/дм³ в пересчете на CrO₄²⁻, сульфата цинка — от 1,5 до 3,0 мг/дм³ в пересчете на Zn²⁺, гексаметафосфата или триполифосфата натрия — от 3 до 5 мг/дм³ в пересчете на PO₄³⁻. Скорость движения воды в системе должна быть не менее 0,5 м/с.

При обработке оборотной воды хромсодержащими ингибиторами следует предусматривать мероприятия по выполнению природоохранных и санитарных требований, связанных с поступлением хрома в атмосферный воздух рабочей зоны при уносе ветром капель воды из градирен, а также при отведении продувочной воды в водные объекты.

8.7.6 При использовании силиката натрия дозу в пересчете на SiO₂ следует принимать равной 10 мг/дм³, при высоких концентрациях хлоридов и сульфатов (500 мг/дм³ и более) дозу необходимо увеличивать до 30–40 мг/дм³.

8.7.7 Выбор методов защиты наружной поверхности стальных труб от коррозии должен быть обоснован данными о коррозионных свойствах грунта, а также данными о возможности коррозии, вызываемой блуждающими токами. Защиту от наружной коррозии стальных трубопроводов следует предусматривать в соответствии с требованиями ГОСТ 9.602 и ТКП 45-2.01-111.

8.7.8 С целью исключения коррозии и зарастания стальных водоводов и водопроводной сети с диаметром трубопроводов 300 мм и более необходимо предусматривать защиту внутренней поверхности таких трубопроводов покрытиями: цементно-песчаным, лакокрасочным, цинковым и др. [18].

8.7.9 Защиту от коррозии бетона цементно-песчаных покрытий труб со стальным сердечником, вызываемой воздействием сульфат-ионами, следует предусматривать в виде антикоррозионных покрытий в соответствии с требованиями ТКП 45-5.09-33 и ТКП 45-2.01-111.

8.7.10 Защита труб со стальным сердечником от коррозии, вызываемой блуждающими токами, должна предусматриваться в соответствии с требованиями ТКП 45-2.01-111 (раздел 5.6) в части защиты железобетонных конструкций от коррозии, вызываемой блуждающими токами.

8.8 Охладители оборотной системы

8.8.1 Для охлаждения воды в охлаждающих оборотных системах водоснабжения следует предусматривать охладители. В качестве охладителей следует использовать водохранилища-охладители, испарительные (открытые, башенные, вентиляторные, эжекторные) и радиаторные градирни, брызгальные бассейны.

Тип и размеры охладителя должны приниматься с учетом:

- расчетных расходов воды;
- расчетной температуры охлажденной воды, перепада температуры воды в системе и требований технологического процесса к устойчивости охладительного эффекта;
- режима работы охладителя (постоянный или периодический);
- расчетных климатических параметров;
- условий размещения охладителя на площадке предприятия, характера застройки окружающей территории, допустимого уровня шума, влияния уноса ветром капель воды из охладителей на окружающую среду;
- химического состава добавочной и оборотной воды и др.

8.8.2 Область применения охладителей приведена в таблице 8.4.

Таблица 8.4

Охладитель	Область применения охладителей		
	Удельная тепловая нагрузка, МДж/(м ² /ч)	Перепад температуры воды, °С	Разность температуры охлажденной воды и температуры атмосферного воздуха по смоченному термометру, °С
Вентиляторные градирни	335 и более	3–20	4–5
Башенные градирни	250–420	5–15	8–10
Брызгальные бассейны	20–85	5–10	10–12
Водохранилища-охладители	0,8–1,7	5–10	6–8
Радиаторные (сухие) градирни	—	5–10	20–35
Открытые и брызгальные градирни	30–63	5–10	10–12
Эжекционные градирни	134–200	5–15	5–7
<i>Примечание</i> — Показатели приведены для воды, поступающей на охладитель, с температурой не выше 45 °С.			

8.8.3 Технологические расчеты градирен и брызгальных бассейнов следует производить исходя из климатических параметров теплого периода года согласно СНБ 2.04.02 по температуре воздуха и относительной влажности воздуха, при обеспеченности от 0,90 до 0,99. Выбор обеспеченности в зависимости от категории водопотребителя производят в соответствии с таблицей 8.5.

Таблица 8.5

Категория водопотребителя	Степень ухудшения технологического процесса производства или работы оборудования в результате превышения температуры охлажденной воды относительно расчетной	Обеспеченность климатических параметров при расчете охладителей воды по СНБ 2.04.02
I	Нарушение технологического процесса производства в целом и, как следствие, значительные убытки	0,99
II	Допускаемое временное нарушение технологического процесса отдельных установок	0,95
III	Временное снижение экономичности технологического процесса производства в целом и отдельных установок	0,90

Значения относительной влажности воздуха для обеспеченности 0,99; 0,95 и 0,90 следует определять по данным обработки метеорологических наблюдений ближайших станций. Допускается определять значение относительной влажности воздуха для обеспеченности 0,99; 0,95 и 0,90 путем умножения средней месячной относительной влажности воздуха наиболее теплого месяца (июля) согласно СНБ 2.04.02 на коэффициент пересчета, принимаемый по таблице 8.6.

Таблица 8.6

Обеспеченность климатических параметров при расчете охладителей воды по СНБ 2.04.02	Коэффициент пересчета
0,99	0,915
0,95	1,0
0,90	1,074

8.8.4 Технологические расчеты градирен необходимо выполнять по методике, учитывающей тепломассообмен в активной зоне охлаждения и аэродинамические сопротивления градирни, или по графикам, составленным на основании экспериментальных данных.

8.8.5 Технологические расчеты охлаждающей способности брызгальных бассейнов и открытых градирен следует выполнять по графикам, составленным на основании экспериментальных данных.

8.8.6 Технологические расчеты радиаторных градирен выполняют по методике, принятой для расчета теплообменных аппаратов с оребренными трубами с воздушным охлаждением, или по методикам, используемым для расчета других конструкций теплообменных аппаратов.

8.8.7 Технологические расчеты водохранилищ-охладителей для тепловых и атомных электростанций должны выполняться исходя из среднемесячных гидрологических и метеорологических условий года обеспеченностью 0,50 с учетом теплоаккумулирующей способности водохранилища, графиков нагрузки и ремонта оборудования. Для летнего периода года обеспеченностью 0,50 и года обеспеченностью 0,90 проверяют мощность оборудования, устанавливают пределы и длительность ограничения мощности по максимальным суточным температурам охлаждающей воды. При использовании для охлаждения воды существующих водоемов другого назначения необходимо учитывать особенности пространственного формирования температурного режима в естественных условиях и при сбросе подогретой воды.

8.8.8 При наличии в оборотной воде примесей, агрессивных по отношению к материалам конструкций градирен и брызгальных бассейнов, должны предусматриваться: обработка воды, применение противокоррозионных покрытий конструкций или материалов, устойчивых к коррозионному воздействию.

8.8.9 Глубину воды в брызгальных бассейнах и водосборных резервуарах градирен следует принимать не менее 1,7 м. При обосновании допускается принимать глубину воды в брызгальных бассейнах менее 1,7 м.

Расстояние от уровня воды до верхней кромки борта бассейна или резервуара следует принимать не менее 0,3 м. Для градирен, располагаемых на покрытиях зданий, допускается устройство поддонов с глубиной воды в них не менее 0,15 м.

8.8.10 Водосборные резервуары градирен и брызгальные бассейны необходимо оборудовать отводящими, спускными и переливными трубопроводами, а также сигнализацией минимального и максимального уровней воды. На отводящем трубопроводе следует предусматривать сороудерживающую решетку с прозорами не более 30 мм. Днища водосборных резервуаров и брызгальных бассейнов должны иметь уклон не менее 0,01 в сторону прямка со спускной трубой.

8.8.11 На подающем и отводящем трубопроводах брызгальных бассейнов следует предусматривать запорные устройства для выключения бассейнов на период очистки и ремонта.

8.8.12 Вокруг водосборных резервуаров градирен и брызгальных бассейнов следует предусматривать водонепроницаемое покрытие шириной не менее 2,5 м с уклоном от данных сооружений и кюветы для отвода воды, выносимой ветром из входных окон градирен и брызгальных бассейнов.

8.8.13 Размещение охладителей на площадках предприятий необходимо предусматривать исходя из условий обеспечения свободного доступа к ним воздуха, а также наименьшей протяженности трубопроводов и каналов. При этом следует учитывать направления зимних ветров для исключения обмерзания зданий и сооружений (для градирен и брызгальных бассейнов).

8.8.14 Минимальное расстояние между охладителями воды и зданиями и сооружениями, а также между охладителями необходимо принимать согласно ТКП 45-3.01-155 (4.1.30).

8.9 Автоматизация систем оборотного водоснабжения

8.9.1 Для охлаждающих оборотных систем водоснабжения с переменным расходом воды следует рассматривать возможность регулирования подачи воды насосами, в том числе посредством использования частотного регулирования электропривода.

8.9.2 На насосных станциях оборотного водоснабжения следует предусматривать автоматическое включение и переключение резервных насосов охлажденной и нагретой воды; автоматическое включение и отключение насосов нагретой воды в зависимости от уровня воды в приемных камерах (при наличии перепускной трубы между камерами нагретой и охлажденной воды); регулирование подачи насосами нагретой воды; отключение одного или нескольких насосов при аварийном снижении уровня воды в приемной камере (при отсутствии перепускной трубы).

8.9.3 Управление вентиляторами градирен, как правило, следует предусматривать из насосной станции оборотного водоснабжения. Необходимо предусматривать возможность работы каждого вентилятора в режимах дистанционного и автоматического управления и, при необходимости, с возможностью регулирования частоты вращения.

Целесообразность регулирования системы оборотного водоснабжения должна подтверждаться технико-экономическим расчетом.

8.9.4 При автоматизации охлаждающих оборотных систем водоснабжения, как правило, следует предусматривать контроль уровня воды в приемных камерах охлажденной и нагретой воды, подачи охлажденной и нагретой воды, давления и температуры в трубопроводах охлажденной и нагретой воды, уровня воды в дренажном приямке насосной станции.

При дозировании в оборотную воду реагентов следует предусматривать контроль технологических параметров реагентной обработки. Выбор контролируемых параметров следует осуществлять с учетом вида используемых реагентов и способа обработки оборотной воды.

8.10 Градирни

8.10.1 Градирни следует применять в системах оборотного водоснабжения, требующих устойчивого и глубокого охлаждения воды при высоких удельных гидравлических и тепловых нагрузках.

При необходимости сокращения объемов строительных работ, маневренного регулирования температуры охлажденной воды, автоматизации для поддержания заданной температуры охлажденной воды или охлаждаемого продукта следует применять вентиляторные градирни.

На застроенных территориях допускается применять вентиляторные градирни на покрытиях зданий.

В районах с ограниченными водными ресурсами, а также для предотвращения загрязнения оборотной воды токсичными веществами и защиты окружающей среды от их воздействия следует рассматривать возможность применения радиаторных (сухих) градирен или смешанных (сухих и вентиляторных) градирен.

8.10.2 Для обеспечения наиболее высокого эффекта охлаждения оборотной воды следует применять градирни с пленочным оросителем.

При наличии в оборотной воде жиров, смол и нефтепродуктов следует применять градирни с капельным оросителем; при наличии взвешенных веществ, образующих отложения, не смываемые водой, — брызгальные градирни.

8.10.3 Оросители следует предусматривать в виде блоков, конструкция и расположение которых должны обеспечивать равномерное распределение потоков воды и воздуха по площади градирни.

8.10.4 Систему распределения воды следует принимать напорной трубчатой. Допускается применение лотков при обосновании.

8.10.5 Расположение сопел на трубах распределительной системы должно обеспечивать равномерное распределение воды по площади градирни над оросителем.

8.10.6 Сопла и форсунки при проектировании градирен необходимо подбирать исходя из их пропускной способности, размеров факела разбрызгивания и диаметра капель с учетом риска засорения примесями, содержащимися в оборотной воде, и коррозионной стойкости.

При установке сопел с нижним расположением выходного отверстия расстояние от сопел до верха капельного или пленочного оросителя следует принимать от 0,8 до 1,0 м. При верхнем расположении выходного отверстия сопел расстояние от верха факела брызг до низа водоуловителя должно быть не менее 0,5 м.

Расстояние от водораспределительных труб до верха капельного или пленочного оросителя следует принимать от 0,3 до 0,5 м.

Чтобы избежать попадания воды на наружную обшивку градирни при давлении воды перед соплами более 0,03 МПа, крайние ряды сопел целесообразно устанавливать под углом к вертикали от 30° до 45° внутрь градирни и, при необходимости, предусматривать монтаж защитного экрана.

8.10.7 В брызгальных градирнях допускается устанавливать сопла на двух и более ярусах по высоте, при расстоянии между ярусами от 1,0 до 1,5 м. При обосновании допускается увеличение расстояния между ярусами.

8.10.8 Диаметр магистрального трубопровода водораспределительной системы назначают из расчета скорости движения воды в трубах не более 1,5 м/с. В распределительных трубопроводах допускается увеличение скорости движения воды до 2 м/с.

8.10.9 Водораспределительные устройства башенных градирен, как правило, следует устраивать в виде системы напорных трубопроводов с ортогональной или радиальной конфигурацией распределительных трубопроводов. Магистральные трубопроводы водораспределительных устройств следует устраивать из стальных труб, распределительные трубопроводы и патрубки допускается выполнять из труб, изготовленных из других материалов.

Водораспределительные устройства следует рассчитывать с учетом обеспечения эффективного распределения воды по сечению градирни в диапазоне удельных гидравлических нагрузок, характерных для режима эксплуатации градирни.

8.10.10 Высоту оросителя открытой капельной градирни следует принимать не более 10 м при количестве ярусов оросителей от 10 до 12. Расстояние между ярусами оросителя по высоте следует принимать от 0,75 до 0,90 м.

8.10.11 Ширина активной зоны оросителя без учета жалюзи должна быть не более 4 м. Распределение воды по площади оросителя открытой капельной градирни следует предусматривать в виде напорной трубчатой системы с разбрызгивающими соплами. Допускается применение безнапорной распределительной системы в виде желобов со сливными трубками и разбрызгивающими розетками.

8.10.12 Водораспределительную систему, как правило, следует выполнять двухзонной:

- верхняя зона — для летних (расчетных) условий эксплуатации;
- нижняя зона — для зимних условий эксплуатации.

Нижнюю зону водораспределительной системы допускается устраивать упрощенной конструкции, без разбрызгивания, с распределением воды из перфорированных или дырчатых труб (или из переливных желобов с зубчатыми бортами).

8.10.13 Открытые брызгальные градирни следует предусматривать со свободным оросительным пространством над водосборным бассейном. Водораспределительную систему открытых брызгальных градирен следует выполнять трубчатой, с соплами различной конструкции.

Расстояние между рядами сопел следует назначать в зависимости от их конструкции и размеров градирни. Расстояние от крайних сопел до жалюзи ограждения следует принимать не менее 0,6 м с учетом диаметра факела разбрызгивания сопла.

8.10.14 Сопла следует устанавливать на высоте 2,0 м от уровня воды в водосборном бассейне при направлении факела разбрызгивания вверх или на высоте 4,0 м — при направлении факела разбрызгивания вниз.

8.10.15 Водосборный бассейн открытых градирен выполняют под всем оросителем на ширину активной зоны. В зонах жалюзи следует предусматривать водосборную розетку с уклоном в сторону бассейна для стока воды и с ограждающим по внешнему контуру бортиком.

8.10.16 Применение эжекторных градирен следует предусматривать также при необходимости подачи на охладитель нагретой воды с температурой выше 45 °С — при расходе охлаждаемой воды до 500 м³/ч. Допускается замена оросителей в башенных и вентиляторных градирнях эжекторными охладительными элементами, при обосновании.

8.10.17 Для предотвращения выноса из градирни капель воды следует устанавливать водоуловительные устройства над водораспределительными системами.

8.10.18 Конструкция и расстановка водоуловительных устройств должны обеспечивать отсутствие сквозных вертикальных щелей (оптическую плотность) по всей площади градирни, при этом вынос капель воды не должен превышать: 0,2 % расхода оборотной воды при отсутствии в ней токсичных веществ, 0,05 % расхода оборотной воды — при наличии токсичных веществ.

8.10.19 Водоуловители в градирнях следует устанавливать над водораспределительными системами на расстоянии от 0,5 до 2,0 м. Водоуловители в вентиляторных градирнях следует размещать на расстоянии от рабочего колеса вентилятора не менее 0,5 диаметра рабочего колеса вентилятора. При этом наклон верхнего ряда лопаток водоуловителя должен быть направлен к центру градирни или в обратную сторону вращения вентилятора.

Водоуловители в башенных градирнях, как правило, следует принимать жалюзийного типа, с прямолинейным или криволинейным очертанием лопаток.

8.10.20 При расположении градирен на покрытиях зданий, необходимо предусматривать жалюзи на воздухоходных окнах градирен.

8.10.21 Конструкция обшивки каркаса градирни должна исключать возможность подсасывания наружного воздуха.

8.10.22 Вентиляторные градирни следует устраивать многосекционными, с забором воздуха с двух сторон, или односекционными, с забором воздуха по всему периметру.

8.10.23 Площадь воздухоходных окон градирни должна составлять от 34 % до 45 % площади градирни в плане.

8.10.24 Форму градирен в плане следует принимать для секционных вентиляторных градирен — квадратную или прямоугольную с соотношением сторон не более 4:3, для односекционных и башенных градирен — круглую, многоугольную или квадратную.

8.10.25 Для градирен необходимо предусматривать мероприятия против обледенения. Окна для поступления воздуха в градирню должны быть оборудованы устройствами для регулирования потока входящего в градирню воздуха в зимний период.

Для предотвращения обледенения градирен в зимнее время необходимо предусматривать возможность повышения тепловой и гидравлической нагрузок за счет отключения части секций или градирен и уменьшения подачи холодного воздуха в ороситель. По периметру башни на уровне верха входного окна может быть уложен кольцевой трубопровод нагретой воды.

Допускается повышение тепловой и гидравлической нагрузки в периферийной зоне оросителя.

Минимальную тепловую нагрузку следует определять для температуры воздуха для наиболее холодных суток обеспеченностью от 0,99 до 0,90 согласно СНБ 2.04.02. Для поддержания температуры охлажденной воды не ниже 5 °С в зимнее время следует предусматривать устройства для сброса теплой воды в водосборный резервуар градирни.

8.10.26 Радиаторные градирни следует предусматривать в виде сооружений, включающих систему радиаторов, вентиляторов, прокачивающих атмосферный воздух через радиаторы, воздухоподводящих патрубков, обеспечивающих плавный подвод воздуха к вентилятору, и опорных конструкций.

Радиаторные градирни следует применять:

- при необходимости обеспечения закрытого, изолированного от атмосферного воздуха контура циркуляции воды в охлаждающей оборотной системе водоснабжения;
- при высоких температурах нагрева оборотной воды в теплообменных технологических аппаратах, не допускающих ее охлаждения в градирнях испарительного типа;
- при невозможности восполнения потерь воды в охлаждающей оборотной системе водоснабжения вследствие ограничения доступа к источникам свежей воды.

Для предупреждения замерзания воды в трубках радиаторов и их повреждения следует предусматривать устройство емкостей для спуска воды из системы при аварийных ситуациях в зимнее время или заполнение системы жидкостями с низкой температурой замерзания.

8.10.27 Конструкции градирен следует принимать:

- каркас — из железобетона, стали или дерева;
- обшивку — из дерева, асбестоцементных или пластмассовых листов;
- ороситель — из дерева, асбестоцемента или пластмассы;
- водоуловительные устройства — из дерева, пластмассы или асбестоцемента;
- водосборные резервуары — из железобетона.

Деревянные конструкции должны быть обработаны невымываемыми антисептиками, при применении древесины мягколиственных пород — модифицированы (пропитаны специальными растворами). Металлические конструкции должны быть защищены антикоррозионными покрытиями в соответствии с требованиями ТКП 45-2.01-111 и ТКП 45-5.09-33.

Конструкции башенных и вентиляторных градирен следует проектировать в соответствии с требованиями СНиП 2.09.03.

8.10.28 Марки бетона по морозостойкости и водонепроницаемости для железобетонных конструкций градирен следует принимать в соответствии с требованиями, приведенными в таблице 8.7.

Таблица 8.7

Конструкции и условия их эксплуатации	Требуемая марка бетона			
	по морозостойкости при расчетной температуре наружного воздуха			по водонепроницаемости
	минус 5 °С и выше	ниже минус 5 °С до минус 20 °С	ниже минус 20 °С	
Надземные конструкции (кроме вытяжных башен) и стены водосборных бассейнов при тепловой нагрузке 209 МДж/ч и более в зимнее время на 1 м ² площади орошения	F100	F200	F300	W8
Надземные конструкции (кроме вытяжных башен) и стены водосборных бассейнов при тепловой нагрузке менее 209 МДж/ч на 1 м ² площади орошения	F200	F300	F400	W8
Вытяжные башни	F300	F400	Не применяются	W8
Днища водосборных бассейнов при тепловой нагрузке 209 МДж/ч и более на 1 м ² площади орошения	F50	F100	F150	W6
Днища водосборных бассейнов при тепловой нагрузке менее 209 МДж/ч на 1 м ² площади орошения	F100	F150	F200	W6
<i>Примечания</i> 1 Марки бетона по морозостойкости приведены для сооружений II класса ответственности. Для сооружений I класса ответственности марка бетона по морозостойкости должна быть повышена на одну ступень, а для сооружений III класса — понижена на одну ступень, но не ниже F50. 2 При наличии агрессивной среды марку бетона по водонепроницаемости следует назначать с учетом требований ТКП 45-2.01-111 и ТКП 45-5.09-33.				

8.11 Водохранилища-охладители

8.11.1 Водохранилища-охладители следует применять при невысоких требованиях к эффекту охлаждения воды, необходимости охлаждения больших расходов воды, наличии свободных земельных площадей вблизи предприятий, достаточной обеспеченности водными ресурсами, в том числе при наличии естественных водоемов или водохранилищ.

8.11.2 В зависимости от местных условий, наличия водоемов и водотоков предусматривают следующие типы водохранилищ-охладителей: русловые, отсечные, наливные, озерные. Допускается также использование водохранилищ-охладителей смешанного типа.

8.11.3 При проектировании отсечных водохранилищ-охладителей следует предусматривать выделение водной части такого водохранилища путем отсечения мелководных частей водного объекта ограждающими дамбами. Подпитку охлаждающей оборотной системы водоснабжения с отсечными водохранилищами-охладителями, как правило, следует предусматривать путем подачи подпиточной воды насосными станциями, расположенными на ограждающей дамбе из неогражденной части водного объекта или путем подачи воды из неогражденной части водного объекта за счет перепада уровней воды. Допускается предусматривать подпитку охлаждающей оборотной системы водоснабжения водой из других источников. Качество воды из таких источников должно удовлетворять требованиям применимости для систем оборотного водоснабжения и природоохранным требованиям.

На акватории отсечных водохранилищ-охладителей следует рассматривать возможность организации рациональной циркуляции охлаждаемой воды с использованием струенаправляющих и струераспределительных сооружений.

При определении расхода воды на подпитку охлаждающей оборотной системы водоснабжения в системе с отсечными водохранилищами-охладителями дополнительно следует учитывать потери воды на фильтрацию через ограждающую дамбу и дно отсечного водохранилища. В случае, если поступление подземных вод при их разгрузке в отсечную часть водохранилища превышает фильтрационные потери, допускается фильтрационные потери не учитывать.

8.11.4 При проектировании наливных водохранилищ-охладителей следует предусматривать их размещение на пониженных участках территории, а также предусматривать меры по снижению интенсивности фильтрационных потерь через дно водохранилища.

Подпитку охлаждающей оборотной системы водоснабжения с наливными водохранилищами-охладителями, как правило, следует предусматривать путем подачи подпиточной воды насосными станциями с забором воды из других водных объектов с учетом технико-экономических расчетов и природоохранных требований.

8.11.5 Глубина водохранилищ-охладителей при летних уровнях воды должна быть не менее 3,5 м на 80 % площади зоны циркуляции водохранилища. Следует предусматривать мероприятия по ликвидации мелководий, удалению всплывающего торфа, а также обеспечению требуемого качества воды.

8.11.6 Плотины, дамбы, водосбросы, водовыпуски и каналы для водохранилищ-охладителей следует проектировать в соответствии с требованиями ТНПА на проектирование гидротехнических сооружений. Водозаборные сооружения для забора воды из водохранилищ следует проектировать в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-30.

8.11.7 Водохозяйственные расчеты водохранилищ-охладителей следует выполнять аналогично водохозяйственным расчетам водохранилищ с учетом потерь на дополнительное испарение с водной поверхности вследствие поступления нагретой воды согласно ТКП 17.10-27.

8.11.8 Объем воды в водохранилище-охладителе и площадь водной поверхности должны быть достаточными для обеспечения охлаждения воды охлаждающей оборотной системой водоснабжения.

Требуемый объем воды в водохранилище-охладителе следует определять с учетом его изменения в процессе заиливания и переформирования берегов.

8.11.9 При недостаточности объема воды в водохранилище-охладителе и площади его водной поверхности для устойчивого охлаждения оборотной воды следует рассматривать использование других типов охладителей или использовать водохранилища-охладители в комплексе с другими охладителями (градирнями, брызгальными бассейнами).

При совместной работе градирен и (или) брызгальных бассейнов и водохранилищ-охладителей допускается предусматривать:

- параллельную работу водохранилища-охладителя и градирен и (или) брызгальных бассейнов;
- последовательную работу водохранилища-охладителя и градирен и (или) брызгальных бассейнов, размещаемых перед водохранилищем над отводящим каналом;
- последовательную работу водохранилища-охладителя и градирен и (или) брызгальных бассейнов, размещаемых после водохранилища в районе водозабора над отводящим каналом.

Допускается, при обосновании, предусматривать устройство брызгальных бассейнов путем разбрызгивания воды над уровнем воды водохранилищ-охладителей.

8.11.10 Коэффициенты использования водохранилищ-охладителей следует определять по аналогам на основании модельных лабораторных исследований, а при расширении предприятий — на основании натурных исследований.

8.11.11 Расположение и конструкции водозаборных и водовыпускных сооружений, а также сооружений, повышающих эффективность охлаждения воды (струераспределительных и струенаправляющих сооружений), необходимо принимать с учетом ветрового влияния, гидрологических особенностей водоемов (стоковых, ветровых, плотностных и других течений), а также возможностей использования и создания вертикальной циркуляции охлаждаемой воды.

С целью снижения температуры, повышения качества забираемой воды и защиты рыбной молодежи следует рассматривать целесообразность устройства глубинных водозаборов.

8.11.12 Для русловых водохранилищ-охладителей следует рассматривать возможность отведения части расхода нагретой воды в нижний бьеф при условии обеспечения допустимых температур воды в водотоке нижнего бьефа.

8.11.13 При проектировании водохранилищ следует предусматривать мероприятия по подготовке их ложа (расчистку от деревьев, кустарников и пр.). Состав и объем мероприятий определяют в каждом конкретном случае на основании изысканий.

8.11.14 При проектировании водохранилищ-охладителей следует учитывать процесс переформирования берегов водохранилища, а также влияние эрозионных и оползневых процессов. Учет переформирования берегов водохранилища следует производить путем оценки абразионного воздействия волновых явлений на берега с крутыми откосами, при котором происходит разрушение грунтов берегов с последующим частичным намывом разрушенных отложений в объеме водохранилища.

Для предотвращения размыва берегов водохранилища-охладителя и его заиления необходимо предусматривать: укрепление берегов, организацию стока поверхностных вод, устройство в устьях оврагов дамб, установление водоохраных зон, укрепление территорий, прилегающих к берегам водохранилища, и склонов посевом трав и посадками кустарниковой растительности.

8.11.15 При устройстве водохранилищ-охладителей следует производить оценку изменения гидрологического и гидрогеологического режимов на территории, прилегающей к создаваемому водохранилищу, в том числе оценивать возможности подтопления вследствие повышения уровней грунтовых вод.

При повышении уровней грунтовых вод и вероятности заболачивания прилегающих к водохранилищу территорий необходимо предусматривать мелиоративные мероприятия и мероприятия по инженерной защите территории от вредного воздействия вод.

8.11.16 Оценку и прогнозирование качества воды при создании водохранилищ-охладителей следует производить на основании результатов расчетов гидрохимического баланса с учетом:

- качества вод водотока (водоема) перед проектированием водохранилища-охладителя, которое принимается как фоновое;
- расчетного объема водохранилища;
- поступления загрязняющих веществ в водохранилище из различных источников, в том числе с охлаждающей водой, грунтовыми водами, атмосферными осадками, за счет растворения и вымывания из грунта и отложений;
- выноса загрязняющих веществ из водохранилища при сбросе воды в нижний бьеф, заборе воды, фильтрации, ледовых явлениях.

При расчете гидрохимического баланса водохранилища следует учитывать процессы перехода отдельных веществ из растворимых форм в нерастворимые и малорастворимые с последующим осаждением, а также процессы трансформации отдельных веществ в воде водохранилища-охладителя.

Расчеты прогнозируемых концентраций загрязняющих веществ в водохранилищах-охладителях следует рассчитывать для средних по водности лет, с проверочными расчетами для маловодных лет 95 %-ной обеспеченности.

Для уменьшения концентраций солей в воде водохранилища, в случае необходимости, следует предусматривать сброс воды из нижних слоев водохранилища и подачу воды из других водотоков.

8.11.17 Для определения степени риска интенсификации процессов эвтрофикации при создании водохранилищ-охладителей следует производить оценку режима поступления в водохранилище соединений азота и фосфора и их трансформацию в водохранилище.

Для оценки риска интенсификации процессов эвтрофикации допускается использовать показатель критической фосфорной нагрузки $L_{кр}$, г/(м²·год), вычисляемый по формуле

$$L_{кр} = 0,25 \cdot \frac{Z_o}{\tau_w} \cdot (1 + \sqrt{\tau_w}), \quad (8.5)$$

где Z_o — средняя глубина водохранилища-охладителя, м;

τ_w — время полного водообмена водохранилища-охладителя, лет.

Значение показателя критической нагрузки для соединений азота $L_{кр}$, г/(м²·год), следует принимать равным значению, вычисленному по формуле (8.5) и увеличенному в 5 раз.

8.11.18 Для снижения поступления биогенных веществ в водохранилище-охладитель, при необходимости, следует предусматривать:

- создание вдоль берегов водохранилища-охладителя прибрежных водоохраных полос;
- очистку поступающих в водохранилище и его притоки дренажных вод с сельскохозяйственных угодий;
- отведение сточных вод предприятий и населенных пунктов в нижний бьеф водохранилища;

— очистку от биогенных веществ сточных вод предприятий и населенных пунктов, отводимых в водохранилище или в его питающие притоки;

— перехват и отведение поверхностных сточных вод с территории, прилегающей к водохранилищу, в нижний бьеф.

8.12 Брызгальные бассейны

8.12.1 Брызгальные бассейны следует применять при невысоких требованиях к эффекту охлаждения воды, наличии открытой площади для доступа воздуха. Их следует располагать длинной стороной перпендикулярно к направлению господствующих ветров. Допускается придание брызгальному бассейну криволинейных очертаний с целью обеспечения его эффективной работы при любом направлении ветра. При размещении брызгальных бассейнов следует учитывать вероятность образования тумана и обледенения соседних сооружений и дорог.

8.12.2 Брызгальные бассейны следует проектировать не менее чем из двух секций. Брызгальные бассейны с одной секцией допускается использовать для охлаждающей оборотной системы водоснабжения с периодическим режимом работы.

8.12.3 Расположение разбрызгивающих сопел на трубах распределительной системы и размещение плавающих модулей должно обеспечивать равномерное распределение воды по площади брызгального бассейна и максимальный охлаждающий эффект.

8.12.4 Ширина брызгального бассейна в осях крайних сопел должна быть не более 50 м.

Для уменьшения уноса капель воды ветром крайние сопла устанавливают на расстоянии 7–10 м от границы бассейна в зависимости от величины напора у сопел и скорости ветра.

8.12.5 В целях поддержания необходимого температурного режима в зимнее время в каждой секции брызгального бассейна необходимо предусматривать трубопровод для сброса воды без разбрызгивания.

8.12.6 Конструкцию брызгальных бассейнов следует принимать из бетона, железобетона и асфальтобетона с устройством гидроизоляционного экрана.

8.12.7 Брызгальные устройства допускается располагать над естественными водоемами. При этом следует предусматривать планировку и крепление берегового откоса.

Приложение А
(рекомендуемое)

Методы умягчения воды

А.1 Области и условия применимости методов умягчения воды

Условия применимости методов умягчения воды и их характеристики приведены в таблице А.1.

Таблица А.1 — Условия применения методов умягчения воды и их характеристики

Показатель	Метод умягчения воды			
	термический	реагентный	ионообменный	диализа
Характеристика процесса	Нагревают воду до температуры выше 100 °С для удаления карбонатной и некарбонатной жесткости (в виде карбоната кальция, гидроксида магния и гипса)	В воду добавляют известь, устраняющую карбонатную и магниевую жесткость, а также соду, устраняющую некарбонатную жесткость	Умягчаемую воду пропускают через катионитные фильтры	Исходную воду фильтруют через полупроницаемую мембрану, в электрическом поле
Назначение метода	Удаляют карбонатную жесткость из воды, используемой для питания котлов низкого и среднего давления	Неглубокое умягчение при одновременном осветлении воды от взвешенных веществ	Глубокое умягчение воды, содержащей незначительное количество взвешенных веществ	Глубокое умягчение воды
Расход воды на собственные нужды	—	Не более 10 %	Более 30 % пропорционально жесткости исходной воды	10 %
Условия эффективного применения: мутность исходной воды, мг/дм ³ жесткость воды, мг-экв/дм ³ остаточная жесткость воды, мг-экв/дм ³	Не более 50 Карбонатная жесткость с преобладанием Ca(HCO ₃) ₂ , некарбонатная жесткость в виде гипса Карбонатная жесткость до 0,035; CaSO ₄ до 0,70	Не более 500 От 5 до 30 Не более 0,7	Не более 8 Не более 15 От 0,03 до 0,05 при одноступенчатом и до 0,01 при двухступенчатом катионировании	Не более 2 Не более 10 Не более 0,01
Температура воды, °С	Не выше 170	Не выше 90	До 30 (глауконит), до 60 (сульфоугли)	Не выше 60

А.2 Реагентные методы умягчения

А.2.1 В составе установок для реагентной декарбонизации воды и известково-содового умягчения следует предусматривать: реагентное хозяйство, смесители, осветлители со взвешенным осадком, фильтры и устройства для стабилизационной обработки воды. Допускается вместо осветлителей со взвешенным осадком применять вихревые реакторы.

А.2.2 При декарбонизации остаточная жесткость умягченной воды может быть получена на 0,4–0,8 мг-экв/дм³ больше некарбонатной жесткости, а остаточная щелочность может быть получена равной от 0,8 до 1,2 мг-экв/дм³. При известково-содовом умягчении остаточная жесткость может быть получена равной от 0,5 до 1,0 мг-экв/дм³ и щелочность — от 0,8 до 1,2 мг-экв/дм³. Меньшие значения могут быть получены при подогреве воды от 35 °С до 40 °С.

А.2.3 При декарбонизации и известково-содовом умягчении воды известь следует применять в виде известкового молока. При суточном расходе извести менее 250 кг (в расчете на СаО) ее допускается вводить в умягчаемую воду в виде насыщенного известкового раствора, получаемого в сатураторах.

А.2.4 Дозу извести $D_{и}$, мг/дм³, при известковании допускается вычислять в зависимости от соотношения концентрации в воде ионов кальция и карбонатной жесткости по формулам:

— при соотношении $\frac{[Ca^{2+}]}{20} < Ж_k$

$$D_{и} = 28 \cdot \left(\frac{[CO_2]}{22} + 2Ж_k - \frac{[Ca^{2+}]}{20} + \frac{D_k}{e_k} + 0,5 \right); \quad (A.1)$$

— при соотношении $\frac{[Ca^{2+}]}{20} > Ж_k$

$$D_{и} = 28 \cdot \left(\frac{[CO_2]}{22} + Ж_k + \frac{D_k}{e_k} + 0,3 \right). \quad (A.2)$$

В формулах (А.1) и (А.2):

$[CO_2]$ — концентрация в воде свободного диоксида углерода, мг/дм³;

$[Ca^{2+}]$ — концентрация ионов кальция, мг/дм³;

$Ж_k$ — карбонатная жесткость воды, мг-экв/дм³;

D_k — доза коагулянта (FeSO₄ или FeCl₃ в пересчете на сухое вещество), мг/дм³;

e_k — эквивалентная масса активного вещества коагулянта, мг-экв/дм³ (для FeSO₄ — $e_k = 76$, для FeCl₃ — $e_k = 54$);

0,5 и 0,3 — избыток извести для обеспечения надежности обработки, мг-экв/дм³.

Выражение $\frac{D_k}{e_k}$ следует принимать со знаком минус, если коагулянт вводится раньше извести,

и со знаком плюс, если коагулянт вводится совместно или после извести.

При отсутствии экспериментальных данных дозу коагулянта D_k , мг/дм³, допускается вычислять по формуле

$$D_k = 3C^{\frac{1}{3}}, \quad (A.3)$$

где C — содержание взвешенных веществ, образующихся при умягчении воды (в пересчете на сухое вещество), мг/дм³; вычисляются по формуле

$$C = M_{исх} + 50 \cdot \left(\frac{[CO_2]}{22} + 2Ж_k \right) + 29 \cdot \frac{[Mg^{2+}]}{12} + D_{и} \cdot \left(\frac{100 - m}{100} \right), \quad (A.4)$$

здесь $M_{исх}$ — содержание взвешенных веществ в исходной воде, мг/дм³;

m — содержание СаО в товарной извести, %.

A.2.5 Дозы извести $D_{и}$ и соды $D_{с}$, мг/дм³ (в пересчете на Na_2CO_3), рекомендуется вычислять по формулам:

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

$$D_{с} = 53 \cdot \left(Ж_{нк} + \frac{D_{к}}{e_{к}} + 1 \right). \quad (A.6)$$

В формулах (A.5) и (A.6):

$[Mg^{2+}]$ — концентрация ионов магния, мг/дм³;

$Ж_{нк}$ — некарбонатная жесткость воды, мг-экв/дм³.

При отсутствии экспериментальных данных дозу коагулянта допускается вычислять по формуле (A.3).

Содержание взвешенных веществ C , мг/дм³, образующихся при умягчении воды (в пересчете на сухое вещество) рекомендуется вычислять по формуле

$$C = M_{исх} + 50 \cdot \left(Ж_{о} + Ж_{к} + \frac{[CO_2]}{22} + 0,5 \right) + 29 \cdot \frac{[Mg^{2+}]}{12} + D_{и} \cdot \left(\frac{100 - m}{100} \right), \quad (A.7)$$

где $Ж_{о}$ — общая жесткость воды, мг-экв/дм³.

A.2.6 Дозу безводного тринатрийфосфата $D_{ф}$, мг/дм³, следует вычислять по формуле

$$D_{ф} = 54,67 \cdot (Ж_{ост} + 0,18), \quad (A.8)$$

где $Ж_{ост}$ — остаточная жесткость умягченной воды перед фосфатным доумягчением, мг-экв/дм³.

Раствор для дозирования гексаметафосфата или ортофосфата натрия с концентрацией от 0,5 % до 3,0 % следует готовить в баках, количество которых должно быть не менее двух.

A.2.7 Скорость движения воды в нижней части вихревого реактора следует принимать в пределах от 0,8 до 1,0 м/с. Скорость движения восходящего потока в вихревой части реактора следует принимать в пределах от 0,004 до 0,006 м/с.

В качестве загрузки рекомендуется применять песок или мраморную крошку с размером зерен от 0,2 до 0,3 мм из расчета 10 кг на 1 м³ объема реактора.

A.2.8 Объем контактной массы G , кг/сут, добавляемой с помощью эжектора, следует вычислять по формуле

$$G = 0,045QЖ, \quad (A.9)$$

где Q — производительность установки, м³/ч;

$Ж$ — удаляемая в реакторе жесткость воды, мг-экв/дм³.

A.2.9 В осветлителях для известково-доломитового умягчения высоту зоны осветления рекомендуется принимать равной 1,5 м, скорость восходящего потока при известковании — не более 0,002 м/с. Время пребывания воды в осветлителе рекомендуется принимать от 0,75 до 1,50 ч в зависимости от вида удаляемого загрязнения.

A.2.10 Дозы извести $D_{и}$ и соды $D_{с}$, мг/дм³, при термохимическом умягчении воды, рекомендуется вычислять по формулам:

$$D_{и} = 28 \cdot \left(\frac{[HCO_3^-]}{61} + \frac{[Mg^{2+}]}{12} \right) \cdot \frac{100}{C_{и}} \text{ (без избытка);} \quad (A.10)$$

$$D_{с} = 53 \cdot \left(Ж_{о} - \frac{[HCO_3^-]}{61} + 0,6 \right) \cdot \frac{100}{C_{с}} \text{ (с избытком 0,6 мг-экв/дм}^3\text{).} \quad (A.11)$$

В формулах (A.10) и (A.11): $C_{и}$ и $C_{с}$ — соответственно содержание CaO и Na_2CO_3 в товарном продукте, %.

A.2.11 В качестве коагулянтов при умягчении воды известью или известью и содой следует применять хлорид или сульфат железа.

Дозы коагулянта FeCl_3 или FeSO_4 в пересчете на сухое вещество следует принимать от 25 до 35 мг/дм³ с последующим уточнением в процессе эксплуатации водоумягчительной установки.

A.2.12 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 следует принимать при соотношении $\frac{[\text{Ca}^{2+}]}{20} > \text{Ж}_к$, содержании магния в исходной воде не более 15 мг/дм³ и перманганатной окисляемости не более 10 мг/дм³. Окончательное осветление воды после вихревых реакторов следует производить на фильтрах.

A.2.13 Для расчета вихревых реакторов следует принимать:

- скорость входа воды в реактор — от 0,8 до 1,0 м/с;
- угол конусности — от 15° до 20°;
- скорость восходящего движения воды на уровне водоотводящих устройств — от 4 до 6 мм/с.

В качестве контактной массы для загрузки вихревых реакторов следует применять молотый известняк, размолотую крупку карбоната кальция, образовавшуюся в вихревых реакторах, или мраморную крошку.

Крупность зерен контактной массы должна быть от 0,2 до 0,3 мм, количество — 10 кг на 1 м³ объема вихревого реактора. Контактную массу следует догружать при каждом выпуске крупки из вихревого реактора. Известь следует вводить в нижнюю часть реактора в виде известкового раствора или молока. При обработке воды в вихревых реакторах коагулянт добавлять не следует.

При $\frac{[\text{Ca}^{2+}]}{20} > \text{Ж}_к$ декарбонизацию воды следует производить в осветлителях с доосветлением воды на фильтрах.

A.2.14 Для выделения взвешенных веществ, образующихся при умягчении воды известью, а также известью и содой, следует применять осветлители со взвешенным осадком. Скорость движения воды в слое взвешенного осадка следует принимать от 1,3 до 1,6 мм/с. Вода после осветлителя должна содержать взвешенных веществ не более 15 мг/дм³.

A.2.15 Фильтры для осветления воды, прошедшей через вихревые реакторы или осветлители, следует загружать песком или дробленым антрацитом с крупностью зерен от 0,50 до 1,25 мм и коэффициентом неоднородности от 2,0 до 2,2. Высота слоя загрузки — от 0,8 до 1,0 м, скорость фильтрования — до 6 м/ч.

Допускается применение двухслойных фильтров. Фильтры следует оборудовать устройствами для верхней промывки.

A.3 Натрий-катионитный метод умягчения воды

A.3.1 Натрий-катионитный метод следует применять для умягчения подземных вод и вод поверхностных источников с мутностью не более 8 г/м³ и цветностью не более 30 градусов. При натрий-катионировании щелочность воды не изменяется.

A.3.2 При одноступенчатом натрий-катионировании общая жесткость воды может быть снижена в пределах от 0,05 до 0,10 г-экв/м³, при двухступенчатом — до 0,01 г-экв/м³.

A.3.3 Объем катионита W_k , м³, в фильтрах первой ступени следует вычислять по формуле

$$W_k = \frac{24q_y \text{Ж}_{\text{о.исх}}}{n_p E_{\text{раб}}^{\text{Na}}}, \quad (\text{A.12})$$

где q_y — расход умягченной воды, м³/ч;

$\text{Ж}_{\text{о.исх}}$ — общая жесткость исходной воды, г-экв/м³;

n_p — число регенераций каждого фильтра в сутки; принимают в пределах от 1 до 3;

$E_{\text{раб}}^{\text{Na}}$ — рабочая обменная емкость катионита при натрий-катионировании, г-экв/м³.

A.3.4 Рабочую обменную емкость катионита при натрий-катионировании $E_{\text{раб}}^{\text{Na}}$, г-экв/м³, следует вычислять по формуле

$$E_{\text{раб}}^{\text{Na}} = \alpha_{\text{Na}} \beta_{\text{Na}} E_{\text{полн}} - 0,5 q_{\text{уд}} Ж_{\text{о.исх}}, \quad (\text{A.13})$$

где α_{Na} — коэффициент эффективности регенерации натрий-катионита, учитывающий неполноту регенерации; принимают по таблице A.2;

β_{Na} — коэффициент, учитывающий снижение обменной емкости катионита по Ca^{2+} и Mg^{2+} вследствие частичного задержания катионитов Na^{+} ; принимают по таблице A.3,

в которой $[C_{\text{Na}}]$ — концентрация натрия в исходной воде, г-экв/м³, $[C_{\text{Na}}] = \frac{[\text{Na}^{+}]}{23}$,

($[\text{Na}^{+}]$ — концентрация ионов натрия в исходной воде, г-экв/м³);

$E_{\text{полн}}$ — полная обменная емкость катионита, г-экв/м³; определяют по паспортным данным.

При отсутствии таких данных при расчетах $E_{\text{полн}}$ допускается принимать равным: для сульфогля крупностью от 0,5 до 1,1 мм — 500 г-экв/м³; для катионита КУ-2 крупностью от 0,8 до 1,2 мм — от 1500 до 1700 г-экв/м³;

$q_{\text{уд}}$ — удельный расход воды на отмывку катионита, м³ на 1 м³ катионита; принимают равным: для сульфогля — 4, для КУ-2 — 6.

Таблица A.2 — Коэффициент эффективности регенерации натрий-катионита

Удельный расход хлорида натрия a_c на регенерацию катионита, 1 г на 1 г-экв рабочей обменной емкости	100	150	200	250	300
Коэффициент эффективности регенерации натрий-катионита α_{Na}	0,62	0,74	0,81	0,86	0,9

Таблица A.3 — Коэффициент, учитывающий снижение обменной емкости катионита по Ca^{2+} и Mg^{2+} вследствие частичного задержания катионитов Na^{+}

$\frac{[C_{\text{Na}}]}{Ж_{\text{о.исх}}}$	0,01	0,05	0,1	0,5	1	5	10
Коэффициент β_{Na}	0,93	0,88	0,83	0,7	0,65	0,54	0,5

A.3.5 Площадь катионитных фильтров первой ступени F_k , м², следует вычислять по формуле

$$F_k = \frac{W_k}{H_k}, \quad (\text{A.14})$$

где H_k — высота слоя катионита в фильтре; принимают равной от 2,0 до 2,5 м (большую высоту загрузки следует принимать при жесткости воды более 10 г-экв/м³).

Количество катионитных фильтров первой ступени следует принимать: рабочих — не менее двух, резервных — один.

A.3.6 Скорость фильтрования воды через катионит для напорных фильтров первой ступени при нормальном режиме не должна превышать указанной в таблице A.4 с учетом общей жесткости исходной воды.

A.3.7 Потери напора в напорных катионитных фильтрах при фильтровании следует определять как сумму потерь напора в коммуникациях фильтра, в дренаже и катионите. Потери напора в фильтре следует принимать по таблице A.5.

Таблица А.4 — Скорость фильтрования воды через катионит для напорных фильтров первой ступени при нормальном режиме

Общая жесткость исходной воды $J_{0.исх}$, г-экв/м ³	Скорость фильтрования воды, м/ч
До 5	25
От 5 до 10	15
От 10 до 15	10
<i>Примечание</i> — Допускается кратковременное увеличение скорости фильтрования на 10 м/ч по сравнению с указанными выше при выключении фильтров на регенерацию или ремонт.	

Таблица А.5 — Потери напора в напорных катионитных фильтрах

Высота слоя катионита H_k , м, с крупностью зерен от 0,8 до 1,2 мм и от 0,5 до 1,1 мм	Потери напора, м, при скорости фильтрования, м/ч				
	5	10	15	20	25
2,0	4,0 (5,0)	5,0 (6,0)	5,5	6,0 (7,0)	7,0 (9,0)
2,5	4,5 (5,5)	5,5 (6,5)	6,0 (7,0)	6,5 (7,5)	7,5 (9,5)
<i>Примечание</i> — В скобках указаны потери напора для мелкого катионита (зерна крупностью от 0,3 до 0,8 мм).					

А.3.8 В открытых катионитных фильтрах слой воды над катионитом следует принимать от 2,5 до 3,0 м и скорость фильтрования не более 15 м/ч.

А.3.9 Интенсивность подачи воды для взрыхления катионита следует принимать 4 дм³/(с·м²) при крупности зерен катионита от 0,5 до 1,1 мм и 5 дм³/(с·м²) — при крупности зерен от 0,8 до 1,2 мм. Продолжительность взрыхления следует принимать от 20 до 30 мин. Подачу воды на взрыхление катионита следует предусматривать согласно ТКП 45-4.01-31 (8.1.24 – 8.1.26).

А.3.10 Регенерацию загрузки катионитных фильтров следует предусматривать техническим хлоридом натрия. Расход хлорида натрия P_c , кг, на одну регенерацию натрий-катионитного фильтра первой ступени следует вычислять по формуле

$$P_c = \frac{f_k H_k E_{\text{раб}}^{\text{Na}} a_c}{1000}, \quad (\text{А.15})$$

где f_k — площадь одного фильтра, м²;

H_k — высота слоя катионита в фильтре, м; определяют по А.3.5;

$E_{\text{раб}}^{\text{Na}}$ — рабочая обменная емкость катионита, г-экв/м³; определяют по А.3.4;

a_c — удельный расход хлорида натрия на 1 г-экв рабочей обменной емкости катионита; принимают от 120 до 150 г/г-экв для фильтров первой ступени при двухступенчатой схеме и от 150 до 200 г/г-экв — при одноступенчатой схеме.

Жесткость умягченной воды при различных удельных расходах хлорида натрия приведена в таблице А.6.

Концентрацию регенерационного раствора для фильтров первой ступени следует принимать от 5 % до 8 %.

Скорость фильтрования регенерационного раствора через катионит фильтров первой ступени следует принимать от 3 до 4 м/ч, скорость фильтрования исходной воды для отмывки катионита — от 6 до 8 м/ч, удельный расход отмывочной воды — от 5 до 6 м³ на 1 м³ катионита.

Таблица А.6 — Остаточная жесткость воды при одноступенчатом умягчении натрий-катионированием

Удельный расход хлорида натрия a_c , 1 г на 1 г-экв поглощенных катионов Ca^{2+} и Mg^{2+}	Жесткость фильтрата, г-экв/м ³ , при концентрации катионов в исходной воде, г-экв/м ³				
	5	7	10	15	20
100	0,045	0,070	0,120	0,255	—
110	0,040	0,060	0,110	0,220	—
120	0,035	0,055	0,100	0,195	—
130	0,030	0,050	0,090	0,175	—
140	0,029	0,048	0,082	0,155	—
150	0,025	0,041	0,075	0,160	0,300
160	0,022	0,040	0,068	0,125	0,240
170	0,021	0,035	0,062	0,110	0,200
180	0,020	0,031	0,051	0,100	0,175
190	0,019	0,030	0,050	0,090	0,160
200	0,015	0,028	0,045	0,081	0,140
210	0,013	0,027	0,040	0,078	0,130
220	0,012	0,025	0,037	0,072	0,120
230	0,011	0,024	0,032	0,070	0,112
240	0,010	0,022	0,031	0,068	0,110
250	0,010	0,021	0,030	0,065	0,101
260	0,009	0,020	0,029	0,061	0,100
270	0,009	0,020	0,029	0,060	0,096
280	0,009	0,020	0,029	0,059	0,095
290	0,009	0,020	0,029	0,055	0,090
300	0,009	0,020	0,029	0,050	0,090
310	0,008	0,019	0,028	0,050	0,086
320	0,008	0,019	0,028	0,050	0,085
330	0,008	0,019	0,028	0,050	0,081
340	0,007	0,018	0,027	0,049	0,080
350	0,007	0,018	0,027	0,049	0,079
360	0,007	0,017	0,026	0,048	0,075
370	0,007	0,017	0,026	0,048	0,074
380	0,007	0,017	0,026	0,048	0,071
390	0,007	0,017	0,025	0,045	0,070
400	0,007	0,017	0,025	0,040	0,069

A.3.11 Натрий-катионитные фильтры второй ступени следует рассчитывать согласно A.16.9 и A.16.10, при этом следует принимать: высоту слоя катионита — от 1,5 м; скорость фильтрования — не более 40 м/ч; удельный расход хлорида натрия для регенерации катионита в фильтрах второй ступени — от 300 до 400 г на 1 г-экв задержанных катионов жесткости; концентрацию регенерационного раствора — от 8 % до 12 %.

Потери напора в фильтре второй ступени следует принимать от 13 до 15 м.

Отмывку катионита в фильтрах второй ступени следует предусматривать фильтратом первой ступени.

При расчете фильтров второй ступени общую жесткость поступающей на них воды следует принимать 0,1 г-экв/м³, рабочую емкость поглощения катионита — от 250 до 300 г-экв/м³.

A.3.12 При обосновании для умягчения воды повышенной минерализации допускается применение схем противоточного или ступенчато-противоточного натрий-катионирования.

A.4 Водород-натрий-катионитный метод умягчения воды

A.4.1 Водород-натрий-катионитный метод следует принимать для удаления из воды катионов жесткости (кальция и магния) и одновременного снижения щелочности воды. Этот метод следует применять для обработки подземных вод и вод поверхностных источников с мутностью не более 8 мг/дм³ и цветностью не более 30 градусов.

Умягчение воды следует производить по схемам:

— параллельного водород-натрий-катионирования, позволяющего получить фильтрат общей жесткостью 0,1 г-экв/м³ с остаточной щелочностью 0,4 г-экв/м³, при этом суммарное содержание хлоридов и сульфатов в исходной воде должно быть не более 4 г-экв/м³ и натрия — не более 2 г-экв/м³;

— последовательного водород-натрий-катионирования с «голодной» регенерацией водород-катионитных фильтров, при этом общая жесткость фильтрата составит 0,01 г-экв/м³, щелочность — 0,7 г-экв/м³;

— водород-катионирования с «голодной» регенерацией и последующим фильтрованием через буферные саморегенерирующиеся катионитные фильтры; при этом общая жесткость фильтрата будет на 0,7–1,5 г-экв/м³ выше некарбонатной жесткости исходной воды, щелочность фильтрата — 0,7–1,5 г-экв/м³.

Катионитные буферные фильтры допускается не предусматривать, если не требуется поддержания остаточной жесткости, щелочности и показателя pH в строго определенных пределах. Следует предусматривать возможность регенерации буферных фильтров раствором технического хлорида натрия.

A.4.2 При умягчении воды параллельным водород-натрий-катионированием, расходы воды, подаваемой на водород-катионитные и натрий-катионитные фильтры, следует вычислять по формулам:

— расход воды, подаваемой на водород-катионитные фильтры, $q_{\text{пол}}^{\text{H}}$, м³/ч, —

$$q_{\text{пол}}^{\text{H}} = \frac{q_{\text{пол}} \cdot (\text{Щ}_0 - \text{Щ}_y)}{A + \text{Щ}_0}; \quad (\text{A.16})$$

— расход воды, подаваемой на натрий-катионитные фильтры, $q_{\text{пол}}^{\text{Na}}$, м³/ч, —

$$q_{\text{пол}}^{\text{Na}} = q_{\text{пол}} - q_{\text{пол}}^{\text{H}}. \quad (\text{A.17})$$

В формулах (A.16) и (A.17):

$q_{\text{пол}}$ — полезная производительность водород-натрий-катионитной установки, м³/ч;

Щ_0 — щелочность исходной воды, г-экв/м³;

Щ_y — требуемая щелочность умягченной воды, г-экв/м³;

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

A.4.3 Водород-катионитные фильтры могут быть использованы и как натрий-катионитные, поэтому должна быть предусмотрена возможность регенерации двух-трех водород-катионитных фильтров раствором технического хлорида натрия.

A.4.4 Расчет трубопроводов и фильтров следует производить для режимов:

— с максимальной нагрузкой на водород-катионитные фильтры, максимальной щелочностью воды и минимальным содержанием в ней анионов сильных кислот;

— с максимальной нагрузкой на натрий-катионитные фильтры, минимальной щелочностью воды и максимальным содержанием в ней анионов сильных кислот.

A.4.5 Объем катионита в водород-катионитных фильтрах W_H , м³, и объем катионита в натрий-катионитных фильтрах W_{Na} , м³, следует вычислять по формулам:

$$W_H = \frac{24q_{\text{пол}}^H \cdot (Ж_0 + [C_{Na}])}{n_p E_{\text{раб}}^H}, \quad (\text{A.18})$$

$$W_{Na} = \frac{24q_{\text{пол}}^{Na} Ж_0}{n_p E_{\text{раб}}^{Na}}. \quad (\text{A.19})$$

В формулах (A.18) и (A.19):

$Ж_0$ — общая жесткость умягченной воды, г-экв/м³;

n_p — число регенераций каждого фильтра в сутки; принимают согласно А.16.3;

$E_{\text{раб}}^H$ — рабочая обменная емкость водород-катионита, г-экв/м³;

$E_{\text{раб}}^{Na}$ — рабочая обменная емкость натрий-катионита, г-экв/м³;

$[C_{Na}]$ — концентрация в воде натрия, г-экв/м³; определяют согласно А.3.4.

A.4.6 Рабочую обменную емкость водород-катионита $E_{\text{раб}}^H$, г-экв/м³, следует вычислять по формуле

$$E_{\text{раб}}^H = \alpha_H E_{\text{полн}} - 0,5q_{\text{уд}} C_K, \quad (\text{A.20})$$

где α_H — коэффициент эффективности регенерации водород-катионита; принимают по таблице А.7;

$E_{\text{полн}}$ — полная обменная емкость катионита в нейтральной среде, г-экв/м³; принимают по паспортным данным;

$q_{\text{уд}}$ — удельный расход воды на отмывку катионита после регенерации; принимают в пределах от 4 до 5 м³ воды на 1 м³ катионита;

C_K — общее содержание в воде катионитов кальция, магния, натрия и калия, г-экв/м³.

Таблица А.7 — Коэффициент эффективности регенерации водород-катионита

Удельный расход серной кислоты $a_{\text{кис}}$, г/г-экв, для регенерации катионита рабочей обменной емкости	50	100	150	200
Коэффициент эффективности регенерации водород-катионита α_H	0,68	0,85	0,91	0,92

При отсутствии паспортных данных $E_{\text{полн}}$ следует принимать согласно А.3.4.

A.4.7 Площадь водород-катионитных фильтров F_H , м², следует вычислять по формуле

$$F_H = \frac{W_H}{H_K}, \quad (\text{A.21})$$

где H_K — высота слоя катионита в фильтре, м; принимают согласно А.3.5.

Потери напора в водород-катионитных фильтрах, интенсивность взрыхления и скорость фильтрования следует принимать согласно А.3.7 – А.3.9.

Площадь натрий-катионитных фильтров F_{Na} , м², следует вычислять по формуле

$$F_{Na} = \frac{W_{Na}}{H_K}. \quad (\text{A.22})$$

A.4.8 Количество рабочих водород-катионитных и натрий-катионитных фильтров при круглосуточной работе должно быть не менее двух. Количество резервных водород-катионитных фильтров следует принимать, шт.:

- 1 — при количестве рабочих фильтров до шести;
- 2 — при большем количестве рабочих фильтров.

Резервные натрий-катионитные фильтры устанавливать не следует, но должна быть предусмотрена возможность использования резервных водород-катионитных фильтров в качестве натрий-катионитных согласно А.3.3.

А.4.9 Регенерацию водород-катионитных фильтров следует производить раствором серной кислоты концентрацией от 1,0 % до 1,5 %. 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 слой катионита сверху вниз со скоростью 10 м/ч. Отмывка должна заканчиваться при кислотности фильтра, равной сумме концентраций сульфатов и хлоридов в воде, поступающей на отмывку.

Первую половину объема отмывочной воды следует направлять на нейтрализацию в накопители и т. п., вторую половину — в баки для взрыхления катионита.

Для регенерации водород-катионитных фильтров, при обосновании допускается применение соляной и азотной кислот (для катионитов, устойчивых к указанным кислотам).

А.4.10 Расход 100 %-ной кислоты $P_{\text{кис}}$, кг, на одну регенерацию водород-катионитного фильтра следует вычислять по формуле

$$P_{\text{кис}} = \frac{f H_{\text{к}} a_{\text{кис}}}{1000}, \quad (\text{А.23})$$

где $a_{\text{кис}}$ — удельный расход кислоты для регенерации катионита, г/г-экв; определяют по таблице А.8 в зависимости от требуемой жесткости фильтрата.

Таблица А.8 — Общая жесткость воды, умягченной водород-катионированием

Удельный расход серной кислоты $a_{\text{кис}}$, г/г-экв, поглощенных катионов Ca^{2+} , Mg^{2+} и Na^{+}	Жесткость фильтрата $J_{\text{ф}}^{\text{H}}$, г-экв/м ³ , при общей минерализации исходной воды, г-экв/м ³				
	5	7	10	15	20
50	0,030	0,050	0,100	0,200	0,350
60	0,025	0,040	0,080	0,160	0,270
70	0,020	0,035	0,060	0,130	0,210
80	0,019	0,030	0,050	0,115	0,180
90	0,017	0,025	0,045	0,100	0,150
100	0,012	0,020	0,035	0,080	0,130
110	0,011	0,020	0,030	0,070	0,112
120	0,010	0,019	0,029	0,060	0,100
130	0,010	0,018	0,025	0,056	0,092
140	0,010	0,018	0,020	0,051	0,081
150	0,010	0,018	0,020	0,050	0,075
160	0,009	0,018	0,020	0,040	0,070
170	0,008	0,018	0,020	0,040	0,062
180	0,008	0,017	0,019	0,035	0,060
190	0,008	0,017	0,019	0,030	0,055
200	0,008	0,017	0,019	0,028	0,050

А.4.11 Объемы мерника концентрированной кислоты и бака для разбавленного раствора кислоты (если разбавление ее производится не перед фильтрами) следует определять из условия регенерации одного фильтра при количестве рабочих водород-катионитных фильтров до четырех и для регенерации двух фильтров — при большем количестве.

A.4.12 Аппараты и трубопроводы для дозирования и транспортирования кислот следует проектировать с учетом требований по обеспечению безопасности при обращении с кислотами.

A.4.13 Удаление диоксида углерода из водород-катионированной воды или из смеси водород- и натрий-катионированной воды следует предусматривать в дегазаторах. Проектирование установок по дегазации следует выполнять в соответствии с требованиями 7.4.

A.4.14 При проектировании установок для умягчения воды последовательным водород-натрий-катионированием с «голодной» регенерацией водород-катионитных фильтров следует принимать:

— жесткость фильтрата $J_{\text{ф}}^{\text{H}}$, г-экв/м³, водород-катионитных фильтров по формуле

$$J_{\text{ф}}^{\text{H}} = [\text{Cl}^-] + [\text{SO}_4^{2-}] + \text{Щ}_{\text{ост}} - [\text{Na}^+], \quad (\text{A.24})$$

где $[\text{Cl}^-]$ — концентрация хлоридов в умягченной воде, г-экв/м³;

$[\text{SO}_4^{2-}]$ — концентрация сульфатов в умягченной воде, г-экв/м³;

$\text{Щ}_{\text{ост}}$ — остаточная щелочность фильтрата водород-катионитных фильтров; принимают от 0,7 до 1,5 г-экв/м³;

$[\text{Na}^+]$ — концентрация ионов натрия в умягченной воде, г-экв/м³;

— расход кислоты на «голодную» регенерацию водород-катионитных фильтров — равным 50 г на 1 г-экв удаленной из воды карбонатной жесткости;

— при «голодной» регенерации условную обменную емкость катионитов — по иону HCO_3^- (до момента повышения щелочности фильтрата).

A.4.15 Для предупреждения попадания кислой воды на натрий-катионитные фильтры установок последовательного водород-натрий-катионирования, на случай регенерации водород-катионитных фильтров избыточной дозой кислоты, следует предусматривать подачу осветленной неумягченной воды в поток фильтрата водород-катионитных фильтров перед дегазатором.

A.4.16 Аппараты, трубопроводы и арматура, соприкасающиеся с кислой водой или фильтратом, должны быть защищены от коррозии или изготовлены из антикоррозионных материалов.

A.4.17 При параллельном водород-натрий-катионировании ионитные фильтры допускается, при обосновании, предусматривать с противоточной регенерацией или по схеме ступенчато-противоточного ионирования.

A.4.18 Для расширения слоя ионита при противоточной регенерации следует обеспечивать скорость фильтрования от 40 до 50 м/ч в течение от 3 до 5 мин.

Регенерирующий раствор следует подавать со скоростью от 5 до 10 м/ч. Концентрацию хлорида натрия для регенерации катионита следует принимать в пределах от 10 % до 15 %.

A.4.19 Отработавшие регенерационные растворы ионитных умягчительных установок в зависимости от местных условий следует направлять в накопители, бытовую или производственную канализацию; следует также рассматривать возможность обработки концентрированной части вод для их повторного использования.

Отработавшие растворы перед сбросом в канализацию после усреднения, при необходимости, следует нейтрализовать. Выделяющийся при этом осадок карбоната кальция и оксида магния следует выделять отстаиванием и направлять в накопитель.

Осветленные растворы хлорида натрия, полученные из сточных вод от регенерации натрий-катионитных фильтров, следует повторно использовать для регенерации натрий-катионитных фильтров (при необходимости — после нейтрализации).

A.5 Натрий-хлор-ионитный метод умягчения воды

A.5.1 Натрий-хлор-ионитный метод умягчения воды следует применять при необходимости одновременного с умягчением снижения щелочности обрабатываемой воды до 0,2 г-экв/м³. Остаточная общая жесткость обработанной воды составляет не более 0,01 г-экв/м³.

A.5.2 Метод натрий-хлор-ионирования применим при:

— значении отношения гидрокарбонатной щелочности к сумме значений сульфатов, нитратов и нитритов более 1,0;

— концентрации анионов сильных кислот, за исключением хлорида, не более 2 г-экв/м³;

— концентрации общего железа не более 0,1 мг/дм³;

— значении перманганатной окисляемости не более 5 мг/дм³.

A.5.3 Обработка воды при натрий-хлор-ионировании производится пропуском через натрий-катионитный фильтр первой ступени, а затем последовательно через хлор-анионитный фильтр первой ступени с сильноосновным анионитом и через барьерный натрий-катионитный фильтр второй ступени. Допускается хлор-анионитный и барьерный натрий-катионитный фильтры второй ступени выполнять совмещенными.

A.5.4 Расчет натрий-катионитного фильтра первой ступени следует производить согласно А.3.

Для анионитного фильтра с сильноосновным анионитом рабочую обменную емкость по иону HCO_3^- следует принимать в пределах от 280 до 300 г-экв/м³. Общую рабочую обменную емкость по ионам HCO_3^- , SO_4^{2-} , NO_3^- и NO_2^- следует принимать в пределах от 1200 до 1400 г-экв/м³. Скорость фильтрования следует принимать в пределах от 15 до 20 м/ч.

A.5.5 Расход хлорида натрия на регенерацию анионита следует принимать в пределах от 65 до 75 кг на 1 м³ анионита. Концентрацию раствора хлорида натрия в регенерационном растворе следует принимать равной 5 %. Регенерационный раствор следует готовить на предварительно умягченной воде. Расход воды на отмывку следует принимать в пределах от 3 до 4 м³ на 1 м³ ионита. Число регенераций в сутки следует принимать не более 2.

Приложение Б (рекомендуемое)

Расчеты сооружений ионообменного обессоливания воды

Б.1 Технологические схемы обессоливания воды ионным обменом

Б.1.1 Обессоливание воды ионным обменом по одноступенчатой схеме следует предусматривать последовательным фильтрованием через водород-катионитный фильтр и анионитный фильтр с загрузкой из слабоосновного анионита с последующим удалением диоксида углерода из воды на дегазаторах.

Общая минерализация воды, обработанной по одноступенчатой схеме, должна составлять не более 20 мг/дм³ при удельной электропроводности от 35 до 45 мкОм/см. Концентрация кремния в воде при указанном виде водоподготовки не снижается.

Б.1.2 При двухступенчатой схеме обессоливания воды следует предусматривать: водород-катионитные фильтры первой ступени; анионитные фильтры первой ступени, загруженные слабоосновным анионитом; водород-катионитные фильтры второй ступени; дегазаторы для удаления диоксида углерода; анионитные фильтры второй ступени, загруженные сильноосновным анионитом для удаления кремниевой кислоты.

Общая минерализация воды, обработанной по двухступенчатой схеме, должна быть не более 0,5 мг/дм³ при удельной электропроводности от 1,6 до 1,8 мкОм/см, концентрация кремниевой кислоты — не более 0,1 мг/дм³.

Б.1.3 При трехступенчатой схеме обессоливания воды, дополнительно к устройствам, указанным в Б.1.2, следует предусматривать третью ступень фильтров со смешанной загрузкой, состоящей из высококислотного катионита и высокоосновного анионита.

Общая минерализация воды, обработанной по трехступенчатой схеме, не должна превышать 0,1 мг/дм³ при удельной электропроводности от 0,3 до 0,4 мкОм/см, концентрация кремниевой кислоты — не более 0,02 мг/дм³.

Б.2 Водород-катионитные фильтры

Б.2.1 Водород-катионитные фильтры первой ступени следует рассчитывать аналогично водород-катионитным фильтрам, применяемым при умягчении воды катионированием, по формулам, приведенным в приложении А.

Б.2.2 Для водород-катионитного фильтра второй ступени следует принимать:

- скорость фильтрования — до 50 м/ч;
- высоту слоя катионита — 1,5 м;
- удельный расход серной кислоты концентрацией 100 % — 100 г на 1 г-экв поглощенных катионов;
- полную обменную емкость — на основании данных технологических изысканий или по данным изготовителей катионитов. При отсутствии указанных данных допускается принимать: для сульфогля — 200 г-экв/м³, катионита КУ-2 — от 400 до 500 г-экв/м³;
- расход воды на отмывку катионита после регенерации — 10 м³ на 1 м³ катионита.

Водород-катионитные фильтры следует регенерировать раствором серной кислоты концентрацией от 1,0 % до 1,5 %.

Продолжительность регенерации и отмывки водород-катионитных фильтров второй ступени следует принимать в пределах от 2,5 до 3,0 ч.

Б.2.3 Отмывку следует производить водой, прошедшей через анионитные фильтры первой ступени. Воду после отмывки катионитных фильтров второй ступени следует использовать для взрыхления водород-катионитных фильтров первой ступени и приготовления для них регенерационного раствора.

Б.3 Анионитные фильтры

Б.3.1 Площадь фильтрования анионитных фильтров первой ступени F_1^A , м², следует вычислять по формуле

$$F_1^A = \frac{Q_1^A}{n_p T_1 V_1^A}, \quad (\text{Б.1})$$

где Q_1^A — производительность анионитных фильтров первой ступени, включая расход воды на собственные нужды последующих ступеней установки, м³/сут;

- n_p — число регенераций анионитных фильтров первой ступени в сутки; принимают равным 1 или 2;
- V_1^A — расчетная скорость фильтрования; принимают в пределах от 4 до 30 м/ч;
- T_1 — продолжительность работы каждого фильтра между регенерациями, ч; вычисляют по формуле

$$T_1 = \frac{24}{n_p} - \tau_p, \quad (\text{Б.2})$$

здесь τ_p — общая продолжительность всех операций по регенерации фильтров, ч; принимают равной 5 ч (взрыхление — 0,25 ч, регенерация — 1,5 ч, отмывка анионита — от 3 до 3,5 ч).

Б.3.2 Объем анионита в фильтрах первой ступени W_1^A , м³, следует вычислять по формуле

$$W_1^A = \frac{Q_1^A C_0}{n_p E_p}, \quad (\text{Б.3})$$

где C_0 — суммарное содержание сульфатных, хлоридных и нитратных ионов в исходной воде, г-экв/м³;

E_p — рабочая обменная емкость анионита по анионам указанных сильных кислот, г-экв/м³; принимают по паспортным данным, при отсутствии таких данных для анионитов АН-31 и АВ-17 допускается принимать от 600 до 700 г-экв/м³.

Регенерацию анионитных фильтров первой ступени следует производить 4 %-ным раствором кальцинированной соды. Удельный расход соды следует принимать 100 г Na₂CO₃ на 1 г-экв поглощенных анионов.

В установках с анионитными фильтрами второй ступени, загруженными сильноосновным анионитом, допускается регенерировать анионитные фильтры первой ступени отработавшим раствором гидроксида натрия после регенерации анионитных фильтров второй ступени.

Регенерационные растворы соды и гидроксида натрия следует готовить на воде, обработанной пропусканием через водород-катионитные фильтры.

Б.3.3 Действительную скорость фильтрования воды в фильтрах первой ступени V_1^A , м/ч, следует вычислять по формуле

$$V_1^A = \frac{Q_1^A}{f_1^A N_1^A \cdot 24}, \quad (\text{Б.4})$$

где f_1^A — площадь фильтрования одного стандартного анионитного фильтра, м²;

N_1^A — количество рабочих анионитных фильтров.

Б.3.4 Максимальную скорость фильтрования через анионитный фильтр первой ступени $V_{1\max}^A$, м/ч, следует вычислять по формуле

$$V_{1\max}^A = \frac{Q_1^A}{f_1^A \cdot (N_1^A - 1)}. \quad (\text{Б.5})$$

Эта скорость не должна превышать 30 м/ч.

Б.3.5 Уточненное число регенераций каждого фильтра в сутки n_p^A следует вычислять по формуле

$$n_p^A = \frac{Q_1^A \cdot (C_0 - C_{\text{ост}})}{f_1^A N_1^A}, \quad (\text{Б.6})$$

где $C_{\text{ост}}$ — остаточное содержание сульфатных, хлоридных и нитратных анионов в фильтрате, г-экв/м³.

Б.3.6 Рабочую объемную емкость анионита $E_{\text{раб}}^A$, г-экв/м³, следует вычислять по формуле

$$E_{\text{раб}}^A = \alpha_{\text{э}}^A E_{\text{полн}} - 0,8qC_0, \quad (\text{Б.7})$$

где $\alpha_{\text{э}}^A$ — коэффициент эффективности регенерации анионита; принимают в пределах от 0,8 до 0,9;
 $E_{\text{полн}}$ — полная обменная емкость анионита, г-экв/м³; принимают по паспортным данным;
 q — удельный расход воды на отмывку анионита; принимают равным 10 м³ на 1 м³ анионита.

Б.3.7 Расход 100 %-ной щелочи на регенерацию одного фильтра Q_{NaOH} , кг, следует вычислять по формуле

$$Q_{\text{NaOH}} = \frac{q_{\text{NaOH}}^A f_1^A H_1^A E_{\text{раб}}^A}{1000}, \quad (\text{Б.8})$$

где q_{NaOH} — удельный расход гидроксида натрия на одну регенерацию; принимают равным 60 г/г-экв;
 H_1^A — высота слоя анионита, м.

Б.3.8 Расход раствора технического гидроксида натрия концентрацией 42 % $Q_{\text{NaOH}}^{\text{сут}}$, м³/сут, следует вычислять по формуле

$$Q_{\text{NaOH}}^{\text{сут}} = \frac{100Q_{\text{NaOH}} n_p N_1^A}{1000\rho_{42} \cdot 42}, \quad (\text{Б.9})$$

где ρ_{42} — плотность раствора технического гидроксида натрия концентрацией 42 %; принимают равной 1,449 т/м³.

Б.3.9 Расход воды на взрыхление анионита $Q_{\text{в}}$, м³, следует вычислять по формуле

$$Q_{\text{в}} = \frac{60q_{\text{взр}}^A f_1^A t_{\text{взр}}}{1000}, \quad (\text{Б.10})$$

где $q_{\text{взр}}$ — интенсивность взрыхления; принимают равной 3 дм³/(с·м²);
 $t_{\text{взр}}$ — продолжительность взрыхления; принимают равной 30 мин.

Б.3.10 Расход воды на приготовление регенерирующего раствора $Q_{\text{р.р}}^A$, м³, следует вычислять по формуле

$$Q_{\text{р.р}}^A = \frac{100Q_{\text{NaOH}}}{1000b\rho_{\text{р.р}}}, \quad (\text{Б.11})$$

где b — концентрация регенерационного раствора; принимают равной 4 %;
 $\rho_{\text{р.р}}$ — плотность регенерационного раствора; принимают равной 1,043 т/м³.

Б.3.11 Расход воды на отмывку анионита от продуктов регенерации $Q_{\text{отм}}^A$, м³, следует вычислять по формуле

$$Q_{\text{отм}}^A = q_{\text{отм}}^A f_1^A H_1^A, \quad (\text{Б.12})$$

где $q_{\text{отм}}$ — удельный расход воды на отмывку анионита; принимают равным 10 м³ на 1 м³ загрузки.

Б.3.12 Расход воды на одну регенерацию анионитного фильтра $Q_{\text{см}}^A$, м³, с учетом использования отмывочных вод для взрыхления анионита следует вычислять по формуле

$$Q_{\text{см}}^A = Q_{\text{р.р}}^A + Q_{\text{отм}}^A. \quad (\text{Б.13})$$

Б.3.13 Среднечасовой расход воды на собственные нужды анионитных фильтров $q_{с.н}$, м³/ч, следует вычислять по формуле

$$q_{с.н} = \frac{Q_1^A n_p N_1^A}{24}. \quad (\text{Б.14})$$

Б.3.14 Время пропуска регенерационного раствора $t_{p.p}^A$, мин, следует вычислять по формуле

$$t_{p.p}^A = \frac{60Q_{p.p}^A}{V_{p.p}^A f_1^A}, \quad (\text{Б.15})$$

где $V_{p.p}^A$ — скорость пропуска регенерационного раствора; принимают равной 4 м/ч.

Б.3.15 Время отмывки анионита от продуктов регенерации $t_{отм}$, мин, следует вычислять по формуле:

$$t_{отм} = \frac{60Q_{отм}^A}{V_{отм}^A f_1^A}, \quad (\text{Б.16})$$

где $V_{отм}^A$ — скорость отмывки анионита; принимают равной 10 м/ч.

Б.3.16 Уточненное значение межрегенерационного периода T_1^A , мин, следует вычислять по формуле

$$T_1^A = \frac{24}{n_p} - (t_{взр}^A + t_{p.p}^A + t_{отм}^A). \quad (\text{Б.17})$$

Б.3.17 Количество одновременно регенерируемых фильтров $n_{o.p}$, шт., следует вычислять по формуле

$$n_{o.p} = \frac{n_p N_1^A \cdot (t_{взр}^A + t_{p.p}^A + t_{отм}^A)}{24}. \quad (\text{Б.18})$$

Б.3.18 Объем анионита в фильтрах второй ступени W_2^A , м³, следует вычислять по формуле

$$W_2^A = \frac{Q_2^A [C_{pSiO}]}{n_p E_{pSiO}}, \quad (\text{Б.19})$$

где Q_2^A — производительность анионитных фильтров второй ступени, м³/сут;

$[C_{pSiO}]$ — концентрация аниона SiO_3^{2-} в исходной воде, г-экв/м³;

E_{pSiO} — рабочая кремнеемкость анионита, г-экв/м³; принимают по паспортным данным анионита.

Б.3.19 Высоту загрузки анионитных фильтров второй ступени H_2^A следует принимать равной 1,5 м.

Площадь анионитных фильтров второй ступени F_2^A , м², следует вычислять по формуле

$$F_2^A = \frac{W_2^A}{H_2^A}. \quad (\text{Б.20})$$

Количество рабочих фильтров должно быть не менее двух.

Б.3.20 Скорость фильтрования воды через фильтры второй ступени V_2^A , м/ч, следует вычислять по формуле

$$V_2^A = \frac{60Q_2^A}{f_2^A N_2^A}, \quad (\text{Б.21})$$

где f_2^A — площадь фильтрования стандартного анионитного фильтра второй ступени, м²;

N_2^A — количество рабочих фильтров второй ступени, шт.

Б.3.21 Если скорость фильтрования воды через фильтры второй ступени, вычисленная по формуле (Б.21), находится в пределах от 15 до 25 м/ч, то стандартные размеры фильтров подобраны правильно. Дальнейший расчет фильтров второй ступени следует выполнять аналогично расчету первой ступени по формулам (Б.6) – (Б.18). Регенерацию высокоосновного анионита в фильтрах второй ступени следует производить 4 %-ным раствором гидроксида натрия. Удельный расход 100 %-ного гидроксида натрия следует принимать в пределах от 120 до 140 кг на 1 м³ анионита.

Б.3.22 В составе установок ионообменного обессоливания воды должна предусматриваться взаимная нейтрализация кислых и щелочных сточных вод от регенерации фильтров, а также, при необходимости, дополнительная после их смешения нейтрализация известью. При этом следует предусматривать не менее двух баков-нейтрализаторов вместимостью каждого, равной суточному количеству сточных вод. Следует предусматривать повторное использование воды от взрыхления и отмывки ионитов.

Нейтрализованные сточные воды от регенерации ионитных фильтров в зависимости от местных условий следует направлять в бытовую или производственную канализацию или в накопители.

Б.4 Фильтры смешанного действия

Б.4.1 В качестве третьей ступени подготовки для получения высокого качества воды следует применять фильтры смешанного действия, загрузка которых состоит из смеси высококислотного катионита и высокоосновного анионита.

Фильтры смешанного действия бывают двух типов: с внутренней и внешней регенерацией.

Фильтры смешанного действия с внутренней регенерацией следует применять для глубокого обессоливания и обескремнивания воды расходом до 300 м³/ч. При больших расходах следует применять фильтры смешанного действия с внешней регенерацией.

Б.4.2 Площадь фильтров смешанного действия с внутренней регенерацией $F_{\text{фсд}}$, м², следует вычислять по формуле

$$F_{\text{фсд}} = \frac{Q_{\text{фсд}}}{V_{\text{фсд}}}, \quad (\text{Б.22})$$

где $Q_{\text{фсд}}$ — расход воды, подаваемый на фильтры смешанного действия с внутренней регенерацией, м³/ч;

$V_{\text{фсд}}$ — скорость фильтрования; принимают в пределах от 40 до 50 м/ч.

Б.4.3 Количество фильтров смешанного действия $N_{\text{фсд}}$, шт., следует вычислять по формуле

$$N_{\text{фсд}} = \frac{F_{\text{фсд}}}{f_{\text{фсд}}}, \quad (\text{Б.23})$$

где $f_{\text{фсд}}$ — площадь фильтрования стандартного фильтра смешанного действия, м².

Количество фильтров смешанного действия должно быть не менее трех: два рабочих, один резервный.

Б.4.4 Длительность фильтроцикла $T_{\text{фсд}}$ с учетом времени на регенерацию $\tau_{\text{фсд}}$, ч, следует вычислять по формуле

$$T_{\text{фсд}} + \tau_{\text{фсд}} = \frac{q_{\text{фсд}} f_{\text{фсд}} N_{\text{фсд}}}{Q_{\text{фсд}}}, \quad (\text{Б.24})$$

где $q_{\text{фсд}}$ — количество воды, прошедшей через 1 м² загрузки до регенерации; принимают в пределах от 10 000 до 12 000 м³/м².

Б.4.5 Суточное число регенераций фильтра смешанного действия $n_{\text{р}}^{\text{фсд}}$ следует вычислять по формуле

$$n_{\text{р}}^{\text{фсд}} = \frac{24 N_{\text{фсд}}}{T_{\text{фсд}} + \tau_{\text{фсд}}}. \quad (\text{Б.25})$$

Б.4.6 Расход серной кислоты концентрацией 100 % на одну регенерацию фильтра смешанного действия $Q_k^{\text{ФСД}}$, м³, следует вычислять по формуле

$$Q_k^{\text{ФСД}} = f_{\text{ФСД}} H_k^{\text{ФСД}} q_k^{\text{ФСД}}, \quad (\text{Б.26})$$

где $H_k^{\text{ФСД}}$ — высота катионита в смеси; принимают равной 0,6 м;

$q_k^{\text{ФСД}}$ — количество кислоты, необходимой для регенерации 1 м³ катионита в смеси; принимают равным 70 кг/м³.

Б.4.7 Суточный расход серной кислоты концентрацией 100 % $Q_{k,\text{сут}}^{\text{ФСД}}$, м³/сут, следует вычислять по формуле

$$Q_{k,\text{сут}}^{\text{ФСД}} = n_p^{\text{ФСД}} Q_k^{\text{ФСД}}. \quad (\text{Б.27})$$

Б.4.8 Расход гидроксида натрия $Q_{\text{NaOH}}^{\text{ФСД}}$, м³, в пересчете на щелочь с содержанием 100 % NaOH следует вычислять по формуле

$$Q_{\text{NaOH}}^{\text{ФСД}} = f_{\text{ФСД}} H_A^{\text{ФСД}} q_A^{\text{ФСД}}, \quad (\text{Б.28})$$

где $H_A^{\text{ФСД}}$ — высота анионита в смеси; принимают равной 0,6 м;

$q_A^{\text{ФСД}}$ — количество щелочи, необходимой для регенерации 1 м³ анионита в смеси; принимают равным 100 кг/м³.

Б.4.9 Суточный расход гидроксида натрия $Q_{\text{NaOH},\text{сут}}^{\text{ФСД}}$, м³, в пересчете на щелочь с содержанием 100 % NaOH на одну регенерацию фильтра смешанного действия следует вычислять по формуле

$$Q_{\text{NaOH},\text{сут}}^{\text{ФСД}} = n_p^{\text{ФСД}} Q_{\text{NaOH}}^{\text{ФСД}}. \quad (\text{Б.29})$$

Б.4.10 Расход воды на разделение смеси $Q_{\text{разд}}^{\text{ФСД}}$, м³, следует вычислять по формуле

$$Q_{\text{разд}}^{\text{ФСД}} = \frac{V_{\text{разд}}^{\text{ФСД}} f_{\text{ФСД}} t_{\text{разд}}}{60}, \quad (\text{Б.30})$$

где $V_{\text{разд}}^{\text{ФСД}}$ — скорость восходящего потока воды при разделении; принимают равной 10 м/ч;

$t_{\text{разд}}$ — продолжительность разделения; принимают равной 25 мин.

Б.4.11 Расход воды на установление встречных потоков воды до начала регенерации $Q_{\text{в.п}}^{\text{ФСД}}$, м³/ч, следует вычислять по формуле

$$Q_{\text{в.п}}^{\text{ФСД}} = \frac{2V_{\text{в.п}}^{\text{ФСД}} f_{\text{ФСД}} t_{\text{в.п}}^{\text{ФСД}}}{60}, \quad (\text{Б.31})$$

где $V_{\text{в.п}}^{\text{ФСД}}$ — скорость фильтрования; принимают равной 5 м/ч;

$t_{\text{в.п}}^{\text{ФСД}}$ — продолжительность между моментом разделения и началом регенерации; принимают равной 10 мин.

Б.4.12 Расход воды на приготовление раствора серной кислоты Q_k , м³, следует вычислять по формуле

$$Q_k = \frac{Q_k^{\text{ФСД}} \cdot 100}{b_p \cdot 1000}, \quad (\text{Б.32})$$

где b_p — концентрация раствора серной кислоты; принимают равной 3 %.

Б.4.13 Расход воды на приготовление раствора гидроксида натрия Q_{NaOH} , м^3 , следует вычислять по формуле

$$Q_{\text{NaOH}} = \frac{Q_{\text{NaOH}}^{\text{ФСД}} \cdot 100}{b_{\text{NaOH}} \cdot 1000}, \quad (\text{Б.33})$$

где b_{NaOH} — концентрация раствора гидроксида натрия; принимают равной 4 %.

Б.4.14 Расход воды на одновременную отмывку катионита и анионита встречными потоками $Q_{\text{отм}}$, м^3 , следует вычислять по формуле

$$Q_{\text{отм}} = \frac{2q_{\text{отм}} f_{\text{ФСД}} t_{\text{отм}}}{60}, \quad (\text{Б.34})$$

где $q_{\text{отм}}$ — скорость фильтрования отмывочной воды; принимают равной 5 м/ч;

$t_{\text{отм}}$ — продолжительность отмывки; принимают равной 60 мин.

Б.4.15 Расход воды на доотмывку катионита и анионита после перемешивания воздухом $Q_{\text{доотм}}$, м^3 , следует вычислять по формуле

$$Q_{\text{доотм}} = q_{\text{доотм}} f_{\text{ФСД}} H_{\text{см}}, \quad (\text{Б.35})$$

где $q_{\text{доотм}}$ — расход воды на доотмывку 1 м^3 смеси; принимают равным 5 м^3 ;

$H_{\text{см}}$ — суммарная высота слоев загрузки, м.

Б.4.16 Общий расход воды на собственные нужды одного фильтра смешанного действия $Q_{\text{с.н}}^{\text{ФСД}}$, $\text{м}^3/\text{сут}$, следует вычислять по формуле

$$Q_{\text{с.н}}^{\text{ФСД}} = Q_{\text{разд}}^{\text{ФСД}} + Q_{\text{к}} + Q_{\text{NaOH}} + Q_{\text{отм}} + Q_{\text{доотм}}. \quad (\text{Б.36})$$

Б.4.17 Часовой расход воды на собственные нужды фильтра смешанного действия $q_{\text{с.н}}^{\text{ФСД}}$, $\text{м}^3/\text{ч}$, следует вычислять по формуле

$$q_{\text{с.н}}^{\text{ФСД}} = \frac{n_{\text{р}}^{\text{ФСД}} Q_{\text{с.н}}^{\text{ФСД}}}{24}. \quad (\text{Б.37})$$

Б.4.18 Время пропуска регенерационного раствора кислоты $t_{\text{к}}$, мин, следует вычислять по формуле

$$t_{\text{к}} = \frac{Q_{\text{к}}^{\text{ФСД}} \cdot 60}{f_{\text{ФСД}} V_{\text{к}}}, \quad (\text{Б.38})$$

где $V_{\text{к}}$ — скорость пропуска раствора кислоты; принимают равной 5 м/ч.

Время пропуска регенерационного раствора щелочи $t_{\text{щ}}$, мин, следует вычислять по формуле

$$t_{\text{щ}} = \frac{Q_{\text{NaOH}} \cdot 60}{f_{\text{ФСД}} V_{\text{щ}}}, \quad (\text{Б.39})$$

где $V_{\text{щ}}$ — скорость пропуска раствора щелочи; принимают равной 5 м/ч.

Б.4.19 Время доотмывки смеси $t_{\text{доотм}}$, мин, следует вычислять по формуле

$$t_{\text{доотм}} = \frac{Q_{\text{доотм}} \cdot 60}{f_{\text{ФСД}} V_{\text{доотм}}}, \quad (\text{Б.40})$$

где $V_{\text{доотм}}$ — скорость доотмывки смеси; принимают равной 10 м/ч.

Б.4.20 Суммарное время регенерации фильтра смешанного действия $\tau_{\text{ФСД}}$, мин, следует вычислять по формуле

$$\tau_{\text{ФСД}} = t_{\text{разд}} + t_{\text{в.л}}^{\text{ФСД}} + t_{\text{к}} + t_{\text{щ}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{доотм}} + t_{\text{неучт}}, \quad (\text{Б.41})$$

где $t_{\text{пер}}$ — время перемешивания смеси воздухом; принимают равным 30 мин;

$t_{\text{неучт}}$ — время на неучтенные операции; принимают равным 30 мин.

Б.4.21 Расчет фильтров смешанного действия с внешней регенерацией следует выполнять по формулам (Б.22) – (Б.33).

Б.4.22 Объем воды на гидроперегрузку шихты из фильтра смешанного действия в фильтр регенерации катионита $Q_{\text{ФРК}}$, м³, следует вычислять по формуле

$$Q_{\text{ФРК}} = \frac{V_{\text{пер}} f_{\text{ФСД}} t_{\text{ФСД}}}{60}, \quad (\text{Б.42})$$

где $V_{\text{пер}}$ — скорость подачи воды на гидроперегрузку; принимают равной 12,5 м/ч;

$f_{\text{ФСД}}$ — площадь фильтра смешанного действия, м²;

$t_{\text{ФСД}}$ — продолжительность перегрузки; принимают равной 30 мин.

Б.3.23 Объемы воды на гидроперегрузку: анионита — из фильтра регенерации катионита в фильтр регенерации анионита; катионита после регенерации — из фильтра регенерации катионита в фильтр запасной шихты; отрегенированного анионита — из фильтра регенерации анионита в фильтр запасной шихты; смеси ионитов — из фильтра запасной шихты обратно в фильтр смешанного действия — следует вычислять по формуле (Б.42) при соответствующих значениях скорости подачи воды, площади фильтров регенераторов и продолжительности гидроперегрузки.

Технологические данные по расчету объемов воды при гидроперегрузке ионитов следует принимать по таблице Б.1.

Таблица Б.1 — Параметры гидроперегрузки ионитов

Вид гидроперегрузки	Скорость подачи воды, м/ч	Продолжительность перегрузки, мин
Смесь ионита из рабочего фильтра смешанного действия в фильтр регенерации катионита	12,5	30
Анионит из фильтра регенерации катионита в фильтр регенерации анионита	15,0	15
Отрегенированный катионит из фильтра регенерации катионита в фильтр запасной шихты	15,0	20
Отрегенированный анионит из фильтра регенерации анионита в фильтр запасной шихты	15,0	20
Смесь отрегенированных ионитов из фильтра запасной шихты в рабочий фильтр смешанного действия	12,5	30

Приложение В (рекомендуемое)

Расчет и проектирование электродиализных установок

В.1 Выбор типа аппарата электродиализной установки следует производить по паспортным данным завода-изготовителя. При этом в зависимости от расхода опресненной воды и общей минерализации исходной воды определяют число ступеней опреснения, количество параллельных аппаратов в каждой ступени, кратность рециркуляции и расход сбрасываемого рассола, а также напряжение и силу постоянного тока на аппаратах всех ступеней для выбора преобразователя тока.

В.2 Гидравлическим расчетом следует определять потери напора в камерах опреснения, системах распределения и сбора внутри аппаратов, подающих и отводящих трубопроводах диализата и рассола.

В.3 При расходе опресненной воды в пределах от 250 до 400 м³/сут следует применять комплексные электродиализные опреснительные установки заводского изготовления, включающие электродиализные аппараты, проточно-рециркуляционные контуры диализата и рассола с баками и насосами, блок электропитания и блок контроля и автоматики.

В.4 Схему опреснения воды рекомендуется принимать прямоточную многоступенчатую с рециркуляцией рассола. В зависимости от общей минерализации опресненной воды, в схеме прямоточной многоступенчатой установки допускается предусматривать рециркуляцию диализата и емкость-смеситель диализата с исходной водой.

В.5 Число ступеней опреснения z прямоточных установок следует определять расчетом в следующем порядке:

$$C_{\text{исх}} \rightarrow \underbrace{\alpha_c C_{\text{исх}}}_{1 \text{ ступень}} \rightarrow \underbrace{\alpha_c^2 C_{\text{исх}}}_{2 \text{ ступень}} \rightarrow \dots \rightarrow \underbrace{\alpha_c^z C_{\text{исх}}}_{z \text{ ступень}} \rightarrow C_{\text{оп}} \quad (\text{В.1})$$

При этом должно соблюдаться условие

$$\alpha_c^z C_{\text{исх}} \leq C_{\text{оп}} \quad (\text{В.2})$$

где $C_{\text{исх}}$ — общая минерализация исходной воды, мг-экв/дм³;

$C_{\text{оп}}$ — общая минерализация опресненной воды, мг-экв/дм³;

α_c — коэффициент предельного снижения общей минерализации диализата в каждой ступени опреснения; вычисляют по формуле

$$\alpha_c = \frac{100 - S_c}{100} \quad (\text{В.3})$$

здесь S_c — снижение общей минерализации обрабатываемой воды за один проход опресняемой воды через аппарат, %; принимают по паспортным данным.

В.6 Количество параллельно работающих аппаратов $N_{\text{ап}}$ в каждой ступени следует вычислять по формуле

$$N_{\text{ап}} = \frac{26,8q \cdot (C_{\text{вх}} - C_{\text{вых}})}{i_p F_m \eta n_{\text{я}}} \quad (\text{В.4})$$

где q — производительность установки, м³/ч;

$C_{\text{вх}}$ — общая минерализация диализата, входящего в аппарат каждой ступени (для первой ступени равна общей минерализации исходной воды), мг-экв/дм³;

$C_{\text{вых}}$ — общая минерализация диализата, выходящего из аппарата той же ступени (для последней ступени равна общей минерализации опресненной воды), мг-экв/дм³;

i_p — рабочая плотность тока, А/см²;

F_m — рабочая (нетто) площадь каждой мембраны, см²;

η — коэффициент выхода по току; для аппаратов с мембранами МА-40 и МК-40 принимают равным 0,85;

$n_{\text{я}}$ — количество ячеек в аппарате; принимают равным не более 200–250 шт.

В.7 Рабочая плотность тока в аппаратах каждой ступени принимается равной ее оптимальному значению, определяемому технико-экономическим расчетом. При этом необходимо принимать значение рабочей плотности тока в аппаратах каждой ступени, не превышающее значение, вычисленное по формуле

$$i_{\text{пред}} = \frac{C_d V p'}{K'}, \quad (\text{В.5})$$

где V' — скорость протекания воды в камере опреснения (средняя по свободному сечению), см/с;
 p', K' — коэффициенты, характеризующие деполяризационные свойства сепаратора-турбулизатора, используемого в аппарате рассматриваемого типа;
 C_d — расчетное значение общей минерализации диализата в камере опреснения; вычисляют по формуле

$$C_d = \frac{C_{\text{вх}} - C_{\text{вых}}}{2,3 \lg \left(\frac{C_{\text{вх}}}{C_{\text{вых}}} \right)}. \quad (\text{В.6})$$

Значения рабочей плотности тока в аппаратах прямоточной многоступенчатой установки вычисляют по формуле

$$\frac{i_{p1}}{i_{p2}} = \frac{i_{p2}}{i_{p3}} = \frac{i_{p3}}{i_{p4}} = \dots = \frac{1}{\alpha_c}, \quad (\text{В.7})$$

где $i_{p1}, i_{p2}, i_{p3}, i_{p4}$ и т. д. — значения рабочей плотности тока в аппаратах первой, второй, третьей, четвертой и последующих ступеней соответственно.

В.8 При определении напряжения на электродах аппаратов всех ступеней (для выбора типа преобразователя тока) следует учитывать: падение напряжения на электродной системе, падение напряжения в мембранном пакете за счет омического сопротивления растворов и мембран, суммарный мембранный потенциал с учетом концентрационной поляризации. Расчет должен производиться для заданной температуры растворов.

Значение удельной электропроводности χ_t диализата и рассола следует определять в зависимости от отношения концентрации сульфатов $[\text{SO}_4^{2-}]$ к общему количеству анионов $\sum A$, от температуры t_c и общей минерализации C_c .

В.9 Общая минерализация рассола на выходе из последней ступени должна быть не выше предельной, определяемой из условий предотвращения выпадения в осадок соединений сульфата кальция (произведение активных концентраций сульфатов и кальция в рассоле не должно превышать произведения растворимости сульфата кальция при температуре рассола в аппарате).

Расчетные значения общей минерализации рассола в каждой ступени определяют так же, как и общей минерализации диализата. Общую минерализацию рассола на входе в аппарат и выходе из него, а также кратность рециркуляции рассола определяют на основе балансовых расчетов.

В.10 Предотвращение отложений солей на поверхности мембран со стороны рассольного тракта и в катодной камере должно обеспечиваться переполюсовкой электродов с одновременным переключением трактов диализата и рассола, а также подкислением рассола и католита.

Дозу кислоты необходимо принимать равной щелочности исходной воды.

Допускается, при обосновании, периодическая промывка трактов с повышенными дозами кислоты.

В.11 Трубопроводы опреснительных установок следует предусматривать из пластмассовых труб, арматуру — футерованную полиэтиленом или эмалированную.

В.12 В каждом из трактов прямоточной установки следует предусматривать возможность контроля расхода, температуры, общей минерализации и показателя pH.

В.13 Для установок производительностью более 400 м³/сут электросиловое оборудование и контрольно-измерительные приборы следует монтировать в отдельном помещении, изолированном от помещения электродиализных аппаратов.

Приложение Г (рекомендуемое)

Дегазация воды

Г.1 Удаление диоксида углерода на пленочном дегазаторе

Г.1.1 Параметры пленочного дегазатора следует принимать в зависимости от исходной концентрации диоксида углерода в воде и требуемой степени его удаления. При обработке природной воды исходную концентрацию диоксида углерода $[CO_2]_{исх}$, мг/дм³, следует принимать по данным химических анализов воды. При их отсутствии допускается принимать исходную концентрацию диоксида углерода по таблице Г.1 с учетом поправочных коэффициентов, приведенных в таблицах Г.2 и Г.3.

Таблица Г.1 — Исходная концентрация диоксида углерода в зависимости от щелочности воды Щ при общей минерализации 200 мг/дм³ и температуре 10 °С

Щелочность Щ, мг-экв/дм ³	Исходная концентрация диоксида углерода $[CO_2]_{исх}$, мг/дм ³ , при pH воды															
	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0
0,5	18	14	10	8	7	6	5	4	3	2	2	2	2	1	1	1
0,6	21	16	13	10	8	7	6	5	4	3	2	2	2	1	1	1
0,7	24	18	15	12	10	8	7	5	4	3	3	3	2	1	1	1
0,8	28	21	18	14	11	9	7	6	5	4	3	3	2	1	1	1
0,9	32	24	20	15	13	10	8	6	5	4	4	4	2	1	1	1
1,0	36	27	23	17	14	11	9	7	5	4	4	4	3	2	2	1
1,1	39	30	25	19	15	12	9	7	6	5	4	4	3	2	2	1
1,2	43	33	27	21	17	13	10	8	6	5	4	4	3	2	2	1
1,3	47	36	29	23	18	14	11	8	7	6	5	4	3	3	2	1
1,4	50	39	31	24	19	15	12	9	8	6	5	4	3	3	2	2
1,5	54	41	33	26	21	17	13	10	8	7	5	5	3	3	3	2
1,6	58	44	36	28	22	18	14	11	9	7	5	5	4	3	3	2
1,7	61	47	38	30	23	20	15	11	10	7	6	5	4	3	3	2
1,8	64	50	40	31	25	21	16	12	11	8	6	5	4	3	3	2
1,9	68	52	42	33	26	22	17	13	11	9	6	6	4	3	3	2
2,0	72	55	44	35	28	23	18	14	12	10	7	6	5	4	3	2
2,5	90	69	56	44	35	28	22	18	14	12	9	7	6	5	4	3
3,0	108	83	67	53	42	34	27	22	17	14	11	8	7	6	5	3
3,5	—	97	79	62	49	39	31	25	19	16	12	9	8	7	5	4
4,0	—	111	90	71	56	45	35	28	22	18	14	11	10	8	6	5
4,5	—	—	100	79	63	50	40	32	25	21	16	12	11	9	7	5
5,0	—	—	—	88	70	56	44	36	28	23	18	14	12	10	8	6
5,5	—	—	—	97	77	62	48	39	31	25	19	15	13	11	9	6
6,0	—	—	—	106	85	68	53	43	33	27	21	17	14	12	9	7
6,5	—	—	—	—	92	74	57	46	36	29	23	18	15	12	10	8

Окончание таблицы Г.1

Щелочность Щ, мг-экв/дм ³	Исходная концентрация диоксида углерода $[CO_2]_{исх}$, мг/дм ³ , при pH воды															
	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0
7,0	—	—	—	—	99	79	61	50	39	31	25	19	16	13	10	9
7,5	—	—	—	—	106	85	66	54	42	33	26	21	17	14	11	10
8,0	—	—	—	—	—	90	70	57	44	35	28	22	18	15	12	10

Таблица Г.2 — Значения коэффициента K_β

Общая минерализация, мг/дм ³	100	200	300	400	500	750	1000
Коэффициент K_β	1,05	1,0	0,96	0,94	0,92	0,87	0,83

Таблица Г.3 — Значения коэффициента K_t

Температура воды, °C	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60
Коэффициент K_t	1,28	1,12	1,0	0,9	0,83	0,78	0,74	0,7	0,66	0,65

Г.1.2 Для воды, обработанной на водород-катионитном фильтре, исходную концентрацию диоксида углерода $[CO_2]_{К.исх}$, мг/дм³, следует вычислять по формуле

$$[CO_2]_{К.исх} = [CO_2]_{исх} + 44Щ, \quad (Г.1)$$

где $[CO_2]_{исх}$ — исходная концентрация свободного диоксида углерода в воде, мг/дм³; определяют по Г.1.1;

Щ — щелочность исходной воды, мг-экв/дм³.

Г.1.3 Загрузку пленочного дегазатора следует предусматривать цилиндрическими кислотоупорными керамическими насадками по ГОСТ 17612 или с деревянной хордовой насадкой из брусков. Площадь поперечного сечения дегазатора следует определять исходя из плотности орошения при керамической насадке 60 м³/ч на 1 м² площади дегазатора, при деревянной хордовой насадке — 40 м³/ч на 1 м² площади дегазатора.

Вентилятор дегазатора должен обеспечивать подачу 15 м³ воздуха на 1 м³ воды. Определение давления, развиваемого вентилятором, следует производить с учетом сопротивления керамической насадки, принимаемого равным 0,3 кПа на 1 м высоты слоя насадки, сопротивление деревянной хордовой насадки — 0,1 кПа. Прочие сопротивления следует принимать равными от 0,30 до 0,40 кПа.

Г.1.4 Высоту слоя насадки, достаточную для обеспечения необходимой степени удаления диоксида углерода из воды, следует определять по таблице Г.4 в зависимости от концентрации диоксида углерода в подаваемой на дегазатор воде, определенного согласно Г.1.1 или Г.1.2.

Насадку следует размещать на перфорированной плите перекрытия, устанавливаемой над дном поддона на высоте не менее 0,6 м.

Диаметр подводящих и отводящих трубопроводов следует принимать из условия обеспечения скорости воздуха в них от 5 до 6 м/с.

Таблица Г.4 — Высота слоя насадки в дегазаторе

Исходная концентрация диоксида углерода $[CO_2]_{исх}$ в воде, подаваемой на дегазатор, мг/дм ³	Высота слоя насадки в дегазаторе, м	
	кислотоупорной керамической	деревянной хордовой
50	3,0	4,0
100	4,0	5,2
150	4,7	6,0

Окончание таблицы Г.4

Исходная концентрация диоксида углерода $[\text{CO}_2]_{\text{исх}}$ в воде, подаваемой на дегазатор, мг/дм ³	Высота слоя насадки в дегазаторе, м	
	кислотоупорной керамической	деревянной хордовой
200	5,1	6,5
250	5,5	6,8
300	5,7	7,0

Распределение воды по площади дегазатора следует предусматривать путем устройства распределительной плиты, оснащенной патрубками, верхний срез которых должен находиться на 0,1 м выше отметки поверхности плиты. Отвод обработанной воды из дегазатора следует производить через гидравлический затвор.

Остаточную концентрацию диоксида углерода после обработки на пленочном дегазаторе следует принимать от 3 до 5 мг/дм³.

Г.2 Удаление диоксида углерода в брызгальных бассейнах

При удалении диоксида углерода в брызгальных бассейнах гидравлическую нагрузку следует принимать не более 1,5 м³/(м²·ч), давление перед соплами — не менее 50 кПа, пропускную способность сопел следует принимать по данным производителей. При отсутствии таких данных допускается принимать расход для щелевых сопел 35 м³/ч, винтовых — 15 м³/ч, тангенциальных — 10 м³/ч. Сопла следует располагать на высоте не менее 1,0 м над уровнем воды в бассейне. Эффективность удаления диоксида углерода в брызгальных бассейнах допускается принимать от 65 % до 70 % от начальной концентрации.

Г.3 Химические методы дегазации

Г.3.1 Химические методы дегазации, как правило, следует применять для снижения концентрации в воде растворенного кислорода.

Г.3.2 Обработка воды сульфитом натрия с целью снижения концентрации в воде растворенного кислорода основана на реакции окисления сульфита растворенным кислородом с образованием сульфатов. Обработка воды сульфитом натрия приводит к увеличению общей минерализации воды на 10–12 мг/дм³ на 1 мг/дм³ растворенного кислорода.

При обработке воды сульфитом натрия рекомендуемая температура обрабатываемой воды должна быть не ниже 80 °С, pH — не более 8,0. Дозу сульфита натрия $D_{\text{Na}_2\text{SO}_3}$, мг/дм³, следует вычислять по формуле

$$D_{\text{Na}_2\text{SO}_3} = \frac{8[\text{C}_{\text{O}_2}] + K}{A}, \quad (\text{Г.2})$$

где $[\text{C}_{\text{O}_2}]$ — концентрация в воде растворенного кислорода, мг/дм³;

K — избыток реагента; для обеспечения надежности связывания кислорода принимают в пределах от 2,0 до 3,0 мг/дм³;

A — содержание активной части реагента в продукте, в долях единицы.

Содержание активной части реагента в продукте A , в долях единицы, следует принимать по ГОСТ 5644 в пересчете на химически чистый сульфит натрия (Na_2SO_3).

Дозирование сульфита натрия следует производить раствором концентрацией от 3,0 % до 6,0 %. При приготовлении раствора сульфита натрия в растворных и расходных баках следует не допускать контакта раствора с атмосферным воздухом.

Г.3.3 Обработка гидразином с целью снижения концентрации кислорода в воде основана на реакции окисления гидразина растворенным кислородом с образованием воды и азота. Для обработки следует применять гидразин-гидрат или гидразин сульфат.

При обработке воды гидразином без катализаторов рекомендуемая температура обрабатываемой воды выше 100 °С, рН — от 8 до 12. Дозу гидразина D_r , мг/дм³, в пересчете на N₂H₄, следует вычислять по формуле

$$D_r = [C_{O_2}] + 0,15 \cdot [C_{Fe}] + 0,25 \cdot [C_{Cu}] + K_r, \quad (Г.3)$$

где $[C_{Fe}]$ — концентрация в воде железа, мг/дм³;

$[C_{Cu}]$ — концентрация в воде меди, мг/дм³;

K_r — избыток гидразина; используют для обеспечения надежности связывания кислорода, мг/дм³.

Избыток реагента, используемый для обеспечения надежности связывания кислорода K_r , следует принимать равным 0,06 мг/дм³.

Дозирование гидразина следует производить раствором концентрацией не более 1,0 %. Рекомендуемая концентрация раствора гидразина в растворных баках — 20 %.

Г.4 Термическая деаэрация

Г.4.1 Конструкции термических деаэраторов должны соответствовать требованиям ГОСТ 16860. Допускается применение других конструкций деаэраторов при обосновании.

Г.4.2 В деаэраторах следует предусматривать деаэрацию всех поступающих потоков воды, в которых могут содержаться растворенные газы.

Г.4.3 В деаэраторах, как правило, следует применять двухступенчатую схему деаэрации, при этом в качестве второй ступени рекомендуется применять барботаж.

Г.4.4 Ступени деаэрационной установки должны функционировать в непрерывном режиме, для предотвращения возникновения циркуляционных потоков, которые могут привести к проникновению необработанных масс воды в отводящий трубопровод обработанной воды. В деаэрационных аппаратах не должно быть застойных зон воды и пара.

Емкость деаэраторных баков выбирают из расчета трехминутной работы питательных насосов после прекращения подачи воды в деаэратор. Уровень воды в деаэраторе должен соответствовать требуемому и контролироваться с помощью водомерного стекла. При достижении предельно допустимого уровня следует предусматривать слив избытка воды через переливное устройство.

Давление в деаэраторе необходимо поддерживать постоянным.

Г.4.5 В деаэраторе и парогазовом объеме бака аккумулятора следует предусматривать достаточную степень вентиляции паром. На всем пути обработки между паром и водой следует обеспечить движение противотоком и поддержание максимальной разности между равновесным давлением газа, соответствующим его концентрации в воде, и его парциальным давлением над водой.

Г.4.6 На каждую ступень деаэратора необходимо подводить требуемое количество пара. Парциальное давление удаляемых газов в паре следует поддерживать минимальным. Исходные потоки воды должны быть подогреты до температуры насыщения, соответствующей давлению в деаэраторе. В деаэраторах должна исключаться возможность вторичной аэрации воды.

Приложение Д (рекомендуемое)

Удаление кремниевой кислоты

Д.1 Удаление кремниевой кислоты реагентной обработкой известью

Д.1.1 Удаление кремниевой кислоты реагентной обработкой известью следует предусматривать при исходной концентрации кремниевой кислоты в исходной воде не более 20 мг/дм^3 в пересчете на SiO_3^{2-} , а также при концентрации ионов магния в соотношении 5–6 мг на 1 мг SiO_3^{2-} . При температуре обрабатываемой воды от 20°C до 30°C эффективность удаления кремниевой кислоты следует принимать от 25 % до 30 %.

При нагревании обрабатываемой воды до температуры от 80°C до 90°C достигается остаточная концентрация кремниевой кислоты от 0,4 до $0,5 \text{ мг/дм}^3$. Значение показателя pH при обработке воды следует поддерживать в пределах от 10,2 до 10,3.

Д.1.2 При удалении кремниевой кислоты обработкой известью следует предусматривать подачу реагента в сатуратор, осветление в фильтрах с последующим удалением избытка гидроксида кальция в скрубберах продувкой дымовыми газами. Для доочистки воды от осадка карбоната кальция, образующегося при продувке дымовыми газами в скрубберах, следует предусматривать обработку в осветлителях и скорых фильтрах. При необходимости после скорого фильтра следует направлять воду на буферный натрий-катионитный фильтр с термостойким катионитом.

Д.2 Удаление кремниевой кислоты реагентной обработкой солями трехвалентного железа

Д.2.1 Для удаления кремниевой кислоты следует предусматривать дозирование хлорида железа FeCl_3 или сульфата железа $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ при их расходе по безводному веществу от 10 до 15 мг/дм^3 на 1 мг/дм^3 удаляемой кремниевой кислоты в пересчете на SiO_3^{2-} . Значение показателя pH при обработке следует поддерживать в пределах от 8,5 до 9,5 добавлением извести. Дозу добавляемой извести $D_{\text{и}}$, мг/дм^3 , следует вычислять по формуле

$$D_{\text{и}} = 28 \cdot \left(\frac{[\text{CO}_2]}{22} + \frac{D_{\text{к}}}{e_{\text{к}}} \right), \quad (\text{Д.1})$$

где $[\text{CO}_2]$ — концентрация диоксида углерода в исходной воде, мг/дм^3 ;
 $D_{\text{к}}$ — доза коагулянта в пересчете на безводный продукт, мг/дм^3 ;
 $e_{\text{к}}$ — эквивалентная масса активного вещества коагулянта, мг/мг-экв .

Эквивалентную массу активного вещества коагулянта следует принимать для FeCl_3 равной 54 мг/мг-экв , для $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ — 67 мг/мг-экв .

Д.2.2 Задержание соединений кремниевой кислоты следует осуществлять в осветлителях со слоем взвешенного осадка. Скорость восходящего потока в осветлителе следует поддерживать в пределах от 0,9 до 1,0 мм/с , высоту слоя взвешенного осадка — не менее 2,5 м, а также предусматривать отведение расхода жидкости из слоя взвешенного осадка в осадкоуплотнитель в пределах от 20 % до 25 % от расхода поступающей в осветлитель воды.

При необходимости следует предусматривать доочистку воды после осветлителя на скорых фильтрах. Остаточная концентрация кремниевой кислоты достигается в пределах от 3 до 5 мг/дм^3 .

Д.3 Удаление кремниевой кислоты реагентной обработкой солями алюминия

Д.3.1 Для удаления кремниевой кислоты реагентной обработкой солями алюминия следует предусматривать дозирование сульфата алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ и алюмината натрия NaAlO_2 . Допускается также использование других коагулянтов, содержащих алюминий, при обосновании.

Д.3.2 Дозу сульфата алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ следует принимать до 15 мг/дм^3 на 1 мг/дм^3 удаляемой кремниевой кислоты в пересчете на SiO_3^{2-} . Значение показателя pH при обработке следует поддерживать в пределах от 8,5 до 9,0 добавлением извести. Дозу добавляемой извести следует вычислять по формуле (Д.1).

Эквивалентную массу активного вещества коагулянта следует принимать для $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ равной 57 мг/мг-экв. Задержание соединений кремниевой кислоты следует осуществлять в осветлителях со слоем взвешенного осадка с параметрами, указанными в Д.2.

Д.3.3 При дозировании алюмината натрия NaAlO_2 его дозу следует назначать в пересчете на Al_2O_3 в пределах от 2,0 до 2,6 мг на 1 мг удаляемой кремниевой кислоты в пересчете на SiO_2 . Значение показателя pH при обработке следует поддерживать в пределах от 8,6 до 9,5.

Остаточная концентрация кремниевой кислоты при температуре от 20 °С до 30 °С достигается в пределах от 8 до 10 мг/дм³, при повышении температуры до 40 °С — 2 мг/дм³.

Для снижения концентрации алюминия в обработанной воде рекомендуется сочетать дозирование алюмината натрия NaAlO_2 с хлоридом железа FeCl_3 . Остаточная концентрация алюминия достигается в пределах от 0,2 до 0,3 мг/дм³.

Д.4 Удаление кремниевой кислоты реагентной обработкой оксидом магния и магнезитовыми реагентами

Д.4.1 Для удаления кремниевой кислоты реагентной обработкой оксидом магния следует предусматривать его дозирование в виде порошка MgO при дозе от 1,8 до 3,2 мг на 1,0 мг удаляемой кремниевой кислоты в пересчете на SiO_3^{2-} . Допускается дозировать соединения магния в виде хлорида или сульфата. Значение показателя pH при обработке следует поддерживать в пределах от 9,6 до 10,0. Остаточная концентрация кремниевой кислоты достигается в пределах от 4 до 6 мг/дм³ при температуре от 50 °С до 55 °С.

При этой же температуре остаточная концентрация кремниевой кислоты может быть снижена до 2,0 мг/дм³ при увеличении дозы оксида магния в пределах от 5 до 7 мг на 1 мг удаляемой кремниевой кислоты в пересчете на SiO_3^{2-} .

При температуре от 85 °С до 100 °С остаточная концентрация кремниевой кислоты может достигать до 0,5 мг/дм³ при дозе оксида магния в пределах от 5 до 7 мг на 1 мг удаляемой кремниевой кислоты в пересчете на SiO_3^{2-} .

При обработке воды оксидом магния следует предусматривать рециркуляцию шлама из отстойников в смеситель или камеру реакции для снижения расхода реагента.

Д.4.2 При использовании для удаления кремниевой кислоты магнезитовых реагентов (обоженного доломита $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$, полуобоженного каустического доломита $\text{MgO} \cdot \text{CaCO}_3$, каустического магнезита MgCO_3) значение показателя pH при обработке следует поддерживать более 10,0, температуру — в пределах от 40 °С до 50 °С.

Дозу указанных магнезитовых реагентов D_o , мг/дм³, следует вычислять по формуле

$$D_o = ([\text{SiO}_3^{2-}] \cdot 12 - 1,7 \cdot [\text{Mg}^{2+}]) \cdot \frac{100}{C_{\text{MgO}}}, \quad (\text{Д.2})$$

где $[\text{SiO}_3^{2-}]$ — концентрация ионов кремниевой кислоты в исходной воде, мг/дм³;

$[\text{Mg}^{2+}]$ — концентрация ионов магния в исходной воде, мг/дм³;

C_{MgO} — содержание MgO в магнезитовых реагентах, %.

При щелочности обрабатываемой воды более 2 мг-экв/дм³ следует предусматривать дополнительное дозирование извести для предотвращения растворения гидроксида магния. Дозу извести $D_{\text{и}}$, мг/дм³, следует вычислять по формуле

$$D_{\text{и}} = \left[28 \cdot \left(\frac{[\text{CO}_2]}{22} + J_{\text{к}} + \frac{[\text{Mg}^{2+}]}{12} + \frac{D_{\text{к}}}{e_{\text{к}}} + 0,5 \right) - \frac{D_o C_{\text{CaO}}}{100} \right] \cdot \frac{100}{C_{\text{и}}}, \quad (\text{Д.3})$$

где $[\text{CO}_2]$ — концентрация в исходной воде свободного диоксида углерода, мг/дм³;

$J_{\text{к}}$ — карбонатная жесткость исходной воды, мг-экв/дм³;

$[\text{Mg}^{2+}]$ — концентрация ионов магния в исходной воде, мг/дм³;

$D_{\text{к}}$ — доза коагулянта (FeSO_4 или FeCl_3), вводимого для интенсификации осаждения взвеси, мг/дм³;

$e_{\text{к}}$ — эквивалентная масса активного вещества коагулянта, мг/мг-экв. Для FeSO_4 эквивалентную массу активного вещества коагулянта следует принимать равной 76 мг/мг-экв, для FeCl_3 — 54 мг/мг-экв;

C_{CaO} — содержание CaO в магнезитовых реагентах, %;
 $C_{и}$ — содержание CaO в извести, %.

Д.4.3 Задержание соединений кремниевой кислоты при дозировании магнезитовых реагентов следует осуществлять в осветлителях со слоем взвешенного осадка. Высоту слоя взвешенного осадка следует принимать от 3,5 до 4,0 м, высоту зоны осветления — от 2,0 до 2,5 м, скорость восходящего потока — в пределах от 0,7 до 0,8 мм/с. Следует предусматривать отведение в осадкоуплотнитель расхода жидкости из слоя взвешенного осадка в пределах от 30 % от 40 % от расхода поступающей в осветлитель воды. Продолжительность контакта реагента с водой принимают в пределах от 60 до 90 мин.

Д.5 Удаление кремниевой кислоты фильтрованием через слой загрузки из магнезиальных сорбентов и активированного оксида алюминия

Д.5.1 Для удаления кремниевой кислоты фильтрованием следует предусматривать пропуск воды через слой загрузки из магнезиальных материалов. В качестве загрузки следует использовать дробленые:

- обожженный доломит;
- полубоженный каустический доломит;
- каустический магнезит;
- каустический магнезит, обработанный соляной кислотой или хлоридом магния;
- активированный оксид алюминия.

Д.5.2 При использовании загрузки каустического магнезита, обработанного соляной кислотой или хлоридом магния высоту загрузки фильтра следует принимать в пределах от 3,5 до 4,0 м, диаметр зерен загрузки — от 0,5 до 1,5 мм, скорость фильтрования — не более 10 м/ч, емкость по задерживаемой кремниевой кислоте — от 85 до 90 кг/м³ в пересчете на SiO₂, температуру обрабатываемой воды — не ниже 40 °С. Остаточная концентрация кремниевой кислоты после обработки достигается в пределах от 0,1 до 0,3 мг/дм³.

Д.5.3 При использовании загрузки активированного оксида алюминия высоту загрузки фильтра следует принимать в пределах от 1,5 до 2,0 м, диаметр зерен загрузки — от 1,0 до 1,5 мм, скорость фильтрования — не более 6–8 м/ч, емкость по задерживаемой кремниевой кислоте — от 10 до 12 кг/м³ в пересчете на SiO₂. Остаточная концентрация кремниевой кислоты после обработки достигается в пределах от 0,3 до 0,5 мг/дм³. Регенерацию загрузки следует производить 0,1 %-ным раствором NaOH.

Д.6 Удаление кремниевой кислоты ионообменным методом

Д.6.1 Для удаления кремниевой кислоты ионообменным методом следует предусматривать:

- двухступенчатую схему ионообменного обессоливания — для получения воды с остаточным содержанием кремниевой кислоты после обработки не более 0,2 мг/дм³;
- трехступенчатую схему ионообменного обессоливания — для получения воды с остаточным содержанием кремниевой кислоты после обработки не более 0,05 мг/дм³.

На ионообменные установки должна подаваться вода с общей минерализацией не более 3 г/дм³, содержанием сульфатов и хлоридов не более 5 мг-экв/дм³, взвешенных веществ — не более 8 мг/дм³, цветностью — не более 30 градусов, перманганатной окисляемостью — не более 7 мг/дм³.

Д.6.2 При использовании двухступенчатой схемы ионообменного обессоливания следует предусматривать последовательный пропуск воды через водород-катионитные фильтры первой ступени с сильнокислотным катионитом, анионитные фильтры первой ступени со слабоосновным анионитом, водород-катионитные фильтры второй ступени с сильнокислотным катионитом, дегазатор, анионитные фильтры второй ступени с сильноосновным анионитом.

Д.6.3 При использовании трехступенчатой схемы ионообменного обессоливания следует предусматривать последовательный пропуск воды через водород-катионитные фильтры первой ступени с сильнокислотным катионитом, анионитные фильтры первой ступени со слабоосновным анионитом, водород-катионитные фильтры второй ступени с сильнокислотным катионитом, дегазатор, анионитные фильтры второй ступени с сильноосновным анионитом, водород-катионитные фильтры третьей ступени с сильнокислотным катионитом, анионитные фильтры третьей ступени с сильноосновным анионитом.

Приложение Е (рекомендуемое)

Обработка охлаждающей воды хлором и медным купоросом

Е.1 Для предупреждения бактериального биологического обрастания теплообменных аппаратов и трубопроводов следует применять хлорирование в течение 40–60 мин с периодичностью 2–6 раз в сутки. Доза хлора должна обеспечивать концентрацию остаточного активного хлора в оборотной воде после наиболее удаленных теплообменных аппаратов не менее 1 мг/дм³ в течение 30–40 мин.

Е.2 Для предупреждения обрастания водорослями градирен, брызгальных бассейнов и оросительных теплообменных аппаратов следует применять с периодичностью 3–4 раза в месяц обработку медным купоросом по ГОСТ 19347 дозой от 1 до 2 мг/дм³ в пересчете на медь при его дозировании в оборотную воду в течение 1 ч. Концентрацию раствора медного купороса в растворном баке следует принимать от 2 % до 4 %.

Е.3 Допускается сочетать дозирование сульфата меди с параметрами, указанными в Е.2, и хлорирование дозами от 7 до 10 мг/дм³.

Е.4 Для предотвращения цветения воды в водохранилищах-охладителях рекомендуется обработка воды медным купоросом дозой от 0,1 до 0,5 мг/дм³ в пересчете на медь из расчета на объем верхнего слоя воды в водохранилище-охладителе толщиной от 1,0 до 1,5 м или на весь объем воды в водохранилище-охладителе.

Е.5 Рекомендации по обработке воды медным купоросом не распространяются на водохранилища-охладители (пруды) рыбохозяйственного значения.

Приложение Ж (рекомендуемое)

Обработка охлаждающей воды для предотвращения карбонатных и сульфатных отложений

Ж.1 Подкисление

Ж.1.1 При подкислении воды дозу кислоты $D_{\text{кис}}$, мг/дм³, в расчете на добавочную воду вычисляют по формуле

$$D_{\text{кис}} = \frac{100e_{\text{кис}} \cdot \left(\frac{\text{Щ}_{\text{доб}} - \text{Щ}_{\text{об}}}{K_{\text{к.с}}} \right)}{C_{\text{кис}}}, \quad (\text{Ж.1})$$

где $e_{\text{кис}}$ — эквивалентная масса кислоты, мг/мг-экв; следует принимать:

— для серной кислоты — 49 мг/мг-экв;
— для соляной — 36,5 мг/мг-экв;

$\text{Щ}_{\text{доб}}$ — щелочность добавочной воды, мг-экв/дм³;

$\text{Щ}_{\text{об}}$ — щелочность оборотной воды, мг-экв/дм³, устанавливают при обработке воды кислотой;

$C_{\text{кис}}$ — содержание H₂SO₄ или HCl в технической кислоте, %;

$K_{\text{к.с}}$ — коэффициент концентрирования солей, не выпадающих в осадок; определяют по формуле (8.4).

Щелочность оборотной воды $\text{Щ}_{\text{об}}$, мг-экв/дм³, следует вычислять по формуле

$$\text{Щ}_{\text{об}} = 0,1N_0 \cdot \sqrt{4,84N_0^2 \cdot (P - P_1) + (100 - P) \cdot [\text{CO}_2]_{\text{охл}} + P \cdot [\text{CO}_2]_{\text{доб}} + 44\text{Щ}_{\text{доб}}P - 0,22N_0^2 \cdot (P - P_1)}, \quad (\text{Ж.2})$$

где N_0 — параметр; вычисляют по формуле

$$N_0 = \psi \cdot \sqrt{K_{\text{к.с}} \cdot [\text{Ca}]_{\text{доб}}}, \quad (\text{Ж.3})$$

здесь ψ — параметр, зависящий от общей минерализации оборотной воды $S_{\text{об}}$ и температуры охлажденной воды t_2 ; принимают по таблице Ж.1;

$[\text{Ca}]_{\text{доб}}$ — концентрация кальция в добавочной воде, мг/дм³;

$[\text{CO}_2]_{\text{охл}}$ — концентрация диоксида углерода в охлажденной воде, мг/дм³; определяют по таблице Ж.2 в зависимости от щелочности добавочной воды и коэффициента концентрирования солей в системе $K_{\text{к.с}}$;

$[\text{CO}_2]_{\text{доб}}$ — концентрация диоксида углерода в добавочной воде, мг/дм³;

P — суммарные потери воды из системы, %; вычисляют по формуле

$$P = P_1 + P_2 + P_3, \quad (\text{Ж.4})$$

здесь P_1 — потери воды из системы на испарение, % расхода оборотной воды;

P_2 — потери воды из системы на унос ветром, % расхода оборотной воды;

P_3 — потери воды из системы на сброс (продувку), % расхода оборотной воды.

Значение общей минерализации оборотной воды $S_{\text{об}}$, мг/дм³, вычисляют по формуле

$$S_{\text{об}} = S_{\text{доб}} K_{\text{к.с}}, \quad (\text{Ж.5})$$

где $S_{\text{доб}}$ — общая минерализация добавочной воды, мг/дм³.

Ж.1.2 При обработке воды кислотой продувку системы оборотного водоснабжения допускается не предусматривать, если при уносе воды ветром на охладителе и отборе воды на технологические нужды коэффициент концентрирования солей не достигает значения, при котором происходит увеличение концентрации сульфатов, вызывающее выпадение сульфата кальция в осадок.

Таблица Ж.1 — Значения параметра ψ в зависимости от общей минерализации оборотной воды $S_{об}$ и температуры охлажденной воды t_2

Температура охлажденной воды t_2 , °C	Значения параметра ψ при общей минерализации оборотной воды $S_{об}$, мг/дм ³														
	200	400	600	800	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000
	Ионная сила раствора (охлажденной воды) μ , г-экв/дм ³														
	0,0049409	0,009882	0,0148232	0,0197643	0,0247055	0,0365233	0,0548014	0,0666192	0,0822021	0,094019	0,1096028	0,1214206	0,1370035	0,1488213	0,1644042
5	8,29	8,96	9,49	9,93	10,32	11,11	12,1	12,65	13,29	13,74	14,28	14,7	15,13	15,47	15,89
10	8,09	8,75	9,26	9,69	10,07	10,84	11,81	12,34	12,97	13,41	13,93	14,35	14,76	15,1	15,5
15	7,82	8,47	8,96	9,38	9,75	10,49	11,42	11,94	12,55	12,97	13,48	13,89	14,29	14,61	15,0
20	7,53	8,14	8,62	9,02	9,37	10,09	10,99	11,49	12,07	12,48	12,98	13,35	13,74	14,05	14,43
25	7,18	7,76	8,22	8,6	8,94	9,62	10,48	10,96	11,51	11,9	12,37	12,74	13,1	13,4	13,76
30	6,83	7,39	7,82	8,18	8,5	9,15	9,97	10,42	10,95	11,32	11,77	12,12	12,47	12,75	13,09
35	6,38	6,9	7,31	7,64	7,95	8,55	9,31	9,74	10,23	10,58	10,99	11,32	11,65	11,91	12,23
40	5,91	6,39	6,76	7,08	7,36	7,92	8,62	9,02	9,47	9,79	10,18	10,48	10,78	11,03	11,32

Таблица Ж.2

Щелочность добавочной воды Щ _{доб} , мг-экв/дм ³	Коэффициент концентрирования солей K _{к.с}									
	при подкислении					при декарбонизации				
	Концентрация диоксида углерода [CO ₂] _{охл} в воде, охлажденной на градирнях, мг/дм ³									
	1,2	1,5	2	2,5	3	1,2	1,5	2	2,5	3
1	—	0,6	0,6	0,5	0,5	0,2	0,7	0,9	1,5	2,4
2	2,2	2,1	2,1	2	2	1,8	3,3	6,9	12	18,9
3	3,6	2,8	2,5	2,3	2,2	6	10	26	34	36
4	5,3	4,6	3,8	3,5	3,4	12	28	36	40	43
5	9	6,4	5,1	4,5	4,3	34	36	40	—	—
6	16,3	9	7,6	6	5,4	—	—	—	—	—

Примечание — При охлаждении воды в брызгальных бассейнах и водохранилищах-охладителях значения [CO₂]_{охл} следует принимать на основании данных технологических изысканий.

Ж.1.3 Сульфат кальция не выпадает в осадок в системе оборотного водоснабжения, если произведение активных концентраций ионов Ca^{2+} и SO_4^{2-} в оборотной воде не превышает произведение растворимости сульфата кальция согласно условию

$$f_{\text{и}}^2 \cdot [\text{Ca}] \cdot [\text{SO}_4] \cdot K_{\text{к.с}}^2 < \text{ПР}_{\text{CaSO}_4}, \quad (\text{Ж.6})$$

где $\text{ПР}_{\text{CaSO}_4}$ — произведение растворимости сульфата кальция; при температуре воды от 25 °С до 60 °С следует принимать равным $2,4 \cdot 10^{-5}$;

$f_{\text{и}}$ — коэффициент активности двухвалентных ионов; принимают по таблице Ж.3 в зависимости от ионной силы раствора (охлажденной воды) μ , г-экв/дм³, которую вычисляют по формуле

$$\mu = \frac{K_{\text{к.с}}}{2} \cdot \left[([\text{Cl}'] + [\text{HCO}_3] + [\text{Na}]) + 4 \cdot ([\text{Ca}] + [\text{Mg}] + [\text{SO}_4']) \right], \quad (\text{Ж.7})$$

здесь $[\text{Cl}']$ — концентрация хлоридов в подкисленной добавочной воде, г-экв/дм³;

$[\text{HCO}_3]$ — концентрация бикарбонатных ионов в добавочной воде, г-экв/дм³;

$[\text{Na}]$ — концентрация ионов натрия в добавочной воде, г-экв/дм³;

$[\text{Ca}]$ — концентрация ионов кальция в добавочной воде, г-экв/дм³;

$[\text{Mg}]$ — концентрация ионов магния в добавочной воде, г-экв/дм³;

$[\text{SO}_4']$ — концентрация сульфатов в подкисленной добавочной воде, г-экв/дм³.

Таблица Ж.3

Ионная сила раствора (охлажденной воды) μ , г-экв/дм ³	Коэффициент активности двухвалентных ионов $f_{\text{и}}$
0,01	0,67
0,02	0,58
0,03	0,53
0,04	0,50
0,05	0,47
0,06	0,45

Окончание таблицы Ж.3

Ионная сила раствора (охлажденной воды) μ , г-экв/дм ³	Коэффициент активности двухвалентных ионов f_u
0,07	0,43
0,08	0,41
0,09	0,39
0,10	0,38
0,11	0,36
0,12	0,35
0,13	0,34
0,14	0,32
0,15	0,31
0,16	0,30

Ж.1.4 При подкислении серной кислотой концентрацию хлоридов $[C'_{Cl}]$ и сульфатов $[C'_{SO_4}]$ в подкисленной добавочной воде, г-экв/дм³, вычисляют по формулам:

$$[C'_{Cl}] = [C_{Cl}], \quad (\text{Ж.8})$$

$$[C'_{SO_4}] = [C_{SO_4}] + \left(\frac{D_{\text{кис}}}{98\,000} \right) \cdot \left(\frac{C_{\text{кис}}}{100} \right). \quad (\text{Ж.9})$$

При подкислении соляной кислотой концентрацию хлоридов $[C'_{Cl}]$ и сульфатов $[C'_{SO_4}]$ в подкисленной добавочной воде, г-экв/дм³, вычисляют по формулам:

$$[C'_{SO_4}] = [C_{SO_4}], \quad (\text{Ж.10})$$

$$[C'_{Cl}] = [C_{Cl}] + \left(\frac{D_{\text{кис}}}{36\,500} \right) \cdot \left(\frac{C_{\text{кис}}}{100} \right). \quad (\text{Ж.11})$$

В формулах (Ж.8) – (Ж.11):

$[C_{Cl}]$ — концентрация хлоридов в добавочной воде до подкисления, г-экв/дм³;

$[C_{SO_4}]$ — концентрация сульфатов в добавочной воде до подкисления, г-экв/дм³;

$D_{\text{кис}}$ — доза кислоты, мг/дм³; вычисляют по формуле (Ж.1).

Если без продувки условие по формуле (Ж.6) не соблюдается, то необходимо предусматривать продувку, которая обеспечит соблюдение этого условия.

Ж.2 Рекарбонизация

Ж.2.1 При рекарбонизации дозу диоксида углерода D_{CO_2} , мг/дм³, в расчете на расход оборотной воды следует вычислять по формуле

$$D_{CO_2} = \left(\frac{\Psi_{\text{доб}} K_{\text{к.с}}}{N_0} \right)^2 - \frac{(100 - P) \cdot [CO_2]_{\text{охл}}}{100} - \frac{P \cdot [CO_2]_{\text{доб}}}{100}, \quad (\text{Ж.12})$$

где $\Psi_{\text{доб}}$ — щелочность добавочной воды, мг-экв/дм³;

$K_{\text{к.с}}$ — коэффициент концентрирования солей, не выпадающих в осадок; вычисляют по формуле (8.4);

- $[\text{CO}_2]_{\text{охл}}$ — концентрация диоксида углерода в охлажденной воде, мг/дм³; определяют по таблице Ж.2 в зависимости от щелочности добавочной воды и коэффициента концентрирования солей в системе $K_{\text{к.с}}$;
- $[\text{CO}_2]_{\text{доб}}$ — концентрация диоксида углерода в добавочной воде, мг/дм³;
- N_0 — параметр; вычисляют по формуле (Ж.3);
- P — суммарные потери воды из системы, %; вычисляют по формуле (Ж.4).

Ж.2.2 Введение дымовых газов, очищенных от золы, или газообразного диоксида углерода в оборотную воду следует предусматривать с помощью газодувок через барботажные трубы или водоструйных эжекторов. Расход дымовых газов $q_{\text{д.г}}$, м³/ч, при нормальном атмосферном давлении 0,1 МПа и температуре 0 °С следует вычислять по формуле

$$q_{\text{д.г}} = \frac{10 D_{\text{CO}_2} q_{\text{охл}}}{C_{\text{CO}_2} \beta_{\text{исп}} \gamma}, \quad (\text{Ж.13})$$

- где D_{CO_2} — доза диоксида углерода, мг/дм³; вычисляют по формуле (Ж.12);
- $q_{\text{охл}}$ — расход оборотной воды, м³/ч;
- C_{CO_2} — содержание диоксида углерода в дымовых газах, % по объему;
- $\beta_{\text{исп}}$ — степень использования диоксида углерода, %;
- γ — плотность дымовых газов при нормальном атмосферном давлении 0,1 МПа и температуре 0 °С, кг/м³ (при отсутствии фактических данных допускается принимать 2,0 кг/м³).

Содержание диоксида углерода в дымовых газах C_{CO_2} , %, определяют по данным анализа дымовых газов. При отсутствии указанных данных допускается принимать содержание диоксида углерода в дымовых газах от сжигания:

- угля — от 5 % до 8 %;
- нефти и мазута — “ 8 % “ 12 %;
- доменного газа — “ 15 % “ 22 %.

При введении в воду чистого газообразного диоксида углерода значение C_{CO_2} принимают равным 100 %.

Степень использования диоксида углерода $\beta_{\text{исп}}$ при введении его в воду с помощью водоструйных эжекторов следует принимать в пределах от 40 % до 50 %, с помощью газодувок и барботажных труб — от 20 % до 30 %.

Ж.2.3 При введении дымовых газов или газообразного диоксида углерода в оборотную воду с помощью газодувок барботажные трубы следует погружать под слой воды не менее 2 м. При использовании водоструйных эжекторов следует насыщать дымовыми газами или диоксидом углерода часть оборотной воды, которая затем смешивается со всем объемом воды.

Расход воды, которая должна быть пропущена через водоструйные эжекторы, $z_{\text{об}}$, %, от общего расхода оборотной воды следует вычислять по формуле

$$z_{\text{об}} = \frac{10^6 \cdot D_{\text{CO}_2}}{P_{\text{CO}_2} C_{\text{CO}_2} \beta_{\text{исп}}}, \quad (\text{Ж.14})$$

- где P_{CO_2} — растворимость диоксида углерода в воде при парциальном давлении 0,1 МПа, мг/дм³; принимают по таблице Ж.4 в зависимости от температуры обрабатываемой воды.

Таблица Ж.4

Температура воды, °С	10	15	20	25	30	40	50	60
Растворимость диоксида углерода P_{CO_2} , мг/дм ³	2310	1970	1690	1450	1260	970	760	580

Ж.2.4 Устройства для растворения в воде диоксида углерода и транспортирования воды, насыщенной диоксидом углерода, следует принимать из коррозионностойких материалов.

Ж.2.5 При расчете дозы диоксида углерода по формуле (Ж.12) необходимо принять значение продувки P_3 и определить значение расхода добавочной воды, равное значению суммарных потерь воды P .

Если при заданном значении продувки значение $z_{об}$ окажется нецелесообразным по технико-экономическим расчетам, то следует увеличить продувку P_3 или применить другой метод стабилизационной обработки воды.

Ж.3 Фосфатирование

Ж.3.1 Концентрация фосфатного реагента (триполифосфата или гексаметафосфата натрия в расчете на P_2O_5) в оборотной воде должна поддерживаться в пределах от 1,5 до 2 мг/дм³. При этом в расчете на расход добавочной воды необходимая доза реагента должна составлять от 1,5 до 2,5 мг/дм³ в перерасчете на P_2O_5 или от 3 до 5 мг/дм³ по товарному продукту.

Ж.3.2 При обработке воды фосфатами для предупреждения накипобразования следует предусматривать значение продувки P_3 , %, которое вычисляют по формуле

$$P_3 = \frac{P_1}{(K_{к.с. доп} - 1)} - P_2, \quad (Ж.15)$$

где $K_{к.с. доп}$ — допустимый коэффициент концентрирования солей; вычисляют по формуле

$$K_{к.с. доп} = (2 - 0,125\psi_{доб}) \cdot (1,4 - 0,01t_1) \cdot (1,1 - 0,01Ж_{доб}), \quad (Ж.16)$$

здесь t_1 — температура оборотной воды до охладителя, °С;

$Ж_{доб}$ — общая жесткость добавочной воды, мг-экв/дм³.

Ж.3.3 P_1 и P_2 принимают по 8.2. Фосфатирование следует применять при $K_{к.с. доп} > 1,0$ и значениях продувки, целесообразных по технико-экономическим расчетам.

При $K_{к.с. доп} < 1,0$ следует применять подкисление или комбинированную фосфатно-кислотную обработку воды.

Ж.3.4. При комбинированной фосфатно-кислотной обработке воды дозу кислоты $D_{кис}$, мг/дм³, в расчете на расход добавочной воды следует вычислять по формуле

$$D_{кис} = \frac{100e_{кис} \cdot (\psi_{доб} - \psi_{доб. пр})}{C_{кис}}, \quad (Ж.17)$$

где $\psi_{доб. пр}$ — предельное значение щелочности добавочной воды, мг-экв/дм³, при которой предотвращение карбонатных отложений при заданных условиях t_1 , K_y и $Ж_{доб}$ достигается фосфатированием; вычисляют по формуле

$$\psi_{доб. пр} = \frac{16 - K_{к.с. доп}}{0,125 \cdot (1,4 - 0,01t_1) \cdot (1,1 - 0,01Ж_{доб})}. \quad (Ж.18)$$

Ж.3.5 Метод комбинированной фосфатно-кислотной обработки воды следует применять при условии

$$0 < \psi_{доб. пр} < \psi_{доб}. \quad (Ж.19)$$

Следует предусматривать только фосфатирование при условии

$$\psi_{доб. пр} > \psi_{доб}. \quad (Ж.20)$$

При $\psi_{доб. пр} < 0$ следует применять подкисление.

Ж.3.6 Дозу фосфатного реагента (триполифосфата или гексаметафосфата натрия) следует принимать в пределах от 3 до 5 мг/дм³ по товарному продукту в расчете на расход добавочной воды и уточнять в процессе эксплуатации.

Ж.4 Обработка оксиэтилидендифосфоновой кислотой

Ж.4.1 Обработка воды оксиэтилидендифосфоновой кислотой (ОЭДФ) применяется для предотвращения минеральных отложений при карбонатной жесткости циркуляционной воды до 7,5 мг-экв/дм³.

Ж.4.2 При стабилизационной обработке с использованием ОЭДФ допускается хлорирование оборотной воды для предотвращения биологических обрастаний.

В присутствии ОЭДФ улучшается защитное действие ингибиторов коррозии.

Ж.4.3 Наличие ОЭДФ концентрацией более 1 мг/дм³ в воде, подвергаемой умягчению известкованием, вызывает торможение кристаллизации карбоната кальция за счет сорбирования ОЭДФ на поверхности кристаллов.

Ж.4.4 Обработка воды ОЭДФ несовместима с магнитной обработкой. ОЭДФ тормозит рост кристаллов, генерируемых в магнитном поле, и подавляет эффект магнитной обработки. Появление новых кристаллов при магнитной обработке приводит к потере ОЭДФ за счет сорбирования на поверхности кристаллов.

Ж.4.5 Дозу ОЭДФ $D_{\text{ОЭДФ}}$, мг/дм³, следует определять по таблице Ж.5 в зависимости от карбонатной жесткости оборотной воды.

Таблица Ж.5

Карбонатная жесткость оборотной воды, мг-экв/дм ³	До 4,0	От 4,0 до 5,0	От 5,0 до 6,0	От 6,0 до 7,0	От 7,0 до 7,5
Доза ОЭДФ $D_{\text{ОЭДФ}}$, мг/дм ³	0,25	0,5	1,0	2,0	От 3 до 4

Ж.4.6 В начале обработки воды ОЭДФ вводится в охлаждающую оборотную систему водоснабжения в количестве B , кг, которое вычисляют по формуле

$$B = \frac{2VD_{\text{ОЭДФ}}}{1000}, \quad (\text{Ж.21})$$

где V — объем воды в охлаждающей оборотной системе водоснабжения, м³;
 $D_{\text{ОЭДФ}}$ — доза ОЭДФ, мг/дм³; определяют по таблице Ж.5.

Ж.4.7 ОЭДФ дозируют в виде раствора концентрацией от 0,1 % до 10 % в воду, охлаждающую оборотную систему водоснабжения в месте, где обеспечивается постоянный расход воды и последующее перемешивание со всем объемом воды в системе.

Библиография

- [1] Водный кодекс Республики Беларусь от 15 июля 1998 г. № 191-З.
- [2] Закон Республики Беларусь «О питьевом водоснабжении» от 24 июня 1999 г. № 271-З.
- [3] Инструкция по оценке и расчету норматива технологических расходов воды в системах коммунального водоснабжения населенных пунктов Республики Беларусь
Утверждена постановлением Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь от 29 декабря 2004 г. № 39.
- [4] Инструкция по расчету норматива потерь и неучтенных расходов воды из систем коммунального водоснабжения населенных пунктов Республики Беларусь
Утверждена постановлением Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь от 31 августа 2005 г. № 43.
- [5] Инструкция о порядке составления водохозяйственных балансов
Утверждена постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 30 декабря 2008 г. № 125.
- [6] Кодекс Республики Беларусь о недрах от 14 июля 2008 г. № 406-З.
- [7] Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 4 мая 2010 г. № 667 «Об утверждении Положения о порядке проведения государственной геологической экспертизы проектной документации на геологическое изучение недр и внесении изменений в постановления Совета Министров Республики Беларусь от 7 мая 1999 г. № 669 и от 22 октября 2007 г. № 1379».
- [8] Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 2 апреля 2003 г. № 14 «О некоторых вопросах оформления разрешений на специальное водопользование и представляемых для их получения документов».
- [9] Правила пользования системами коммунального водоснабжения и водоотведения в городах и поселках Республики Беларусь
Утверждены приказом Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь от 26 декабря 1995 г. № 128.
- [10] РД РБ 50.8105-93 Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Положение о государственном реестре средств измерений
Утвержден постановлением Госстандарта от 6 марта 2007 г. № 13.
- [11] Инструкция о порядке ведения первичного учета использования вод
Утверждена постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 21 сентября 2007 г. № 75.
- [12] Санитарные правила и нормы Республики Беларусь
СанПиН 10-124 РБ 99 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества
Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 19 октября 1999 г. № 46, с изменениями, утвержденными постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 26 марта 2002 г. № 16.
- [13] Санитарные правила и нормы Республики Беларусь
СанПиН 10-113 РБ 99 Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения
Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 6 января 1999 г. № 1.
- [14] Положение о порядке установления размеров и границ водоохранных зон и прибрежных полос водных объектов и режиме ведения в них хозяйственной деятельности
Утверждено постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 21 марта 2006 г. № 377, с дополнениями и изменениями, утвержденными постановлениями Совета Министров Республики Беларусь от 4 октября 2007 г. № 1261, от 22 декабря 2007 г. № 1801, от 21 июля 2008 г. № 1049, № 6.

- [15] Санитарные правила для хозяйственно-питьевых водопроводов 2.1.4.12-3-2005
 Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 16 марта 2005 г. № 27, с изменениями и дополнениями, утвержденными постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 28 марта 2006 г. № 37, изменениями, утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 11 января 2008 г. № 4.
- [16] Методика выбора и контроля эффективности способа обеззараживания сточных вод для обеспечения безопасности поверхностных водоемов, используемых в рекреационных целях
 Утверждена постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 24 ноября 2009 г. № 065-1109.
- [17] Инструкция о порядке установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в водные объекты
 Утверждена постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 29 апреля 2008 г. № 43, с изменениями и дополнениями, утвержденными постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 29 декабря 2009 г. № 71.
- [18] Пособие по защите внутренней поверхности стальных труб от коррозии (к СНиП 2.04.02-84)
 Москва, «Центральный институт типового проектирования», 1985.