

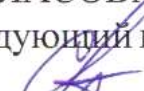
Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»

Факультет инженерных систем и экологии

Кафедра водоснабжения, водоотведения и охраны
водных ресурсов

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

 С. В. Андreyюк

«16» сентября 20 22 г.

СОГЛАСОВАНО

Декал факультета

 А. А. Волчек

«16» 12 2022 г.

**ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
«ВОДОСНАБЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ»**

для специальности:

1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных
ресурсов»

Составители: Г. А. Волкова – доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны
водных ресурсов БрГТУ, канд. техн. наук, доцент,
С. В. Андreyюк – заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения
и охраны водных ресурсов БрГТУ, канд. техн. наук, доцент.

Рассмотрено и утверждено на заседании Научно-методического
совета университета 29.12.2022 г.,
протокол № 3.

рез. N УМК 22/23-49

ПЕРЕЧЕНЬ МАТЕРИАЛОВ В КОМПЛЕКСЕ

Электронный учебно-методический комплекс содержит:

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Конспект лекций по дисциплине «Водоснабжение промышленных предприятий»

2 ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Методические рекомендации к выполнению курсового проекта по дисциплине «Водоснабжение промышленных предприятий» на тему «Система водоснабжения промышленного предприятия»

3 РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

3.1 Вопросы к экзамену по дисциплине «Водоснабжение промышленных предприятий»

4 ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

4.1 Учебная программа дисциплины «Водоснабжение промышленных предприятий»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели ЭУМК

- повышение эффективности образовательного процесса специальности 1- 70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» по дисциплине «Водоснабжение промышленных предприятий»;
- внедрение перспективных технологий хранения и передачи информации в электронном виде.
- обеспечение открытости и доступности образовательных ресурсов путем размещения ЭУМК в локальной сети университета.

Структура ЭУМК

содержит теоретический, практический, вспомогательный раздел и раздел по контролю знаний студентов.

Рекомендации по организации работы с ЭУМК:

Необходим IBM PC-совместимый ПК стандартной конфигурации.

1 Теоретический раздел

(► [Структура ЭУМК](#))

Конспект лекций по дисциплине «Водоснабжение промышленных предприятий»

Тема 1 Водопотребление на промышленном предприятии

Тема 2 Проектирование и гидравлический расчет элементов внутривозвращающихся сетей хозяйственно-питьевого, противопожарного и производственного водоснабжения на площадке промышленного предприятия

Тема 3 Охлаждение оборотной воды. Охлаждающие устройства систем производственного водоснабжения

Тема 4 Методы обработки воды на промпредприятии и основные технологические процессы. Принцип выбора метода обработки воды. Проектирование и расчет сооружений

Тема 1 Водопотребление на промышленном предприятии

(Теоретический раздел)

Цель преподавания дисциплины. Задачи дисциплины – Роль воды в промышленности и энергетике Современный комплекс водного хозяйства промышленного предприятия Балансовые схемы водоснабжения и водоотведения промышленных предприятий Водопотребление на промышленном предприятии Системы водоснабжения на площадке промпредприятия Системы производственного водоснабжения по характеру использования воды Системы противопожарного водоснабжения промышленных предприятий

Цель преподавания дисциплины

Подготовка будущих специалистов, умеющих

- производить правильный подбор средств и программного обеспечения для проектирования систем и схем водоснабжения объектов;
- выбрать рациональную схему для правильного и грамотного оформления и компоновки графической документации;
- производить проектирование, расчет внутриплощадочных водопроводных сетей и сооружений;
- принимать правильные компоновочные решения всего водопроводного комплекса.

Задачи дисциплины –

Приобретение навыков осуществлять проектирование, строительство, эксплуатацию систем водоснабжения промышленных предприятий.

Специалист, освоивший содержание образовательной программы по специальности, должен обладать следующими базовыми профессиональными компетенциями в соответствии с ОСВО 1-70 04 03-2019:

- знать устройство водозаборных сооружений, системы и схемы водоснабжения промышленных предприятий;
- знать основы трассировки, проектирования и расчета водопроводных сетей;
- знать основные технологические схемы и сооружения по улучшению качества природных вод, основы изысканий и проектирования;
- знать основные направления и методы интенсификации работы сооружений специальной водоподготовки.

Роль воды в промышленности и энергетике

[#Тема1](#)

Одна из важных народнохозяйственных задач – обеспечение водой промышленных предприятий.

В подавляющем большинстве отраслей промышленности вода используется в *технологических процессах* производства. Следовательно, характер технологического процесса определяет требования к количеству и качеству подаваемой воды. Выполнение этих требований системой водоснабжения обеспечивает нормальную работу предприятия и надлежащее качество выпускаемой продукции. Неудовлетворительное выполнение системой водоснабжения поставленных задач может привести не только

к ухудшению качества продукции или удорожанию производства, но и в ряде случаев к порче оборудования и даже к опасным авариям.

Кроме воды на *технологические нужды*, на каждом предприятии требуется вода для *хозяйственно-питьевых* нужд рабочих и служащих, а так же для *целей пожаротушения*.

Соответственно назначению воду в системах производственного водоснабжения можно разделить на **4 категории**:

вода I категории – используется для охлаждения жидких и конденсации газообразных продуктов в теплообменных аппаратах без соприкосновения с продуктом, а также для охлаждения оборудования;

вода нагревается и практически не загрязняется, могут быть лишь непредсказуемые утечки жидких и газообразных продуктов в воду при неисправных теплообменных аппаратах, загрязняющие воду;

вода II категории – используется в качестве среды, поглощающей и транспортирующей различные нерастворенные (механические) и растворенные примеси;

вода не нагревается (обогащение полезных ископаемых, гидротранспорт) и загрязняется механическими и растворенными примесями;

вода III категории – то же, что и *вода II категории*, но с нагревом (улавливание и очистка газов в скрубберах и т.п.);

вода IV категории – используется в качестве экстрагента и растворителя реагентов, например, при флотационном обогащении природных ископаемых.

Современный комплекс водного хозяйства промышленного предприятия

[#Тема1](#)

Основной задачей современного комплекса водного хозяйства ПП является создание малосточных, бессточных и замкнутых систем водоснабжения и водоотведения ПП, а также переход на безводные и маловодные технологические процессы для исключения образования производственных сточных вод.

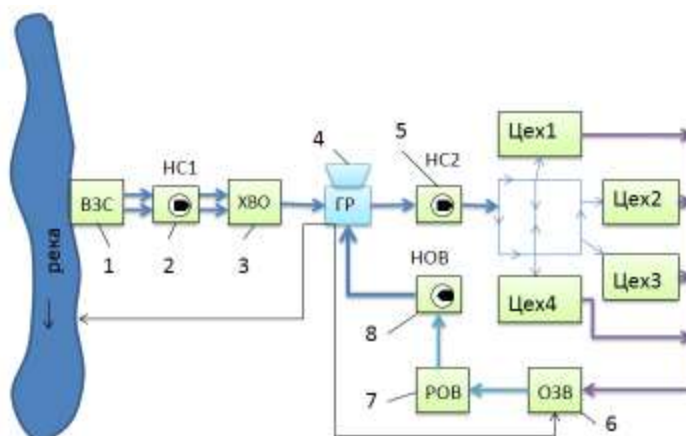


Рисунок 4.1 – Схема оборотной системы производственного водоснабжения:

- 1 – водозаборное сооружение;
- 2 – насосная станция 1-го подъема;
- 3 – станция очистки природной воды;
- 4 – охлаждающая установка;
- 5 – насосная станция 2-го подъема;
- 6 – станция очистки загрязненных вод;
- 7 – резервуар очищенной воды;
- 8 – насосная станция оборотной воды

Балансовые схемы водоснабжения и водоотведения промышленных предприятий

[#Тема1](#)

Для системы водообеспечения промышленных предприятий рекомендуется составлять баланс воды, включающий потери на сбросы и необходимое добавление компенсирующих расходов воды в систему.

Для расчета систем ВиВ необходимо составлять графики притока сточных вод, а также графические схемы водного баланса по каждому потребителю (аппарату, цеху, корпусу), включающие в себя: количество потребляемой и сбрасываемой каждым потребителем воды, воды, теряемой безвозвратно в производстве, на охлаждающих установках, очистных сооружениях и т.д. В схемах, кроме того, указывается: направление движения воды; виды водоподводящих и водоотводящих коммуникаций или категории транспортируемой по коммуникациям воды; расположение потребителей воды, сооружений по ее охлаждению, очистке и т.д. Такие схемы составляются либо в абсолютных количествах циркулирующих вод за единицу времени ($\text{м}^3/\text{ч}$, $\text{м}^3/\text{сут}$), либо в удельных расходах воды на единицу продукции или потребляемого сырья ($\text{м}^3/\text{т}$).

Водопотребление на промышленном предприятии

[#Тема1](#)

1 Использование технической воды в промышленности

Техническая вода на промышленных предприятиях используется по трем направлениям:

1. От 70 до 89% воды, поступающей на технические цели, используется на промышленных предприятиях в качестве хладагента, охлаждающего продукцию в теплообменных аппаратах, или для защиты отдельных элементов установок и машин от чрезмерного нагрева. Эта вода нагревается, но не загрязняется охлаждающей продукцией.

2. От 5 до 12% технической воды используется для очищения продукции или сырья от примесей, а также в качестве транспортирующей среды. Эта вода загрязняется и нагревается, если материалы, с которыми она контактирует, имеют повышенную температуру.

3. От 10 до 20% технической воды теряется за счет испарения или входят в состав произведенной продукции (пар, сахар, хлеб и т.п.).

1.1 Требования к источнику водоснабжения

Обладать достаточной мощностью и обеспечивать подачу воды с наименьшими затратами

Обеспечивать бесперебойность водоснабжения с получением необходимого количества воды с качеством, которое в наибольшей степени отвечает нуждам потребителя, учитывая достижение требуемого качества путем простой и максимально дешевой очистки

1.2 Требования к качеству технической воды

На промышленных предприятиях для воды I категории, которая используется для охлаждения жидких и конденсации газообразных продуктов в теплообменных аппаратах без соприкосновения с продуктом, а также для охлаждения оборудования (вода нагревается и практически не загрязняется) регламентируется

предельная температура используемой воды; она должна быть не выше 30°C , а ее

оптимальное значение 15⁰С;

карбонатная жесткость воды Жк не должна превышать 2,8...3,0 мг-экв/л, допустимая концентрация взвеси - принимается в зависимости от скорости движения воды в охлаждающих аппаратах;

содержания механических примесей – не выше 50...100; сульфатов – не выше 40; сероводорода – не выше 0,5; масла – не выше 1...2; кислорода – не выше 4...6; сухого остатка – не выше 1000 (мг/кг) мг/л.

Для воды II категории, которая используется в качестве среды, поглощающей и транспортирующей различные нерастворенные (механические) и растворенные примеси (вода не нагревается (обогащение полезных ископаемых, гидротранспорт) и загрязняется механическими и растворенными примесями) регламентируется содержание механических примесей: вода освобождается только от грубодисперсной смеси.

Вода III категории, которая при использовании одновременно и нагревается, и загрязняется, должна быть химически очищенной и общее содержание солей в ней не должно превышать 100...2000 мг/кг в зависимости от давления вырабатываемого пара.

Практически все потребители технической воды не предъявляют особых требований к ее цвету, запаху, привкусу и содержанию бактерий.

В качестве воды IV категории, а также для тушения пожаров и внутренних возгораний используется вода практически любого качества.

1.3 Определение расчетных расходов для производственных нужд промышленного предприятия.

Расчетная потребность предприятия в технической воде Q в значительной мере зависит от типа используемого оборудования и принятой схемы технологического процесса. Q может определяться только по технологическим данным водопотребляющего оборудования.

В справочной литературе приводятся данные по удельным нормам расхода воды на единицу продукции (на единицу веса готового продукта). Данные получены в результате обработки и осреднения величин расходов воды (той или иной отрасли промышленности).

Но эти нормы не в полной мере учитывают специфику каждого конкретного предприятия и могут быть использованы лишь для ориентировочных расчетов.

Расход воды в зависимости от количества выпускаемой продукции в смену и от количества смен на предприятии, может определяться по формуле:

$$Q_{\text{сут}} = q_{\text{уд}} \cdot M \cdot n, \text{ м}^3/\text{сут}$$

где $q_{\text{уд}}$ - среднегодовой расход воды в смену, м³, принимается по укрупненные нормам водопотребления и водоотведения;

M - число единиц продукции или перерабатываемого сырья при максимальной выработке за смену;

n - количество смен.

2 Использование хозяйственно-питьевой воды.

Хозяйственно-питьевое водоснабжение предназначено:

1. для утоления жажды рабочих и служащих предприятия, приготовления пищи и мытья посуды;

2. для помывки работающих на предприятиях в душевых и умывальных установках;

3. на стирку в прачечных, на уборку помещений цехов, служб и отделов;
4. на полив зеленых насаждений, тротуаров и проездов.

Для хозяйственно-питьевого водоснабжения вода должна соответствовать СанПиН «Вода питьевая», то есть должна быть прозрачной, не иметь запахов, дурных привкусов и не должна содержать болезнетворных бактерий. Содержание же солей в этой воде может достигать до 7 мг-экв/л.

2.1 Основные показатели качества хозяйственно-питьевой воды

1. Мутность (содержание взвешенных веществ). Количество взвешенных веществ в воде, подаваемой для хозяйственно-питьевых целей должно быть $\leq 1,5$ мг/л.
2. Цветность питьевой воды должна быть ≤ 20 град.
3. Запахи и привкусы воды. При подогревании питьевой воды от $t=20$ (С до 60 (С она не должна иметь запах более 2 баллов и привкус более 2 баллов.
4. Температура воды. Для питьевых целей желательна вода с $t=7...12$ (С.
5. Жесткость воды обуславливается содержанием солей кальция Са и магния Mg. Различают карбонатную и некарбонатную. Суммарная жесткость воды называется общей жесткостью. Общая жесткость хозяйственно-питьевой воды должна быть ≤ 10 мг-экв/л.
6. Содержание газов: кислорода O_2 , углекислоты CO_2 и сероводорода H_2S . Присутствие H_2S в хозяйственно-питьевой воде не допускается.
7. Содержание соединений железа. В хозяйственно-питьевой воде содержание железа должно быть $\leq 0,3$ мг/л.
8. Содержание азотистых соединений. В питьевой воде содержание нитратов должно быть ≤ 10 мг/л.
9. Содержание сульфатов и хлоридов. Предельно допустимое содержание в воде сульфатов = 500мг/л, хлоридов =350 мг/л.
10. Содержание фтора. Содержание фтора в питьевой воде должно быть 0,7...1,2 мг/л.
11. Содержание растворенных веществ (сухой остаток). В воде для хозяйственно-питьевых целей сухой остаток должен быть ≤ 1000 мг/л.
12. Активная реакция воды (рН). При нейтральной реакции $pH=7$, при кислой $pH < 7$, при щелочной реакции $pH > 7$. Хозяйственно-питьевая вода должна иметь $pH=6,5...8,5$.
13. Бактериальная загрязненность воды. Питьевая вода не должна содержать более 100 бактерий в 1 мл.

2.2 Определение расчетных расходов для хозяйственно-питьевых, противопожарных нужд промышленного предприятия.

Расходы воды на питьевые и хозяйственные нужды и пользование душами на промышленных предприятиях должны определяться в соответствии с требованиями СНБ 4.01.01 (Водоснабжение питьевое), СНБ 3.02.03 (Административные и бытовые здания).

Расходы воды на поливку в населенных пунктах и на территориях промышленных предприятий должны приниматься в зависимости от покрытия территории, способа ее поливки, вида насаждений и других местных условий по СНБ 4.01.01.

Распределение расходов воды по часам суток на промышленных и сельскохозяй-

ственных предприятиях следует принимать на основании расчетных графиков водопотребления.

Расходы воды на тушение пожаров принимаются согласно СН (Противопожарное водоснабжение. Строительные нормы проектирования).

Суммарное расчетное часовое потребление хозяйственно-питьевой воды на предприятии Q_{X-II}^P определяется в час максимального водопотребления как

$$Q_{X-II}^P = Q_{ум}^P + Q_{д}^P + Q_{п}^P + Q_{ст}^P, \frac{м^3}{ч}$$

где $Q_{ум}^P$ - расчетный расход воды рабочими предприятия на умывание и мытье рук, утоление жажды и т.п.;

$Q_{д}^P$ - расчетный расход воды на душевые установки;

$Q_{п}^P$ - расчетный расход воды на полив территории;

$Q_{ст}^P$ - расчетный расход воды в столовых предприятия.

При построении расчетных графиков следует исходить из принимаемых в проекте технических решений, исключающих совпадение по времени максимальных отборов воды из сети на различные нужды (устройство на крупных промышленных предприятиях регулирующих емкостей, пополняемых по заданному графику; подача воды на поливку территории и на заполнение поливочных машин из специальных регулирующих емкостей или через устройства, прекращающие подачу воды при снижении давления до заданного предела).

Расход воды на умывание и утоление жажды

На каждого рабочего и служащего предприятия предусматривается потребление 25л воды в смену в обычных цехах и 45л на человека в смену в горячих цехах.

Горячие цеха - цеха с тепловыделением более 80 кДж на 1м³ /ч (более 20 ккал на 1м³ /ч).

Эти удельные нормы ($q_{хц}$ (25л/чел в смену и $q_{гц}$ = 45л/чел в смену) не включают воду, расходующую в душевых, столовых и на полив территории предприятий.

$k_v^{хц}$, $k_v^{гц}$ - коэффициенты часовой неравномерности в обычных и горячих цехах соответственно;

$$k_v^{хц} = Q_{хц}^P / Q_{хц}^{CP} = 3,0;$$

$$k_v^{гц} = Q_{гц}^P / Q_{гц}^{CP} = 2,5;$$

Расход воды на душевые установки

Часовой расход на одну душевую сетку на промпредприятии принимают 500 л, а продолжительность пользования душем – 45 мин после окончания каждой смены. Расчетное количество душевых сеток принимают для смены с максимальным числом работающих, обслуживаемых одной сеткой (табл. 1)

Таблица 1. Расчетные показатели душевых сеток

Группы производственных процессов по санитарной характеристике	Расчетное количество человек на одну душевую сетку	Расход воды на одного принимающего душ, л/смену
Iа (отсутствие загрязнения одежды и рук)	15	25

Иб (загрязнение одежды и рук)	7	53,5
Пв(использование воды)	5	75
Пг(выделение больших количеств пыли и загрязняющих веществ)	3	125

Расход воды на полив территории предприятия

Расчетный часовой расход воды (м³/ч) на полив территории предприятия определяется по формуле:

$$Q_{II}^P = 0,001 \cdot \sum_{i=1}^{i=k} \frac{n_{ni} \cdot F_{ni} \cdot q_{ni}}{\tau_{ni}}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

здесь n_{ni} - количество поливов территории определенного вида за сутки, раз/сутки;

F_{ni} - площадь поливаемой территории данного вида, м²;

q_{ni} - расход воды на один полив 1 м² конкретного вида поливаемой территории, л/м²;

для асфальтированных покрытий: $q_{п}$ (асф)=0,3...0,5 л/ м²,

для зеленых насаждений: $q_{п}$ (зел)=3...6 л/ м²;

τ_{ni} - продолжительность полива территории данного вида, ч/сутки;

k_{ni} - количество различных видов поливаемых площадей, шт.

Согласно нормам, поливать и мыть покрытия проездов и площадей, а также поливать зеленые насаждения необходимо в часы минимального и среднего водопотребления.

Расчетный расход воды в административных и бытовых зданиях предприятия

Расчетный часовой расход воды (м³/ч) в столовых предприятия определяется так:

$$Q_{ст}^P = 0,001 \cdot k_{ч} \cdot \frac{q_{бл} \cdot n_{бл}}{\tau_{см}}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

где $k_{ч}$ - коэффициент часовой неравномерности потребления воды в столовой ($k_{ч}=1,5$);

$q_{бл}$ - средняя норма расхода воды на одно приготовленное в столовой блюдо ($q_{бл}=12$ л/блюдо);

$n_{бл}$ - количество блюд, приготовленных в столовой за смену, блюд/смена;

$\tau_{см}$ - продолжительность смены, часы.

Расчетный часовой расход воды в столовых, АБК предприятия может быть определен на основе графика почасового распределения с учетом требований СНБ 3.02.03 (Административные и бытовые здания).

Расчетный расход воды на пожаротушение

Расход воды на наружное пожаротушение через гидранты нормируется СН в зависимости от строительного объема производственных зданий, степени огнестойкости их строительных конструкций и категории производства по пожарной опасности, размещенного в рассматриваемых зданиях.

Расчетное количество одновременных пожаров на предприятии принимается в зависимости от площади предприятия:

1. Если промышленное предприятие занимает площадь <150га, то считается, что на

нем может возникнуть одновременно 1 пожар (расход воды, на тушение которого принимается по таблице).

2. Если площадь, занимаемая предприятием более 150га, то одновременно могут возникнуть 2 пожара.

Для особенно ответственных предприятий расчетное количество одновременных пожаров устанавливают индивидуально органы Госпожнадзора.

Продолжительность тушения пожара принимается равной 3 часам, а для зданий I и II степеней огнестойкости с незгораемыми несущими конструкциями – 2 часа.

Максимальный срок восстановления пожарного объема воды должен быть не более:

24ч – на пром.предприятиях с помещениями категорий А, Б, В;

36ч – на пром.предприятиях с помещениями категорий Г и Д.

Режимы водопотребления (графики водопотребления)

Основным фактором, определяющим работу всех элементов системы водоснабжения, является режим расходования воды потребителями, который может быть изображен в виде суточных графиков водопотребления.

Пример суточных графиков технического и хозяйственно-питьевого водопотребления пром.предприятия:

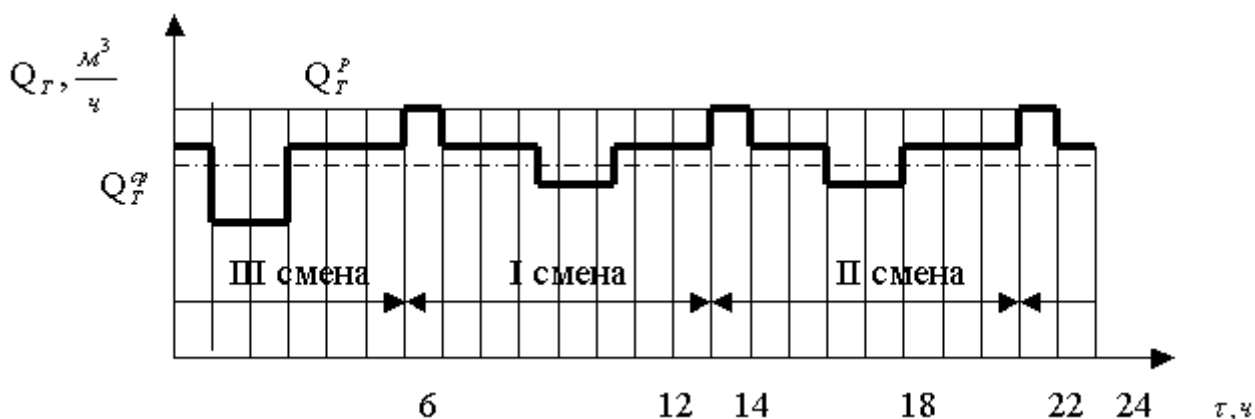


Рисунок 1.2 – График суточного технологического водопотребления

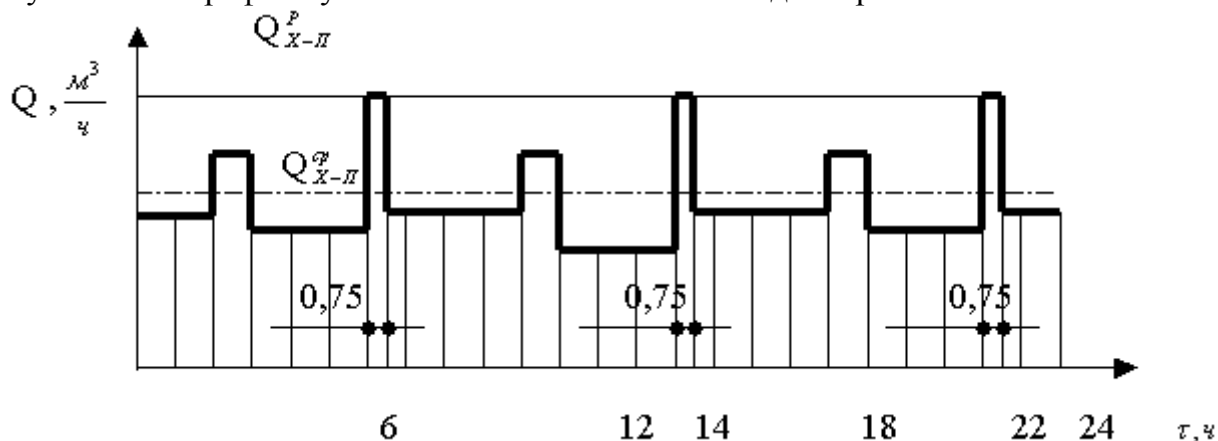


Рис.1.3 – График суточного потребления хозяйственно-питьевой воды

Суточный график технического водопотребления более равномерен. Из-за разного количества оборудования, работающего в разное время, расход воды в СТВ несколько

изменяется.

Значение коэффициента часовой неравномерности определяется так:

$$k_{ч} = Q_{г}^P / Q_{г}^C = 1,0 \dots 1,2$$

Значение коэффициента суточной неравномерности (представляющего собой отношение максимального суточного расхода к среднему суточному расходу за год) k_c может изменяться в более широких пределах вследствие изменения температуры природной воды по сезонам года.

Для обратных систем водоснабжения по значению $Q_{г}^P$ определяются диаметры водопроводных сетей. По величине $Q_{г}^P$ с учетом потерь воды и безвозвратного ее потребления определяются диаметры трубопроводов загрязненной и нагретой воды. По значению $Q_{г}^P$ находится требуемая производительность насосов обратного водоснабжения, производительность охлаждающих и очистных сооружений отработанной воды.

Суточный график хозяйственно-питьевого водопотребления (рис.1.3) носит пиковый характер из-за больших, но кратковременных расходов воды в душевых и в обеденные перерывы.

Для этих потребителей $k_c \cong 1$, а коэффициент часовой неравномерности потребления воды $k_{ч} = 3 \dots 4$.

На основании полученных значений $Q_{г-л}^P$ рассчитываются диаметры водопроводной сети, водоводов и производительность насосов IIго подъема прямоточных систем водоснабжения, не имеющих в своем составе напорной регулирующей емкости.

Системы водоснабжения на площадке промпредприятия

[#Тема1](#)

Система водоснабжения промышленного предприятия – комплекс инженерных сооружений, предназначенных для забора воды из источника водоснабжения и подачи ее всем категориям потребителей на площадке промпредприятия в нужном количестве под необходимым напором и требуемого качества. На площадке промпредприятия различают:

- а) систему хозяйственно-питьевого водоснабжения;
- б) систему производственного водоснабжения;
- в) систему противопожарного водоснабжения.

При этом в зависимости от требований водопотребителей к качеству воды перечисленные системы могут быть объединенными и отдельными.

Если производственные процессы промпредприятия требуют воду, по качеству отвечающую СанПиН «Вода питьевая», то проектируется единая хозяйственно-питьевая производственная система водоснабжения (как правило, на предприятиях пищевой промышленности). Если требования отличаются, то проектируются отдельные системы. Функции системы противопожарного водоснабжения, как правило, возлагаются на систему хозяйственно-питьевого водоснабжения, иногда – производственного (если качество подаваемой в противопожарную систему воды не нарушает работы противопожарного оборудования и не воздействует на интенсивность пожара). По характеру использования воды на предприятии различают системы водоснабжения:

- прямоточные;

- с последовательным использованием воды;
- оборотные.

Системы производственного водоснабжения по характеру использования воды

[#Тема1](#)

По характеру использования воды на предприятии различают системы водоснабжения:

- прямоточные;
- с последовательным использованием воды;
- оборотные.

Прямоточная. При прямоточной системе водоснабжения (рис. 1.4 а) количество отводимых в водоем сточных вод определяется формулой: $Q_{ст} = Q - (Q_{пп} + Q_{ос})$

(а) Прямоточная система производственного водоснабжения

П – производство;
 ВЗ – водозаборные сооружения;
 ВС – водоочистные сооружения и сооружения второго подъема;
 ЛОС – сооружения по очистке сточных вод;
 Q – количество свежей технической воды, взятой из водоема;
 Q_{пп} – безвозвратные потери воды;
 Q_{ос} – потери воды, удаляемой со шламом (осадками из сооружений по очистке сточных вод);
 Q_{ст} – количество отводимых в водоем сточных вод;
 $Q_{ст} = Q - (Q_{пп} + Q_{ос})$

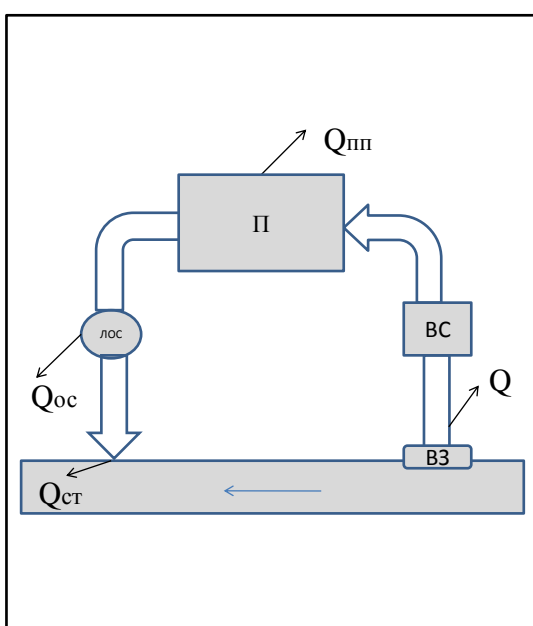


Рисунок 1.4 а – Прямоточная система производственного водоснабжения

Прямоточная с последовательным использованием воды. При системе водоснабжения с последовательным использованием воды (б), использованная в первом и втором производствах вода возвращается в тот же водоем, как и при прямоточной схеме, за вычетом потерь.

(б)Прямоточная система с последовательным использованием воды

П – производство;
 ВЗ – водозаборные сооружения;
 ВС – водоочистные сооружения и сооружения второго подъема;
 ЛОС – сооружения по очистке сточных вод;
 Q – количество свежей технической воды, взятой из водоема;
 Q пп – безвозвратные потери воды;
 Q ос – потери воды, удаляемой со шламом (осадками из сооружений по очистке сточных вод);
 Q ст – количество отводимых в водоем сточных вод;
 $Q_{ст} = Q - (Q_{пп} + Q_{ос})$

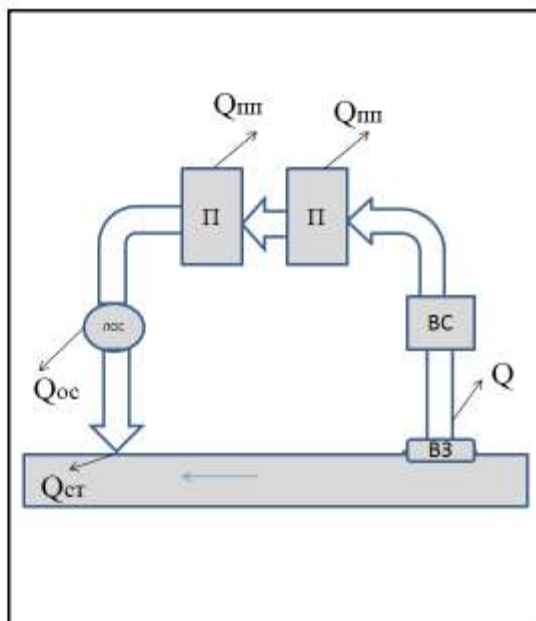


Рисунок 1.4 б – Прямоточная система производственного водоснабжения с последовательным использованием воды

Оборотные. Применяются три основные схемы оборотного водоснабжения (рис. 1.4 в, г, д).

Охлаждающая система оборотного водоснабжения (когда вода только нагревается). Если вода является теплоносителем и в процессе использования лишь нагревается, не загрязняясь, то в системе оборотного водоснабжения эту воду перед повторным применением для тех же целей предварительно охлаждают в пруду, брызгальном бассейне или в градире (рис. 1.4 в).

(в)Охлаждающая система оборотного водоснабжения

П – производство;
 ВЗ – водозаборные сооружения;
 ВС – водоочистные сооружения;
 НС – насосная станция;
 О – охладитель;
 Q – количество свежей технической воды, взятой из водоема;
 Q пп – безвозвратные потери воды;
 Q оборот – количество оборотной воды;
 Q исп – потери воды на испарение в охладителе;
 Q ун – унос с воздухом в виде капель из охладителя;
 Q сбр – сброс собственно сточных вод (продувочный расход);
 Q доб – подпитка системы свежей водой.
 $Q_{обор} = Q - Q_{пп} - (Q_{исп} + Q_{ун} + Q_{сбр}) + Q_{доб}$

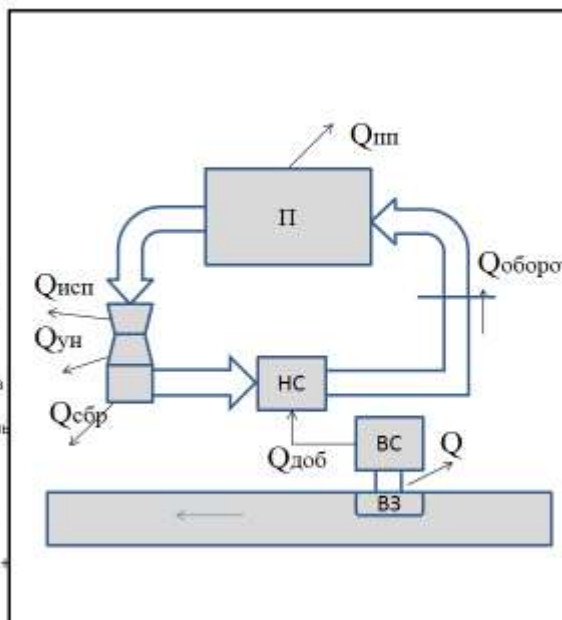


Рисунок 1.4 в – Охлаждающая система оборотного водоснабжения

Технологическая система оборотного водоснабжения (когда вода только загрязняется). Если вода служит средой, транспортирующей механические и растворенные примеси, поглощающей или экстрагирующей, и в процессе использования загрязняется, то в системе оборотного водоснабжения эта вода перед повторным применением подвергается очистке в пруду-осветлителе, отстойниках, фильтрах (рис. 1.4 з).

(з) Технологическая система оборотного водоснабжения

- П – производство;
- ВЗ – водозаборные сооружения;
- ВС – водоочистные сооружения;
- НС – насосная станция;
- ЛОС – сооружения по очистке сточных вод;
- Q – количество свежей технической воды, взятой из водоема;
- Q оборот – количество оборотной воды;
- Q пп – безвозвратные потери воды;
- Q ос – потери воды, удаляемой со шламом (осадками из сооружений по очистке сточных вод);
- Q доб – подпитка системы свежей водой;
- $Q \text{ оборот} = Q - Q \text{ пп} - Q \text{ ос} + Q \text{ доб}$

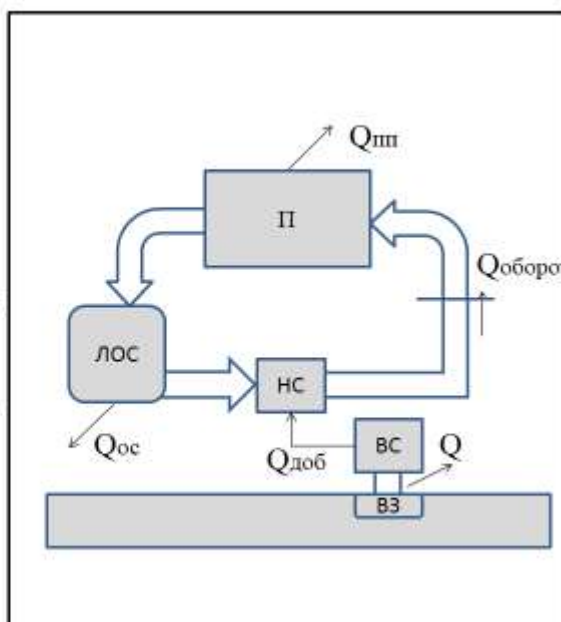


Рисунок 1.4 г – Технологическая система оборотного водоснабжения

Смешанная (охлаждающая и технологическая) система оборотного водоснабжения. При комплексном использовании воды, когда она является транспортирующей и экстрагирующей средой и одновременно служит теплоносителем, вода в системе оборотного водоснабжения перед повторным применением очищается от загрязнений и охлаждается (д).

(д) Смешанная (охлаждающая и технологическая) система оборотного водоснабжения

- П – производство;
- ВЗ – водозаборные сооружения;
- ВС – водоочистные сооружения;
- НС – насосная станция;
- О – охладитель;
- ЛОС – сооружения по очистке сточных вод;
- Q – количество свежей технической воды, взятой из водоема;
- Q пп – безвозвратные потери воды;
- Q ос – потери воды, удаляемой со шламом (осадками из сооружений по очистке сточных вод);
- Q оборот – количество оборотной воды;
- Q исп – потери воды на испарение в охладителе;
- Q ун – унос с воздухом в виде капель из охладителя;
- Q сбр – сброс собственн сточных вод (продувочный расход);
- Q доб – подпитка системы свежей водой;
- $Q \text{ оборот} = Q - Q \text{ пп} - (Q \text{ ос} + Q \text{ сбр}) - (Q \text{ исп} + Q \text{ ун}) + Q \text{ доб}$

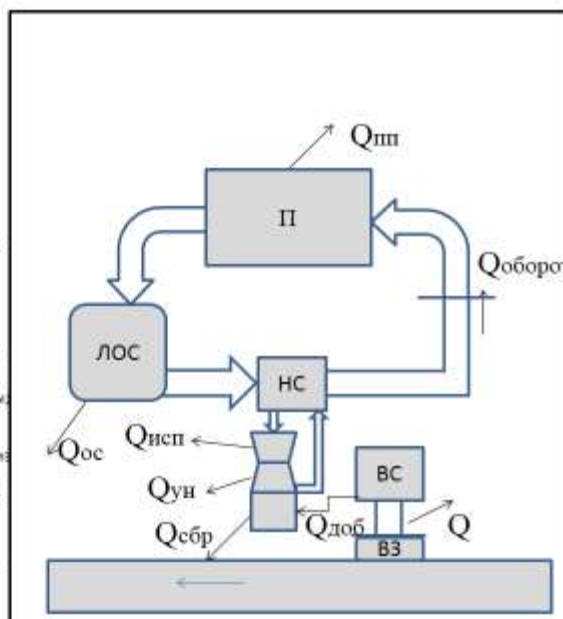


Рисунок 1.4 д – Смешанная система оборотного водоснабжения

На предприятиях определенной отрасли промышленности тот или иной вид использования воды может быть преобладающим. Во всех случаях при оборотном водоснабжении для отдельных производств имеется общий сток предприятия, вода которого (после соответствующей очистки и обработки) полностью или частично может быть повторно использована для пополнения систем оборотного водоснабжения; при этом в общий сток могут поступать также атмосферные осадки и дренажные грунтовые воды.

Системы противопожарного водоснабжения промышленных предприятий

1. Общие сведения о системе противопожарного водоснабжения. Системы наружного пожаротушения

2. Классификация автоматических систем пожаротушения

3. Спринклерные противопожарные установки для внутреннего пожаротушения

4. Дренчерные противопожарные установки для внутреннего пожаротушения

1. Общие сведения о системе противопожарного водоснабжения. Системы наружного пожаротушения

Проектирование систем противопожарного водоснабжения производится с учётом требований СН 2.02.02-2019 Противопожарное водоснабжение [1].

Системы в/с населенных пунктов, п/п и объектов должны обеспечивать подачу расчётных расходов воды на наружное и внутреннее пожаротушение, при этом наружный и (или) внутренний противопожарные водопроводы могут быть объединены с хоз-питьевым и (или) производственным в зависимости от принятой схемы в/с, категории надежности подачи воды, разветвлённости сетей и др. требований.

Для противопожарного в/с на п/п допускается применение:

- 1) – наружного и (или) внутреннего противопожарного, объединённого противопожарного водопровода – от одной сети одного назначения;
- 2) – наружного пожаротушения – от сети одного назначения или от резервуаров (водоёмов); внутреннего – от сети другого назначения или вообще не требуется;
- 3) – наружного пожаротушения – из естественных водотоков и водоёмов; внутреннего – из резервуаров с устройством насосной станции, или от источника в/с.

Система противопожарного водоснабжения – это комплекс сооружений для подачи воды к месту возникновения пожара в нужном количестве, под требуемым напором и качеством, не влияющим на работу оборудования.

Системы противопожарного водоснабжения предназначены для обеспечения пожарной безопасности людей, технологического оборудования, материальных ценностей и конструкций зданий и сооружений. Вода для этих целей не должна содержать механических примесей, а также химических веществ, отрицательно влияющих на эффект использования воды.

По способу создания напора в системе для тушения пожара противопожарные водопроводы подразделяются на:

– постоянно высокого давления (в любой точке сети постоянно поддерживается давление, достаточное для тушения пожара непосредственно от гидрантов);

– высокого давления, создаваемого только во время пожара (давление, достаточное для тушения пожара в любой точке водопроводной сети непосредственно от сети, создается за счёт подключения противопожарных насосов);

– низкого давления (напор, необходимый для тушения пожара, создается передвижными пожарными насосами, подключенными к гидрантам водопроводной сети (давление в сети должно быть не менее 10 атм.)

5.2.3[1]: Минимальное гидростатическое давление в наружной сети противопожарного водопровода высокого давления в период пожаротушения должно обеспечивать высоту компактной части струи не менее 10 м, при полном расчетном расходе воды на пожаротушение и расположении пожарного ствола на уровне наивысшей точки самого высокого здания.

Требуемое давление у наиболее удалённого от здания пожарного гидранта на период тушения пожара:

$$P_r = (H_r + 30) / 100, \text{ МПа},$$

где H_r – геометрическая высота наивысшей точки здания от планировочных отметок у здания или у пожарного гидранта, м.

Расчетный расход воды на пожаротушение

4.8[1]: Расчетное количество одновременных пожаров на промышленном или сельскохозяйственном предприятии следует принимать:

- один пожар – при площади территории предприятия до 150 га включ.;
- два пожара – то же св. 150 га.

5.1.8 Расход воды на один пожар на наружное пожаротушение зданий промышленных и сельскохозяйственных предприятий необходимо принимать для здания, требующего наибольшего расхода воды, согласно таблице 3 или 4 СН 2.02.02-2019 [1], в зависимости от степени огнестойкости, категории, строительного объема, наличия фонарей и ширины здания.

5.1.16 Расчетный расход воды на тушение пожара должен быть обеспечен при наибольшем расходе воды на другие нужды:

- 1) – хозяйственно-питьевое водопотребление;
- 2) – нужды коммунально-бытовых предприятий;
- 3) – производственные нужды промышленных и сельскохозяйственных предприятий, где требуется вода питьевого качества или для которых экономически целесообразно соорудать отдельный водопровод;
- 4) – собственные нужды станций водоподготовки, промывку водопроводных и канализационных сетей и т. п.

При этом на п/п расходы воды на поливку территории, прием душа, мытье полов и мойку технологического оборудования, а также на полив растений в теплицах не учитывают. В случаях, когда по условиям технологического процесса возможно частичное использование производственной воды на пожаротушение, следует предусматривать установку пожарных гидрантов на сети производственного водопровода дополнительно к пожарным гидрантам, установленным на сети противопожарного водопровода, обеспечивающего требуемый расход воды на пожаротушение.

Расход воды на внутреннее пожаротушение принимается по таблицам 6 и 7 СН 2.02.02-2019 «Противопожарное водоснабжение» в зависимости от категории зданий по взрывопожарной и пожарной опасности (А, Б, В, Г, Д) и степени огнестойкости зданий (I – V) и таблицы В1 (Приложение В) и подлежит корректировке с учетом требуемой высоты компактной части струи, подаваемой на тушение пожара или вы-

соты помещения, а также диаметра spryska пожарного ствола в соответствии с таблицей А.1 Приложения А (п.6.1.2 СН 2.02.02).

Расход воды и количество струй на внутреннее пожаротушение в зданиях классов Ф5.1 – Ф5.3, независимо от категории, высотой св. 50 м следует принимать: четыре струи по 5 л/с. (п. 6.1.6)

2. Классификация автоматических систем пожаротушения

Автоматическая система пожаротушения – совокупность стационарно установленных специальных технических средств пожаротушения, которые гасят очаги возгорания за счет специального вещества.

По типу огнегасящего вещества автоматические системы пожаротушения классифицируются:

1) газовые системы пожаротушения: в таких системах применяют аргон, хладон, азот, СО₂, инерген – экологически чистый газовый огнетушащий состав, состоящий на 52% из азота, на 40% из аргона, на 8% из диоксида углерода, т.е. газов, которые присутствуют в земной атмосфере. Инерген – инертный газ – зарегистрированная торговая марка компании Fire Eater A/S, Дания и ANSUL, США;

Газовые системы автоматического пожаротушения являются наиболее дорогими, но самыми перспективными. Они состоят из подающего газопровода со специальными насадками, из системы обнаружения очага возгорания, ресиверов для хранения газа, заправочной станции, блоков управления системой (датчики, система бесперебойного электроснабжения, система связи и т.д.). Газовые установки пожаротушения могут использоваться при температуре от +45 до +55 градусов. Недостатки таких систем пожаротушения: жесткие требования к герметичности системы пожаротушения и требования к максимальной герметичности помещений, где смонтированы такие установки. Не эффективны газовые системы пожаротушения в тех местах, где могут находиться вещества, способные гореть без доступа кислорода, самовозгорающиеся, при тушении разного рода порошковых металлов (титан, натрий и т.д.).

2) водяные системы пожаротушения: (вода, водяной пар), пенное и водно-пенное автоматическое пожаротушение, системы тонкодисперсного распыления воды;

Водяные системы автоматического пожаротушения являются наиболее распространенными, т.к. обладают низкой стоимостью и высокой эффективностью. Водяные системы пожаротушения подразделяются на:

– установки для тушения локальных участков возгорания (**спринклерные установки пожаротушения**);

– установки для тушения пожара по всей территории объекта (**дренчерные системы тушения пожара**).

Локальные (спринклерные) системы пожаротушения срабатывают непосредственно на участке возгорания.

Дренчерные системы пожаротушения применяют по всей территории производственных цехов, на складах.

Появились специальные распылители, которые не просто разбрызгивают воду, а создают водяной туман, что позволяет эффективно бороться с очагами возгорания. Однако водяные системы пожаротушения имеют недостаток – ограничение применения, т.к. есть ряд материалов, которые нельзя тушить водой. Пенообразующими системами пожаротушения оборудуют нефтехранилища, заводы по производству и переработке нефти, спирта, различные химические производства.

3) аэрозольные и порошковые системы пожаротушения:

В аэрозольных системах для тушения очагов возгорания используются смеси из инертных газов и мельчайших твердых частиц (величина дисперсности около 10 мкм), которые образуются в результате сгорания твердотопливного вещества. Мелкодисперсное вещество перекрывает доступ кислорода к пламени и замедляет реакцию окисления. **В системах порошкового пожаротушения** в качестве огнетушащего средства используется порошок, подающийся под давлением из баллонов в зону возгорания. Облако из порошка охлаждает участок возгорания, уменьшается поступление кислорода к пламени, и замедляется реакция горения (используются порошки для тушения пожаров категорий А, В, С, и порошки специального назначения, например, для тушения электроустановок, щелочных металлов, тушения лития и натрия).

4) Комбинированные системы автоматического пожаротушения наиболее эффективны в борьбе с огнем.

Автоматические спринклерные (рис.1.5 а) и дренчерные (рис. 1.5 б) противопожарные системы тушат огонь без участия человека и одновременно включают насосы, повышающие давление, и также одновременно включают систему пожарной тревоги.

3. Спринклерные противопожарные установки для внутреннего пожаротушения

Спринклерные установки – это система распределительных труб, смонтированная под перекрытием помещения, оборудованная спринклерами. Спринклерные установки бывают водяными (применяют в помещениях с температурой выше 0°C) и воздушными (применяют в неотапливаемых помещениях). Водяная система полностью заполнена водой. **В водяных спринклерных установках** система распределительных труб 3 находится под давлением, и при вскрытии спринклеров 4 вода через них поступает в виде разбрызгивающих струй. Спринклерные головки вскрываются в результате расплавления легкоплавкого припоя при повышении температуры (например, в спринклере типа СП-2 на рис. 2 а). При повышении температуры в помещении выше расчетной припой в их замке плавится, и пластинки вместе с клапаном под давлением выбрасываются, освобождая выход воде.

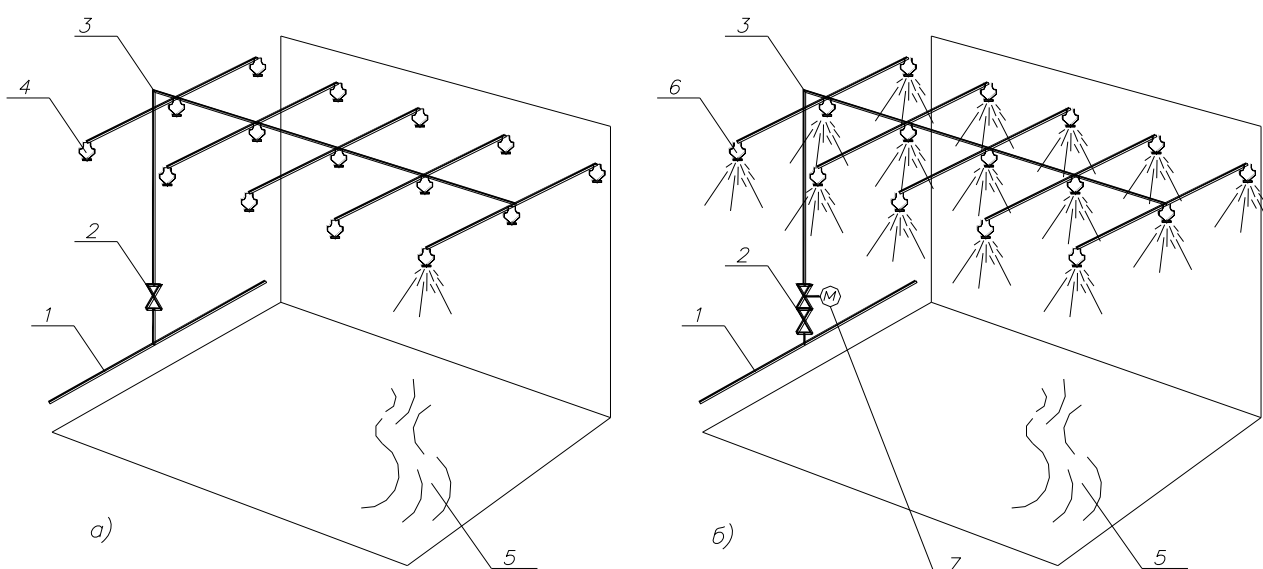


Рисунок 1.5 – Спринклерные и дренчерные системы пожаротушения

а) спринклерная системы; б) дренчерная система

1 – водопровод; 2 – контрольно-сигнальный клапан или кран (задвижка);
3 – система распределительных труб; 4 – спринклеры; 5 – место возгорания; 6 –
открытые разбрызгиватели (дренчеры); 7 – клапан группового действия (задвижка) с
электрическим приводом.

В тех помещениях, где происходит испарение паров или выделение газов, разрушающих легкоплавкие замки спринклеров, применяют спринклеры со стеклянным замком, или так называемые «бульб-спринклеры» (рис. 1. б). В «бульб-спринклерах» во внутрь стеклянной колбочки 8 залита жидкость с большим коэффициентом объемного расширения (например, ацетон). При повышении температуры жидкость в колбочке расширяется в объеме, в результате чего увеличивается давление на ее стенки. Это приводит к разрыву стенок колбочки и вскрытию спринклера.

Спринклерные головки изготавливают для различных температурных режимов. Например, для помещений с максимальной температурой воздуха до 50°C применяют оросители (спринклерные головки) с температурой разрушения теплового замка 72°C, а для помещений с температурой воздуха от 51 до 70°C – используют оросители с температурой разрушения теплового замка 93°C.

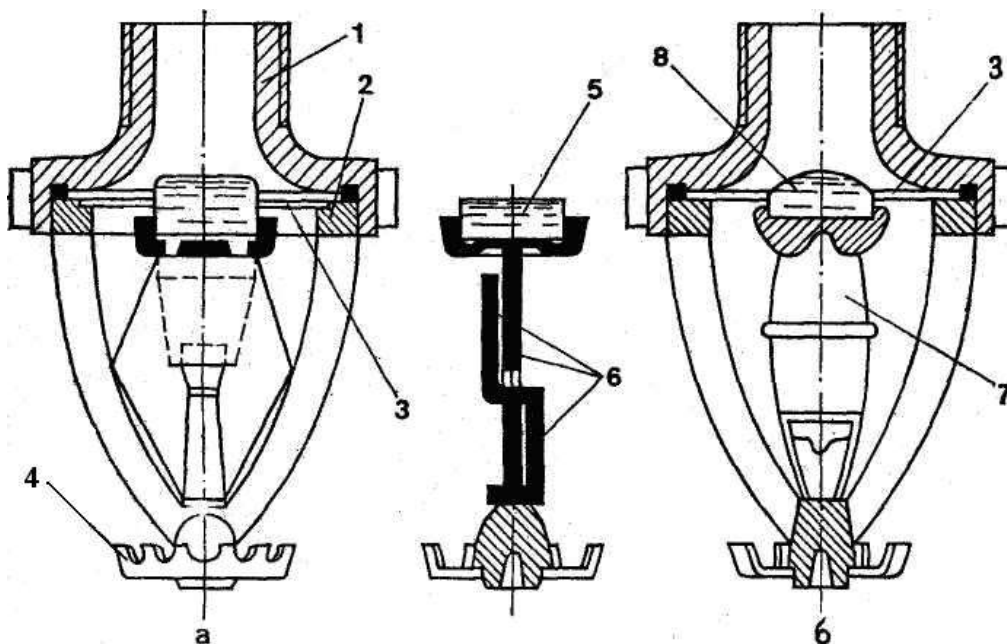


Рисунок 1.6 – Спринклеры:

а) типа СП-2; б) «бульб-спринклер»; 1 – штуцер; 2 – бронзовое кольцо с упорной душкой; 3 – диафрагма; 4 – дефлектор (розетка); 5, 7 – стеклянный клапан; 6 – легкоплавкий замок; 8 – стеклянная колбочка.

Площадь пола, защищенная одним оросителем, в помещениях повышенной пожарной опасности при наличии горючих материалов более 200 кг на 1 м² не должна превышать 9 м², а в остальных случаях – 12 м². Расстояние между оросителями принимают не более 3 м, между оросителями и несгораемыми стенками и перегородками – не более 1,5 м, а между оросителями и сгораемыми и трудносгораемыми стенами – не более 1 м. Во всех остальных случаях в менее пожароопасных помещениях расстояние между оросителями принимают не более 4 м.

4. Дренчерные противопожарные установки для внутреннего пожаротушения

– применяют в помещениях с высокой пожарной опасностью, где возможно быстрое распространение пожара. Дренчерные системы разделяют на дренчерные установки, защищающие всю площадь помещения и на дренчерные завесы, устраиваемые для предупреждения перехода с одной части здания на другое.

В отличие от спринклерной системы, дренчерная не имеет насадок с тепловыми замками, которые плавятся под воздействием температуры, а снабжена открытыми разбрызгивателями – дренчерными оросителями. Подача огнетушащего состава производится не после расплава предохранителя, а по команде от датчиков или ручным управлением. В дренчерной системе используются дренчеры – оросительные головки открытого типа. Дренчерные оросители бывают лопаточными с выходным отверстием диаметром 12 мм (в диафрагме) или розеточными (для создания водяной завесы) с отверстиями 10, 12 и 16 мм. Устройство дренчеров розеточного типа аналогично устройству спринклеров, за исключением клапана и замка, которые в дренчерах отсутствуют, поэтому отверстие в диафрагме дренчера открыто.

Система распределительных трубопроводов находится под действием только атмосферного давления. В автоматических дренчерных системах основным прибором является клапан группового действия, который при отсутствии пожара закрывает доступ воды в дренчерную сеть (систему распределительных труб 3). Открывается клапан вручную или автоматически с помощью датчиков пожарной сигнализации при повышении температуры, появлении дыма. При ручном или автоматическом открытии клапана производится пуск насоса, и вода сначала от автономного водопитателя, а затем от насоса поступает в систему т/п и разбрызгивается не только в месте возгорания, а сразу через все дренчерные оросители. В одной системе д. б. не более 70 дренчеров. Дренчерные завесы работают по принципу стены огнетушащего вещества: могут долго удерживать внутри горящего помещения и пламя, и продукты горения (дым, токсичные вещества, тепловое излучение).



Рисунок 1 7 – Установка дренажных оросителей и пожарных кранов

Площадь пола, защищаемая одним дренчером (оросителем), – 9 м². Расстояние между дренчерами – 3 м, между дренчерами и стенами – 1,5 м. Расстояние между дренчера-

ми, орошающими вертикальные плоскости или предназначенными для создания водяных завес, определяют из условий расхода воды $0,5 \text{ дм}^3/\text{с}$ на 1 м ширины орошаемой плоскости или проема.

Тема 2 Проектирование и гидравлический расчет элементов внутриплощадочных сетей хозяйственно-питьевого, противопожарного и производственного водоснабжения на площадке промышленного предприятия (Теоретический раздел)

Системы и схемы водоснабжения на площадке промышленного предприятия. Проектирование системы хозяйственно-питьевого водоснабжения промпредприятия. Гидравлический расчет хозяйственно-питьевого водопровода на два расчетных случая.

Системы и схемы водоснабжения на площадке промышленного предприятия

[#Тема2](#)

Система водоснабжения представляет собой комплекс инженерных сооружений, предназначенных для забора воды из природных источников, улучшения её качества, транспортирования, хранения и подачи её потребителям.

Под схемой водоснабжения промышленного предприятия понимают взаимное расположение и систему взаимных связей между элементами системы водоснабжения.

На площадке промпредприятия в соответствии с требованиями потребителей необходимо устраивать систему хозяйственно-питьевого, производственного и противопожарного водоснабжения. В зависимости от требований, предъявляемых к качеству воды, данные системы могут устраиваться раздельными или объединенными. [Системы водоснабжения на площадке промпредприятия](#)

По характеру использования воды системы водоснабжения могут быть прямоточные, с последовательным использованием воды и оборотные. [Системы производственного водоснабжения по характеру использования воды](#)

Прямоточное водоснабжение. Вода, использованная потребителем, выпускается в канализацию и далее в водоток.

Последовательное водоснабжение. Отработанная в одном цехе вода направляется в другой цех и только после этого поступает в канализацию. Такую схему водоснабжения можно использовать между предприятиями, цехами предприятий и отдельными агрегатами.

Оборотное водоснабжение. Использованную потребителем воду не сбрасывают в водоем или реку, как при прямоточном водоснабжении, а вновь направляют потребителю после обработки. Благодаря этому из источника подается незначительное количество добавочной воды для пополнения потерь воды при ее охлаждении или очистке.

Проектирование системы хозяйственно-питьевого водоснабжения промпредприятия

[#Тема2](#)

Существует два принципиальных подхода к хозяйственно-питьевому водоснабжению предприятий:

- подключение к системе городского водоснабжения (при расположении предприятия в черте города);
- устройство самостоятельных источников водоснабжения (предпочтительнее при расположении предприятия вне города).

Подача воды из городской сети в хозяйственно-питьевой водопровод предприятия осуществляется по двум или нескольким вводам из различных магистральных линий городской водопроводной сети. Существуют следующие схемы подключения внутриплощадочных сетей х/п водоснабжения предприятия к внеплощадочным (городским) водопроводам (рис. 2.1).

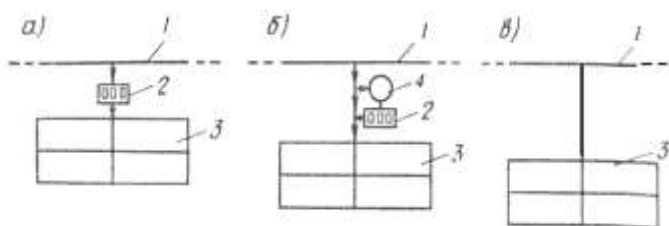


Рисунок 2.1 – Схемы подключения внутриплощадочной водопроводной сети к городскому водопроводу:

а – через насосы – повысители напора; б – то же, и регулируемую емкость; в – без дополнительных устройств

1 – магистраль городской водопроводной сети; 2 – насосная станция; 3 - внутриплощадочная водопроводная сеть; 4 - регулирующая емкость.

1 – магистраль городской водопроводной сети; 2 – насосная станция; 3 - внутриплощадочная водопроводная сеть; 4 - регулирующая емкость.

Выбор схемы подключения осуществляется на основании выполнения гидравлического расчета внутриплощадочной сети с учетом гарантийного напора (избыточного давления) в городском водопроводе в точке подключения п/п.

Если требуемое избыточное давление водопроводной сети предприятия превышает избыточное давление водопроводной сети города, то строят повысительные насосные станции, а иногда устанавливают регулирующие емкости, позволяющие забирать равномерно воду из городского водопровода в течение суток.

Первым этапом гидравлического расчета сети является ее трассировка. Трассирование водопроводной сети, в процессе которого ей придают определенное геометрическое начертание в плане, зависит от рельефа местности, планировки снабжаемого водой объекта, размещения потребителей воды, расположения дорог, размеров цехов, наличия естественных и искусственных препятствий (рек, каналов, железнодорожных путей), а также от расположения регулирующих емкостей (водонапорного бака и запасающего резервуара).

Наружная водопроводная сеть состоит из магистральных и распределительных линий. Магистральные линии питают распределительную сеть. Трассу магистралей выбирают так, чтобы вода потребителям подавалась кратчайшим путем.

Магистральные трубопроводы являются наиболее ответственными участками наружной водопроводной сети и поэтому подлежат расчету. Распределительные линии, как правило, не рассчитываются, но на небольших предприятиях, где водопроводная сеть мало разветвлена, в расчет принимаются все линии.

При трассировании водопроводной сети необходимо руководствоваться следующими принципами:

- главные магистральные линии надо направлять по кратчайшему расстоянию к наиболее крупным водопотребителям;
- водопроводные линии должны быть расположены равномерно по всей территории объекта водоснабжения;

- водопроводные линии следует располагать по проездам или обочинам дорог, параллельно линиям застройки, по возможности вне асфальтовых и бетонных покрытий;

- автомобильные дороги трубопроводы должны пересекать под прямым углом.

Размещение сетей водоснабжения и канализации на территории промышленного предприятия принимаются согласно СНиП II-89-80 «Генеральные планы промышленных предприятий», отдельные главы которого приведены в приложении Б, а также представлены ниже.

Размещение инженерных сетей.

1. Для предприятий следует проектировать единую систему инженерных сетей, размещаемых в технических полосах, обеспечивающих занятие наименьших участков территории и увязку со зданиями и сооружениями.

2. Выбор способа размещения сетей (надземный, надземный или подземный) должен предусматриваться в соответствии с результатами технико-экономических расчетов.

3. Для сетей различного назначения следует, как правило, предусматривать совместное размещение в общих траншеях, тоннелях, каналах, на низких опорах, шпалах или эстакадах с соблюдением соответствующих санитарных и противопожарных норм и правил безопасности эксплуатации сетей.

Подземные сети.

1. Подземные сети надлежит прокладывать вне проезжей части автомобильных дорог.

2. Расстояния по горизонтали (в свету) от подземных коммуникаций до зданий и сооружений следует принимать не менее указанных:

от водопровода и напорной канализации до: фундаментов зданий и сооружений – 5 м, фундаментов ограждения, опор, галерей, эстакад трубопроводов - 3 м, автодорог – 2 м;

от самотечной канализации и водостоков до: фундаментов зданий и сооружений – 3 м, фундаментов ограждения, опор, галерей, эстакад трубопроводов - 1,5 м, автодорог – 1,5 м.

3. Расстояния по горизонтали (в свету) между инженерными подземными сетями при их параллельном размещении следует принимать не менее указанных:

между водопроводом и водопроводом – 1,5 м, между канализацией и канализацией – 0,4 м;

расстояния от канализации до хоз.-питьевого водопровода должны приниматься: до водопровода из железобетонных и асбестоцементных труб, прокладываемых в глинистых грунтах – не менее 5 м, в крупнообломочных и песчаных грунтах – не менее 10 м; до водопровода из чугунных труб диаметром до 200 мм – не менее 1,5 м, диаметром более 200 мм – не менее 3 м; до водопровода из пластмассовых труб – не менее 1,5 м;

расстояние между сетями канализации и производственного водопровода независимо от материала труб, а также от номенклатуры и характеристики грунтов должно быть не менее 1,5 м.

4. При пересечении инженерных сетей расстояния по вертикали (в свету) должны быть не менее:

между трубопроводами и автомобильными дорогами, считая от верха покрытия проезжей части до верха трубы (или ее футляра) при открытом способе производства

работ - 1 м, при закрытом способе - 1,5 м;

между трубопроводами различного назначения (за исключением канализационных, пересекающих водопроводные и трубопроводов для ядовитых и дурно пахнущих жидкостей) – 0,2 м:

трубопроводы, транспортирующие воду питьевого качества, следует размещать выше канализационных или трубопроводов, транспортирующих ядовитые и дурно пахнущие жидкости, на 0,4 м; допускается размещать стальные, заключенные в футляры трубопроводы, транспортирующие воду питьевого качества, ниже канализационных, при этом расстояние от стенок канализационных труб до обреза футляра должно быть не менее 5 м в каждую сторону в глинистых грунтах и 10 м - в крупнообломочных и песчаных грунтах, а канализационные трубопроводы следует предусматривать из чугунных труб.

Размещение зданий и сооружений.

Расстояния между охладителями воды, зданиями и сооружениями следует принимать не менее указанных:

от вентиляторных секционных градирен наземных до: вентиляторных секционных градирен наземных – 9 – 24 м (в зависимости от площади секции), зданий – 21 м, края проезжей части автодорог общего пользования – 39 м.

от вентиляторных секционных градирен на покрытиях зданий до: вентиляторных секционных градирен на покрытиях зданий – 12 м, зданий – 9 м, края проезжей части автодорог общего пользования – 9 м.

Минимальное расстояние от градирен производительностью до 100 м³/ч: до зданий и сооружений – 15 м, до края проезжей части автодорог общего пользования – 6 м.

Расстояние от открытых отстойников до зданий и сооружений следует принимать как для вентиляторных секционных наземных градирен.

Гидравлический расчет хозяйственно-питьевого водопровода на два расчетных случая

[#Тема2](#)

Расчет сети хозяйственно-питьевого водоснабжения необходимо произвести на случай максимального водопотребления из сети и случай тушения расчетного количества пожаров в час максимального водопотребления из сети. Гидравлический расчет сводится к определению расчетных расходов на участках сети, подбору экономически выгодных диаметров, подбору материала труб, расчета потерь напора на участках, определению объемов запасно-регулирующего резервуара и подбору насосного оборудования для обеспечения подачи необходимого количества воды под требуемым напором.

Гидравлический расчет хозяйственно-питьевой водопроводной сети производится на максимальный часовой расход $Q_{\text{макс}}$, л/с. Максимальные секундные расходы (хозяйственно-питьевые) каждого потребителя принимаются пропорционально расчетным расходам (хозяйственно-питьевым) на балансовой схеме: цех №1 - q_1 , л/с, цех №2 - q_2 , л/с, АБК - q_3 , л/с, котельная – q_4 , л/с мастерские – q_5 , л/с,. Далее схематично вычерчивается хозяйственно-питьевая сеть, на которой показываются места отбора воды потребителями и водопитатель (рис. 3).

Гидравлический расчет ведем в следующей последовательности:

Расчет сети на случай максимального водопотребления.

1. Разбивается сеть на расчетные участки, и намечаются узловые точки.
2. Определяются величины отборов воды из узлов при заданных условиях работы сети по формуле:

$$q_{\text{узл.}} = \frac{1}{2} \cdot \sum q + q_{\text{соср.}}, \text{ л / с} \quad (2.1)$$

где $\sum q$ – сумма отборов воды из участков, примыкающих к узлу, л/с;
 $q_{\text{соср.}}$ – собственный сосредоточенный расход, л/с.

Проверяем условие $Q_{\text{макс}} = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 = q_{\text{уз}}^1 + q_{\text{уз}}^2 + q_{\text{уз}}^3 + q_{\text{уз}}^4$ (2.2)

3. Назначается диктующую точку (точка схода потоков).

4. Намечается предварительное потокораспределение по линиям кольцевой сети. Расчетные расходы на участке сети определяются из условия выполнения баланса в узле (1-ый закон Кирхгофа). Алгебраическая сумма расходов, приходящих и уходящих из узла, должна быть равна нулю. При этом расходы, приходящие к узлу, условно считаются положительными, а уходящие от узла, включая отбор, - отрицательными.

5. Подбирается материал водопроводных труб. Для напорных водоводов и сетей, как правило следует применять неметаллические трубы (пластмассовые, железобетонные напорные и др.).

6. По расчетным расходам определяются экономически выгодные диаметры на расчетных участках сети с использованием таблиц Шевелева. Диаметр труб водопровода, объединенного с противопожарным, на промышленных предприятиях должен быть не менее 100 мм.

7. Рассчитывают потери напора h_l и давления p_l по длине на каждом участке по формуле

$$h_l = \frac{1000i}{1000} \cdot l, \text{ м;} \quad (2.3)$$

$$p_l = h_l \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6}, \text{ МПа;} \quad (2.3.1)$$

Знаки потерь напора расставляют в зависимости от выбранного направления обхода кольца. Если движение воды на участке совпадает с направлением обхода, то потеря напора берется со знаком «+», если не совпадает – со знаком «-».

Допустимые максимальные значения скорости и потерей напора (давления) по расчетному участку зависят от диаметра трубы и лежат в интервале: $V = 0,9-1,2$ м/с; $h =$ до 6 м/км ($p =$ до 0,06 МПа/км).

8. Исходные данные и результаты гидравлического расчета сводятся в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 - Исходные данные и результаты гидравлического расчета сети хозяйственно-питьевого водоснабжения (случай максимального водопотребления).

№ участка	Предварительное потокораспределение							И исправление				
	Длина участка, l , м	Расход, q , л/с	Диаметр, d , мм	Скорость, v , м/с	Уклон, $1000i$	Потери напора, h , м	Потери давления, p , МПа	Sq	Δq	q' , л/с	$1000i$	h , м

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----

9. Выполняется гидравлическая увязка кольцевой водопроводной сети, в ходе которой осуществляется поиск истинного потокораспределения по участкам водопроводной сети, при котором достигаются условия выполнения второго закона Кирхгофа: алгебраическая сумма потерь напора (давления) в кольце равна нулю, т.е. $\sum h = 0$ ($\sum p = 0$). Для ручной увязки это соотношение допускается принимать $\sum h \leq \pm 0,5$ м ($\sum p \leq 0,005$ МПа).

Невязка определяется как алгебраическая сумма потерь напора (давления) в кольце:

$$\sum h = \pm \Delta h \quad (2.4)$$

Если невязка Δh превышает допустимую, то сеть увязывают, последовательно перераспределяя расходы воды, вводя при каждом исправлении поправочный расход Δq , который определяется отдельно для каждого кольца по формуле:

$$\Delta q = \frac{\pm \Delta h}{2 \sum S q}, \text{ л / с} \quad S q = \frac{h}{q} \quad (2.5)$$

, где

Знак поправочного расхода означает, какие участки перегружены (если «-» Δq , то перегружены участки, на которых вода движется против часов стрелки, если «+» Δq , то перегружены участки, на которых вода движется по часовой стрелке). Поэтому необходимо с перегруженных участков снять расход воды в объеме Δq и прибавить к недогруженным участкам в объеме Δq .

Исправленные расходы определяют по формуле:

$$q' = q + \Delta q', \text{ л / с} \quad (\text{первое исправление}) \quad (2.6)$$

$$q'' = q' + \Delta q'', \text{ л / с} \quad (\text{второе исправление и т.д.}) \quad (2.7)$$

Расчет сети на случай тушения расчетного количества пожаров в час максимального водопотребления из сети.

1. Количество одновременных пожаров на предприятии и расход воды на тушение наружного пожара ($q_{\text{пож}}$, л/с) принимается согласно задания на курсовое проектирование

2. Возникновение пожара назначаем в диктующей точке. Расход $q_{\text{пож}}$ на тушение пожара прибавляется к расходу насосной станции и узловому расходу в диктующей точке. Производится предварительное потокораспределение, и определяются расчетные расходы. По расчетным расходам определяются экономически выгодные диаметры на расчетных участках сети с использованием таблиц Шевелева.

При расчете сети на случай тушения расчетного количества пожаров в час максимального водопотребления допустимые максимальные значения скорости и потерь напора (давления) зависят от диаметра трубы [4] и с учетом первого расчетного случая лежат в интервале: $V =$ до 1,5-2,5 м/с; $h =$ до 10-15 м/км ($p =$ до 0,1-0,15 МПа/км). В случае невыполнения данных условий полученные диаметры могут отличаться от принятых диаметров для случая максимального водопотребления.

3. Рассчитывают потери напора (давления) по длине на каждом участке. Определяется алгебраическая сумма потерь напора (давления) в кольце, которая должна

быть $\sum h \leq \pm 0,5$ м ($\leq 0,005$ МПа). При невыполнении данного условия необходимо произвести перераспределение расходов воды по вышеизложенной методике.

4. Исходные данные и результаты гидравлического расчета сводятся в таблицу (по предложенной ранее форме).

5. Если на каких-то участках сети при расчете на случай тушения пожара произошло изменение диаметров по сравнению с расчетным случаем максимального водопотребления, то необходимо выполнить новый гидравлический расчет сети на случай максимального водопотребления с учетом изменившихся диаметров. Расчет выполняется по выше изложенной методике. Окончательные результаты расчета сети на случай максимального водопотребления сводятся в таблицу.

Расчет напорного водовода от насосной станции до узла 1.

Расчет данного участка производится также на два случая:

- а) максимального водопотребления с расходом $Q_{\text{макс}}$, л/с;
- б) тушения расчетного количества пожаров в час максимального водопотребления из сети с расходом $(Q_{\text{макс}} + q_{\text{пож}})$, л/с.

На данном участке принимаются неметаллические трубы (пластмассовые, железобетонные напорные и др.). По расчетным расходам определяются экономически выгодные диаметры на данном участке сети с использованием таблиц Шевелева. Рассчитывают потери напора (давления). Потери напора не должны превышать 6 м на 1 км длины участка. Потери давления не должны превышать 0,06 МПа на 1 км длины участка.

Тема 3 Охлаждение оборотной воды. Охлаждающие устройства систем производственного водоснабжения

(Теоретический раздел)

Охлаждающие устройства систем производственного водоснабжения. Классификация охладителей оборотной воды и принцип работы. Водохранилища-охладители и пруды-охладители. Брызгальные бассейны. Градирни. Баланс воды в системах оборотного водоснабжения.

Охлаждающие устройства систем производственного водоснабжения.

#Тема3

При оборотном водоснабжении промышленного объекта *охлаждающее устройство (охладитель)* должно обеспечить *охлаждение циркуляционной воды* до температур, отвечающих оптимальным технико-экономическим показателям работы объекта. Понижение температуры воды в охладителях происходит в результате передачи ее тепла воздуху в таких сооружениях как водохранилища-охладители, брызгальные бассейны, градирни.

Тип и размеры охладителя должны приниматься с учетом: расчетных расходов воды; расчетной температуры охлажденной воды, перепада температур воды в системе и требований технологического процесса к устойчивости охлаждающего эффекта и т. д.

Охлаждающие устройства **характеризуются** следующими **показателями**: гидравлическая нагрузка **g** – количество воды на 1 м² площади охладителя; тепловая нагрузка **gf** – количество тепла, переданное водой наружу, приходящееся на 1 м² площади охлаждающего устройства, к кал/час м².

Количественные показатели:

а) *гидравлическая нагрузка (q)* – расход воды, приходящейся на 1 м² активной площади охладителя в плане (плотность орошения), м³/м²·час

$$q_f = \frac{Q}{F_{\text{акт}}}$$

б) *тепловая нагрузка охладителя* – количество тепла, отдаваемое 1 м² площади охладителя в плане, ккал/м²·ч

$$Q_f = \Delta t \cdot C \cdot q$$

Где C – теплоемкость воды, Дж / (кг · град), C = f (температура воды);

Δt – разность температур поступающей и выходящей воды, °С;

Качественные показатели:

а) *ширина зоны охлаждения* (перепад температур на входе и выходе охладителя):

$$\Delta t = t_1 - t_2, \text{ °С};$$

б) *глубина зоны охлаждения* (степень приближения температуры охлаждаемой воды к теоретическому пределу) $\Delta t' = t_2 - \tau$ (°С),

где:

τ – теоретический предел охлаждения, °С; для прудов охладителей $\tau = t_e$; брызгальных

бассейнов и градирен $\tau = T_{\text{см}}$; радиаторных охладителей $\tau = T$;

t_e – естественная температура воды на поверхности водоема, °С;

$T_{\text{см}}$ – температура воздуха по смоченному термометру, °С;

T – температура воздуха по сухому термометру, °С;

Чем меньше получилась $\Delta t'$, тем ближе температура охлаждения воды t_2 к теоретическому пределу охлаждения.

Эффективность работы охладителя оценивается по зависимости

$$\eta = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - \tau} \rightarrow 1.$$

Эффект охлаждения может быть увеличен за счет:

- увеличения поверхности соприкосновения охлаждаемой воды с воздухом (разбрызгивание, орошение, стекание воды тонкой пленкой по различным насадкам);
- подача определенного количества воздуха и с определенной скоростью;
- равномерности распределения воды и поступающего воздуха.

Классификация охладителей оборотной воды и принцип работы.

[#Тема3](#)

Понижение температуры воды в охладителях происходит в результате передачи ее тепла воздуху.

- По способу передачи тепла атмосферному воздуху:
 - **испарительные**, в которых передача тепла от воды воздуху осуществляется в основном за счет испарения;
 - **радиаторные**, или сухие, в которых передача тепла от воды воздуху осуществляется через стенку радиаторов за счет теплопроводности и конвекции;
 - **смешанные**, в которых используется передача тепла за счет испарения, теплопроводности и конвекции.
- По способу создания тяги воздуха:
 - **вентиляторные**, через которые воздух прокачивается нагнетательными или отсасывающими вентиляторами;
 - **башенные**, в которых тяга воздуха создается высокой вытяжной башней;
 - **открытые**, или атмосферные, в которых для протока воздуха через них используются естественные токи воздуха - ветер и отчасти естественная конвекция.
- В зависимости от конструкции оросительного устройства:
 - **пленочные**;
 - **капельные**;
 - **брызгальные**;
 - **комбинированные**.

Водохранилища-охладители и пруды-охладители

[#Тема3](#)

По назначению, расположению и условиям питания *водохранилища-охладители* делятся на 4 группы:

- водохранилища-охладители на естественных озерах и прудах;
- регулирующие водохранилища на водотоках, которые используются для сезонного регулирования стока, а также для охлаждения циркуляционной воды;
- водохранилища, сооружаемые на водотоках без регулирования стока, для создания поверхности, достаточной для охлаждения циркуляционной воды;
 - наливные водохранилища, сооружаемые вне водотока, с подпиткой

из ближайших рек.

Охлаждение циркуляционной воды в водохранилищах (рис. 3.1 а) применяется преимущественно при возможности использования для этой цели естественных водоемов или водохранилищ общего назначения. Если их нет, следует проверить технико-экономическую целесообразность создания специальных водохранилищ-охладителей на водотоках или наливных водохранилищ (вне водотоков), питаемых из внешних источников.

Водохранилища-охладители обеспечивают в течение всего года более низкие температуры охлаждающей воды, чем брызгальные бассейны и градирни с естественной тягой, а в зимние и весенне-осенние месяцы даже более низкие температуры, чем вентиляторные градирни.

Так как водохранилища-охладители являются одновременно регуляторами поверхностного стока, они могут обеспечить надежное обратное водоснабжение мощных тепловых электростанций и крупных промышленных предприятий даже при незначительных водных ресурсах.

Водохранилища-охладители просты в эксплуатации даже в зимнее время, когда эксплуатация охладителей других типов осложняется из-за их обмерзания. При их применении нет необходимости подавать воду на значительную высоту, как при применении градирен, или создавать напор для разбрызгивания воды, как при применении брызгальных бассейнов, что сокращает расход электроэнергии на привод циркуляционных насосов.

Создание специальных водохранилищ-охладителей требует наличия большой площади и значительных капитальных затрат на сооружение плотины и подготовку ложа водохранилища. Кроме того, большие затраты необходимы при сносе строений и занятии сельскохозяйственных угодий. В то же время водохранилища-охладители могут быть использованы для разведения рыбы, орошения, водного транспорта и т. п.

Пруды-охладители (рис. 3.1, б) – обычно полностью искусственные сооружения, создаваемые вне водотоков. Вся площадь пруда является активной зоной, участвующей в охлаждении воды. Оптимальной является вытянутая форма пруда с плавным очертанием берегов и рассеивающим выпуском.

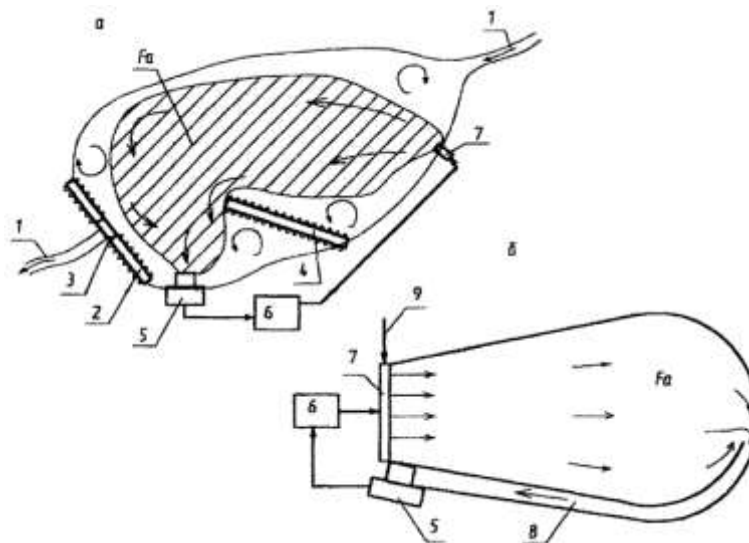


Рисунок 3.1 – Схема водохранилища-охладителя и пруда-охладителя:
а – водохранилище-охладитель; б – пруд-охладитель;

1 – водоток; 2 – плотина; 3 – водопропускные отверстия; 4 – струенаправляющая дамба; 5 – водозабор с насосной станцией; 6 – производственный водопотребитель; 7 – выпуск отработанной воды; 8 – канал охлажденной воды; 9 – подача воды на заполнение и подпитку; F_a – площадь активной зоны

Брызгальные бассейны

[#Тема3](#)

Брызгательный бассейн (рис.3.2) – это открытый ж/б или бетонный резервуар, состоящий из 2-х или более секций и оборудованный водораспределительными трубами и соплами (брызгалами).

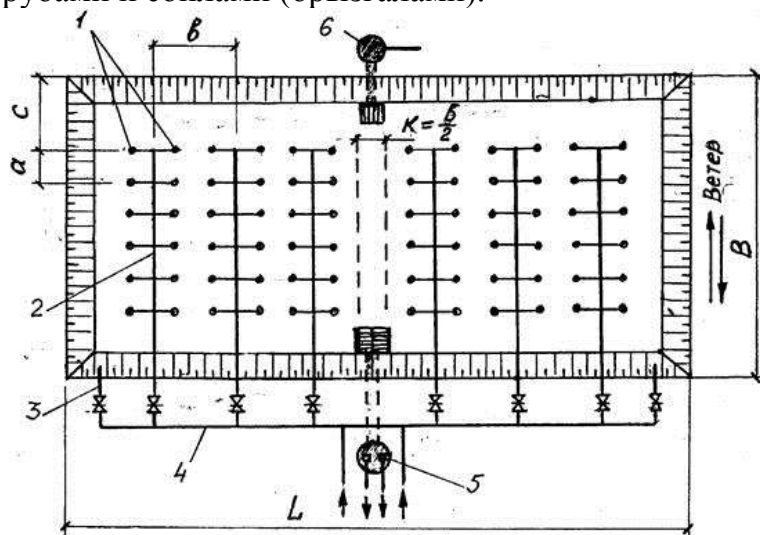


Рисунок 3.2 – Схема брызгального бассейна

1 – насадки или сопла для разбрызгивания воды; 2 – распределительные трубы; 3 – выпуски для сброса воды без разбрызгивания (в зимний период); 4 – магистральный трубопровод или главный коллектор, подающий воду для охлаждения в брызгальный бассейн; 5 – всасывающий колодец охлажденной воды; 6 – грязевой выпуск и колодец опорожнения бассейна

Сопла располагаются на высоте 1,2–1,5 м над уровнем воды по одному или пучком по три-пять. Распределительные трубы 2 присоединяются к коллектору 4, который прокладывается вдоль одного из бортов бассейна. При разбрызгивании вода охлаждается, частично испаряясь и соприкасаясь с воздухом. В зимнее время предусматривается подача охлаждаемой воды прямо в резервуар, минуя распределительные трубы. Глубина бассейна 1,5–2 м, ширина 40–50 м, длина 80–100 м. Вместимость брызгальных бассейнов 3–5 тыс. м³.

Градирни

[#Тема3](#)

Классификация градирен

По способу передачи тепла атмосферному воздуху можно классифицировать градирни на:

испарительные, в которых передача тепла от воды воздуху осуществляется в основном за счет испарения;

радиаторные, или сухие, в которых передача тепла от воды воздуху осуществляется через стенку радиаторов за счет теплопроводности и конвекции;

смешанные, в которых используется передача тепла за счет испарения, теплопроводности и конвекции.

По способу создания тяги воздуха градирни разделяются на:

вентиляторные, через которые воздух прокачивается нагнетательными или отсасывающими вентиляторами;

башенные, в которых тяга воздуха создается высокой вытяжной башней;

открытые, или атмосферные, в которых для протока воздуха через них используются естественные токи воздуха - ветер и отчасти естественная конвекция.

В зависимости от конструкции оросительного устройства и способа, которым достигается увеличение поверхности соприкосновения воды с воздухом, градирни подразделяются на

пленочные, капельные и брызгальные.

Необходимая для охлаждения воды площадь поверхности ее соприкосновения с воздухом создается в градирнях на оросительных устройствах (оросителях), которые могут быть капельными, пленочными или комбинированными.

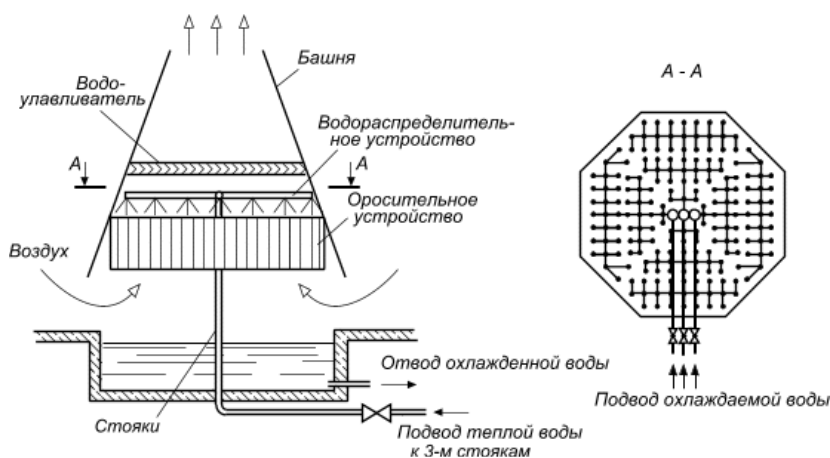


Рисунок 3.3 – Конструктивная схема испарительной градирни



Рисунок 3.4 – Схема капельной градирни

Баланс воды в системах оборотного водоснабжения

[#Тема3](#)

Для системы водообеспечения промышленных предприятий рекомендуется составлять баланс воды, включающий потери на сбросы и необходимое добавление компенсирующих расходов воды в систему (рис. 3.5).

Для расчета систем ВиВ необходимо составлять графики притока сточных вод, а также графические схемы водного баланса по каждому потребителю (аппарату, цеху, корпусу), включающие в себя: количество потребляемой и сбрасываемой каждым потребителем воды, воды, теряемой безвозвратно в производстве, на охлаждающих установках, очистных сооружениях и т.д. В схемах, кроме того, указывается: направление движения воды; виды водоподводящих и водоотводящих коммуникаций или категории транспортируемой по коммуникациям воды; расположение потребителей воды, сооружений по ее охлаждению, очистке и т.д. Такие схемы составляются либо в абсолютных количествах циркулирующих вод за единицу времени ($\text{м}^3/\text{ч}$, $\text{м}^3/\text{сут}$), либо в удельных расходах воды на единицу продукции или потребляемого сырья ($\text{м}^3/\text{т}$).

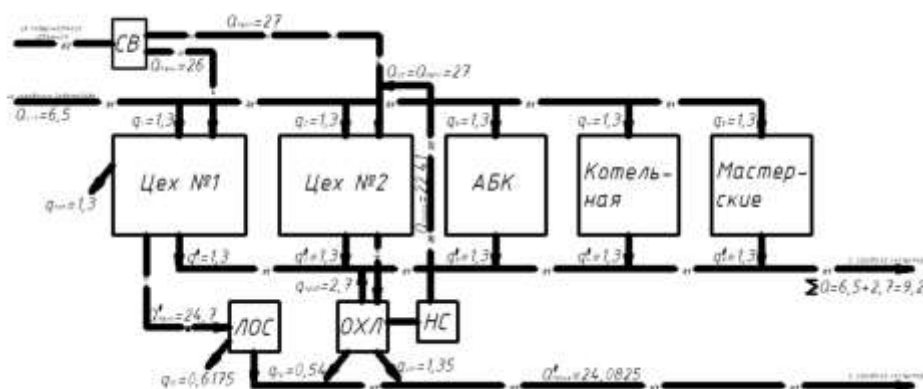


Рисунок 3.5 – Балансовая схема водоснабжения и водоотведения промышленного предприятия

Тема 4 Методы обработки воды на промпредприятии и основные технологические процессы. Принцип выбора метода обработки воды. Проектирование и расчет сооружений

(Теоретический раздел)

Умягчение воды. Обессоливание воды. Дегазация воды. Обескремнивание воды. Стабилизационная обработка воды. Обработка охлаждающей оборотной воды. Использование очищенных сточных вод в оборотных охлаждающих системах.

Умягчение воды

#Тема4

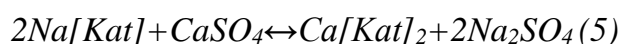
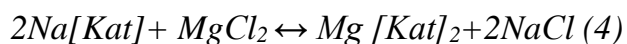
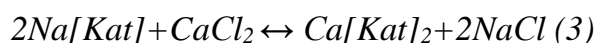
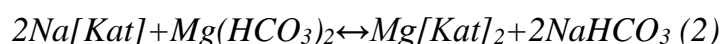
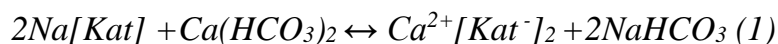
1. Основы процесса умягчения методом ионного обмена
2. Катиониты и их свойства.
3. Технологические схемы умягчения воды ионным обменом
4. Конструкции ионообменных фильтров, их расчет и эксплуатация

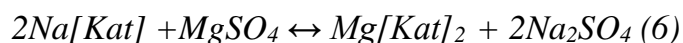
1. Основы процесса умягчения методом ионного обмена

Процесс ионного умягчения воды применяется на стадии более глубокого снижения жёсткости воды. Технология ионно-обменного умягчения может быть реализована в совокупности с технологией реагентного умягчения (как завершающая стадия), а может быть применена и как самостоятельная технология. При этом жёсткость исходной воды $J_{исх}$, поступающей на ионно-обменную установку, должна быть не более 12–15 мг-экв/л, мутность – не более 1,5 мг/л, цветность – не более 5–8 градусов. Применительно к процессу умягчения ионный обмен принято называть катионитовым методом умягчения или просто катионированием воды.

Катионитовый метод основан на способности некоторых практически не растворимых в воде веществ, называемых катионитами, обменивать содержащиеся в них активные группы катионов на катионы Ca^{+2} и Mg^{+2} воды, определяющие её жёсткость. На стадии пуско-наладочных работ природная активная группа катионита, имеющая сложную структуру, заменяется на катион Na^+ (пропусканием через катионит раствора поваренной соли $NaCl$), или на катион H^+ (пропусканием через катионит раствора H_2SO_4). В зависимости от этого, катионит называется Na-катионитом или H-катионитом. В процессе умягчения воды протекает реакция ионного обмена между катионами Ca^{+2} и Mg^{+2} , содержащимися в фильтруемой воде, и Na^+ и H^+ , содержащимися в загрузке катионита. При катионитовом методе протекают следующие реакции ионного обмена:

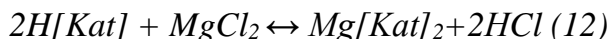
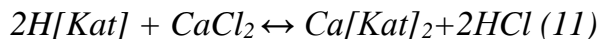
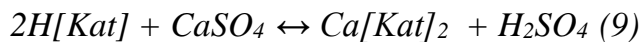
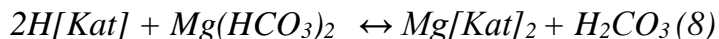
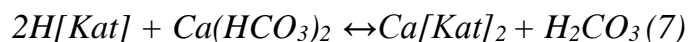
1. Реакции в Na – катионитовом фильтре:





в загрузке в исх. воде в фильтрате

2. Реакции в Н – катионитовом фильтре:



в загрузке в исх. воде в фильтрате

Согласно приведённым уравнениям, при фильтровании воды через Na-катионитовую загрузку уменьшается жёсткость (удаляются $Ca(HCO_3)_2$ и $MgSO_4$) и увеличивается щёлочность (образуются соли $NaHCO_3$ и Na_2SO_4) эквивалентно J_k .

При фильтровании воды через Н-катионитовую загрузку процесс уменьшения жёсткости сопровождается увеличением кислотности фильтрата эквивалентно $J_{нк}$ (образуются кислоты H_2SO_4 и HCl). Одновременно вода насыщается свободной углекислотой $CO_2\uparrow$. Это, с одной стороны, диктует определённый состав технологической схемы катионирования воды, с другой стороны даёт возможность, применяя совместное Н- Na –катионирование, получить заданную щёлочность фильтрата.

2. Катиониты и их свойства

Катиониты по составу бывают *минеральными* и *органическими*, которые в свою очередь, разделяются на катиониты *естественного* и *искусственного происхождения*. Наибольшее применение нашли:

- 1) Сульфуголь – органическое вещество искусственного происхождения, изготовлен из коксующихся углей;
- 2) Катионит КУ-2 – органич. искусственное синтезированное вещество.

Основными характеристиками катионитов являются:

– *Полная обменная способность катионита* ($E_{полн}$) – это количество г-экв катионов Ca^{+2} и Mg^{+2} , которое может задержать 1 м³ катионита, находящегося в рабочем состоянии (после набухания в воде в течение 24 часов), до того момента, когда жесткость фильтрата станет равной жесткости исходной воды (паспортная величина).

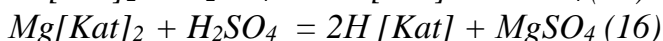
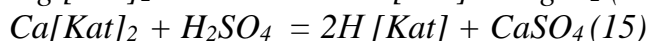
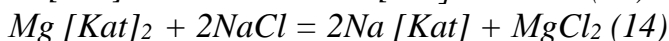
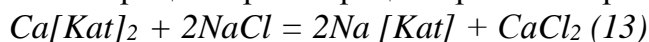
Рабочая обменная способность ($E_{раб}$) – это количество г-экв катионов Ca^{+2} и Mg^{+2} , которое может задержать 1 м³ катионита, находящегося в рабочем состоянии, до того момента, когда жесткость фильтрата станет равной конкретной заданной жесткости (согласно требованиям потребителя).

$E_{раб}$ меньше $E_{полн}$.

С течением времени, когда катионит исчерпает свою $E_{раб}$, и жёсткость фильтрата становится равной некоторой требуемой величине, возникает необходимость регенерации катионитовой загрузки.

Регенерация – процесс восстановления обменной способности $[Kat]$ при пропуске через него регенерационного раствора ($NaCl$, H_2SO_4).

В процессе регенерации протекают реакции:



Количество регенераций определяется регламентом (по Приложению Е Пособия П1–2019). Процесс регенерации в целом включает следующие последовательно реализуемые стадии:

- 1) Взрыхление загрузки (катионита) обратным током воды (снизу вверх) с интенсивностью $4 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ при крупности зерен катионита от 0,3 до 0,8 мм и $5 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ – при крупности зерен от 0,8 до 1,2 мм.
Продолжительность взрыхления следует принимать 20 – 30 мин.
- 2) Подача регенерационного раствора в течении 30 – 40 минут;
- 3) Отмывка загрузки (катионита) исходной водой (сверху вниз) в течении 10 – 15 минут при удельном расходе отмывочной воды – от 4 до 6 м³ на 1 м³ катионита.

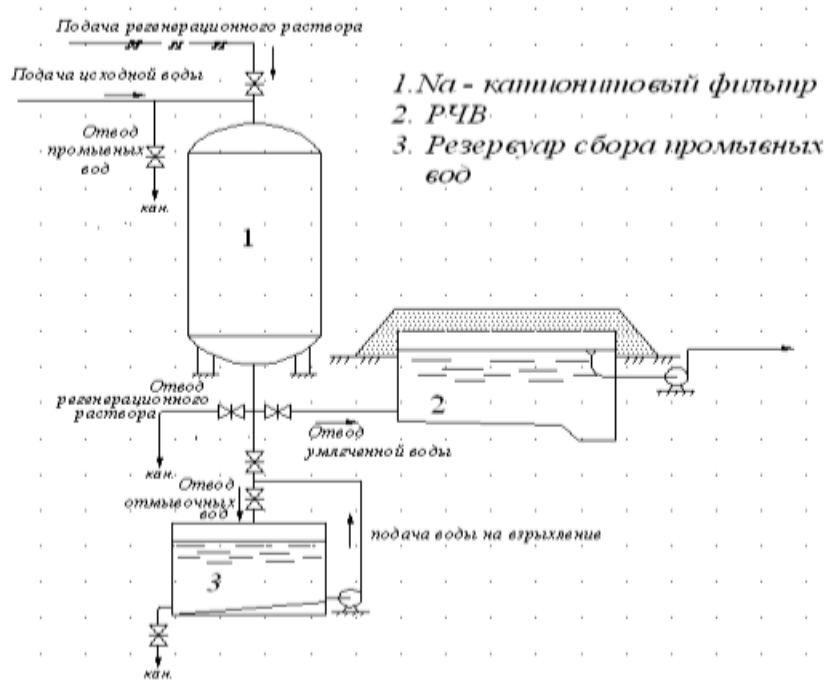
3. Технологические схемы умягчения воды ионным обменом

В зависимости от требуемой глубины умягчения и от того, требуется ли параллельно и на каком уровне корректировка щёлочности, возможны следующие варианты технологических схем:

а) одноступенчатое Na – катионирование (рис. 4.1) позволяет снизить жёсткость фильтрата до 0,1 – 0,2 мг-экв/л. При этом щёлочность воды после одноступенчатой установки увеличивается по сравнению с исходной эквивалентно Жк. Метод применяют для умягчения подземных и поверхностных вод с содержанием взвешенных веществ не более 8 мг/л и цветностью до 30 град.

Регламент эксплуатации:

- 1) фильтрование;
- 2) взрыхление;
- 3) регенерация;
- 4) отмывка;
- 5) фильтрование и т.д.



Рисунки 4.1 – Технологическая схема одноступенчатого натрий-катионирования:
1 – Na-катионитовый фильтр; 2 – резервуар сбора умягченной воды; 3 – резервуар сбора промывочной воды;

б) двухступенчатое Na – катионирование

(рис. 4.2) позволяет снизить $J_{\text{общ}}$ фильтрата после второй ступени до 0,01–0,02 мг-экв/л и применяется, если потребителем не регламентируется щёлочность фильтрата. Учитывая, что основная нагрузка при умягчении приходится на фильтр I ступени, продолжительность его межрегенерационного периода намного меньше, чем для фильтра II ступени, так эта продолжительность для фильтров I ступени составляет 10–12 часов, а для фильтров II ступени – 500–600 ч.

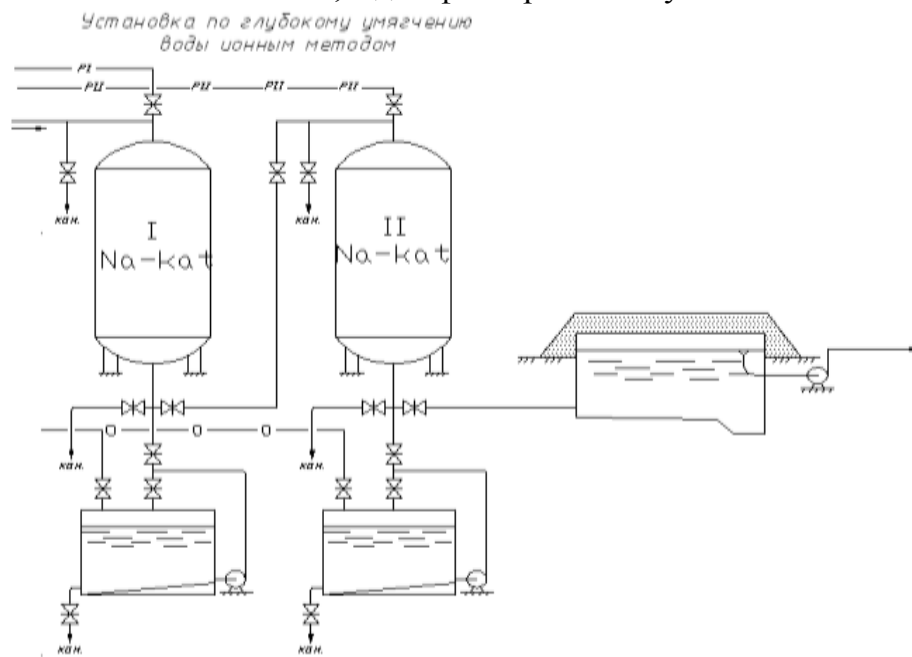


Рисунок 4.2 – Технологическая схема двухступенчатого натрий-катионирования

в) параллельное Н–Na катионирование

вание: одну часть воды пропускают через Na–катионитовый фильтр, другую через Н–катионитовый, а затем оба потока смешивают и подают в дегазатор (декарбонизатор). Этот метод позволяет снизить жёсткость фильтрата до 0,1 мг-экв/л и при этом скорректировать щёлочность в пределах 0,4 мг-экв/л. При проектировании необходимо рассчитать соотношение расходов поступающих на Na– и Н–фильтры для того, чтобы достигнуть заданных значений щёлочности и жёсткости:

$$G_{\text{H}} = G_{\text{общ}} (J_{\text{к}} - a) / J_{\text{общ}}, \text{ м}^3/\text{ч};$$

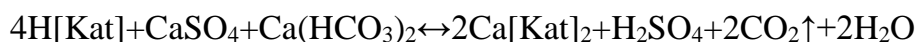
a – щёлочность фильтрата, мг-экв/л

$$G_{\text{Na}} = G_{\text{общ}} - G_{\text{H}}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

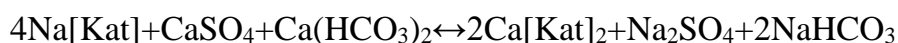
Щелочность умягчённой воды не превышает 0,4 мг-экв/л, $J_{\text{общ}}$ – не более 0,1 мг-экв/л.

При этом происходят реакции:

(Н–катионирование):



(Na –катионирование):



(при смешении фильтратов): $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaHCO}_3 \leftrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{CO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

Регенерируют Н-катионитовые фильтры 1–1,5% раствором серной кислоты; Na-катионитовые фильтры регенерируют 5–8 % раствором соли NaCl.

г) последовательное Н-Na катионирование: часть воды расходом G_H пропускают через Н-кат фильтры, затем смешивают ее с остальной частью умягчаемой воды с целью нейтрализации кислотности фильтрата и полученную смесь с расходом $G_{\text{общ}}$ пропускают через Na-кат фильтры. После этого всю воду подают на дегазатор для удаления CO_2 (декарбонизация).

Остаточная жесткость составляет 0,01 мг экв/л, щелочность 0,7 мг экв/л.

При проектировании Н-катионитовый фильтр рассчитывается на расход:

$$G_H = G_{\text{общ}} (J_k - a_1) / J_{k+} + b, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где a_1 – заданная щёлочность умягчённой воды, равная 0,7 мг-экв/л;

b – среднее за фильтроцикл значение кислотности воды после Н-катионитовых фильтров, мг-экв/л (0,35...1,0).

Регенерацию Na-катионитовых фильтров проводят раствором поваренной соли NaCl.

д) последовательное Н-Na катионирование с «голодной регенерацией Н-катионитовых фильтров»: часть потока умягчаемой воды G_H пропускают через Н-кат фильтры, далее подкисленный фильтрат смешивается с другой частью потока исходной воды ($G_{\text{общ}} - G_H$). Вся вода расходом $G_{\text{общ}}$ поступает в дегазатор и в резервуар сбора умягчённой воды. Далее умягчаемая вода пропускается через одну или две ступени Na-кат фильтров. При подкислении воды при Н-катионировании частично разрушаются ионы HCO_3^- , и связанная с ними J_k переходит в $J_{\text{нк}}$. Щёлочность перед Na-катионитовыми фильтрами – на уровне 0,7 – 1,0 мг-экв/л. Так как степень извлечения жёсткости при Н-катионировании особого значения не имеет, то регенерация Н-кат фильтров серной кислотой H_2SO_4 может осуществляться без избытка («голодная регенерация»). Такой способ умягчения используют для сильноминерализованных вод с содержанием P больше 1 г/л, когда $J_k = 50\%$ от $J_{\text{общ}}$. Существует специальный стехиометрический расчёт режима регенерации Н-кат фильтров при таком методе умягчения.

4. Конструкции ионообменных фильтров, их расчет и эксплуатация

Конструктивно ионно-обменный фильтр напоминает напорный осветлительный фильтр, но имеет большую высоту корпуса, представляет собой серийно выпускаемый металлический цилиндрический корпус со сферическими днищем и верхней частью и снабжённый системой т/п для подвода и отвода воды и реагентов. Выпускаются серийно следующих типоразмеров: диаметром 0,8; 1,0; 1,5; 2,0 и 2,6; 3,0 метров, рассчитаны на работу под давлением 0,6 МПа и температуру до 60 °С.

Последовательность расчета ионообменных фильтров:

1. Определяется суммарный объем катионита в фильтрах, который должен обеспечить за 1 фильтроцикл требуемый эффект умягчения. Предварительно принимается тип катионита.

а) для Na-кат фильтра в схеме Na-катионирования:

$$W_{\text{Na}} = Q_{\text{сут}} J_o / n E_{\text{раб}}, \text{ м}^3$$

б) для H-кат фильтра в схемах параллельного или последовательного H– Na – катионирования:

$$W_H = Q_H (C_{Na} + \mathcal{J}_o) / n E_{раб}, м^3$$

в) для Na-кат фильтра в схемах H–Na–катионирования:

$$W_{Na} = Q_{Na} \mathcal{J}_o / n E_{раб}, м^3$$

где $Q_{сут}$, Q_H , Q_{Na} – суточные расходы воды, подаваемые на фильтры, м³/сут;

\mathcal{J}_o – общая жёсткость исходной воды, мг-экв/л;

$E_{раб}$ – рабочая обменная емкость катионита при натрий-катионировании, ммоль/дм³ (г-экв/м³);

n – количество регенераций катионитовой загрузки каждого фильтра в сутки, определяется: $n = T / (t + t_1)$,

где T – продолжительность работы станции в сутки, T = 24 часа;

t – продолжительность работы фильтра между регенерациями; для фильтров I ступени t = 10 – 12 ч; для фильтров II ступени t = 500 – 600 ч., (по Приложению Е Пособия П1–2019).

t₁ – продолжительность простоя фильтра, t₁ = 1,5 – 2 ч.

Рабочая обменная емкость катионита:

– для Na-кат фильтров I ступени

$$E_{раб}^{Na} = \alpha_{Na} \cdot \beta_{Na} \cdot E_{полн} - 0,5 \cdot q_{уд} \cdot \mathcal{J}_o, г-экв/м^3$$

– для Na-кат фильтров II ступени

$$E_{раб}^{Na} = \alpha_{Na} \cdot \beta_{Na} \cdot E_{полн}, г-экв/м^3$$

– для H-кат фильтров

$$E_{раб}^H = \alpha_H \cdot E_{полн} - 0,5 \cdot q_{уд} \cdot C_K, г-экв/м^3$$

где α_{Na} – коэффициент эффективности регенерации натрий-катионита, учитывающий неполноту регенерации катионита, принимаемый по таблице Е.2 Пособия П1–2019;

α_H – коэффициент эффективности регенерации водород-катионита, принимаемый по таблице Е.6;

β_{Na} – коэффициент, учитывающий снижение обменной емкости катионита по Ca²⁺ и Mg²⁺ вследствие частичного задержания катионов Na⁺, принимаемый по таблице Е.3, в которой C_{Na} – концентрация натрия в исходной воде, ммоль/дм³ ($C_{Na} = \frac{[Na^+]}{23}$); $C_{Na} = [Na^+] / 23$

$E_{полн}$ – полная обменная емкость катионита, ммоль/дм³ (г-экв/м³ или мг-экв/л), определяемая по паспортным данным. При отсутствии таких данных при расчетах допускается принимать равным: для сульфогля крупностью от 0,5 до 1,1 мм - 500 ммоль/дм³; для катионита КУ-2 крупностью от 0,8 до 1,2 мм - от 1500 до 1700 ммоль/дм³;

$q_{уд}$ – удельный расход воды на отмывку катионита, м³ на 1 м³ катионита, принимаемый равным для сульфогля - 4 и для КУ-2 - 6.

C_K – суммарное содержание в воде катионов кальция, магния, натрия и калия, ммоль/дм³ (г-экв/м³)

2. В соответствии с п. Е.3.5 принимаются высота слоя H -кат загрузки H в фильтре, которая для фильтров I ступени принимается от 2 до 2,5 м (большую высоту загрузки следует принимать при жесткости воды более 10 ммоль/дм³). Согласно п. Е 3.11 высота слоя катионита для H -кат фильтров II ступени – не менее 1,5 м.

3. Определяется суммарная площадь F всех катионитовых фильтров:

$$F = W_K / H, \text{ м}^2,$$

где W_K – суммарный объем катионита в фильтрах, м³

H – высота слоя катионита, м

4. Принимается определенная типоразмер фильтра и с учетом его площади f определяется количество фильтров $N = F/f$;

$$f = \pi d^2 / 4, \text{ м}^2 \text{ (п. Е.3.5),}$$

где f – площадь одного фильтра, м²; d – диаметр фильтра, м

Количество катионитовых фильтров первой ступени следует принимать: рабочих – не менее двух, резервных – один.

Определяется общий объем загрузки: $W_{\text{общ}} = f \cdot H \cdot N, \text{ м}^3$

Должно выполняться требование: общий объем загрузки $W_{\text{общ}} > W_K$

5. Проверяется соответствие фактической скорости фильтрования V требуемой скорости: $V = Q_{\text{час}} / f \cdot H, \text{ м/ч}$

Требуемая скорость фильтрования воды через катионит для напорных фильтров первой ступени при нормальном режиме определяется по табл. Е.4 Пособия:

Таблица 4.1 - Требуемая скорость фильтрования воды через катионит

Общая жесткость воды, ммоль/дм ³	Скорость фильтрования воды, м/ч
до 5	25
от 5 до 10	15
от 10 до 15	10

Примечание – Допускается кратковременное увеличение скорости фильтрования на 10 м/ч по сравнению с указанными выше при выключении фильтров на регенерацию или ремонт.

Для Na -кат фильтров II ступени требуемая скорость фильтрования – до 40 м/ч (Е.3.11).

6. Определяется расход соли или расход кислоты на регенерацию загрузки:

$$P_{\text{соли NaCl}} = f \cdot H \cdot E_{\text{раб}} \cdot a_c / 1000, \text{ кг}$$

$$P_{\text{кислоты}} = f \cdot H \cdot E_{\text{раб}} \cdot a / 1000, \text{ кг}$$

где a_c – удельный расход соли для регенерации, для натрий-катионитовых фильтров первой ступени $a_c = 120-150$ мг /ммоль (г/г-экв); для натрий-

катионитовых фильтров второй степени a_c принимается от 300 до 400 мг на 1 ммоль задержанных катионов жесткости;

a – удельный расход серной кислоты на одну регенерацию водород-катионитового фильтра, мг/ммоль (г/г–экв), определяемый по таблице Е.8 Пособия в зависимости от требуемой жесткости фильтрата;

7. Определяются расходы воды на собственные нужды установки

а) для приготовления регенерационных растворов

Расход воды на приготовление регенерационного раствора соли:

$$Q_{\text{соли}} = 100 \cdot n_p \cdot N \cdot f \cdot H \cdot a_c \cdot E_{\text{раб}} / \gamma \cdot 1000 \cdot b, \text{ м}^3/\text{сут};$$

где: b – концентрация соли, используемой при регенерации, принимается $b = 5\text{--}8\%$ для фильтров I степени; $b = 8\text{--}12\%$ для фильтров II степени; $\gamma = 1000$;
 n_p – количество регенераций катионитовой загрузки в сутки;

Расход воды на приготовление регенерационного раствора кислоты:

$$Q_{\text{кислоты}} = 100 \cdot n_p \cdot N \cdot f \cdot H \cdot a \cdot E_{\text{раб}} / \gamma \cdot 1000 \cdot b_1$$

б) для взрыхления загрузки:

$$Q_{\text{взрых}} = 0,06 \cdot n_p \cdot N \cdot f \cdot w \cdot t, \text{ м}^3/\text{сут};$$

где: w – интенсивность взрыхления, принимается равной 4 – 5 л/с на м^2 поверхности фильтра;

t – продолжительность взрыхления, принимается равной 20..30 мин;

г) на отмывку загрузки:

$$Q_{\text{отм}} = n_p \cdot N \cdot f \cdot H \cdot q_{\text{уд}}, \text{ м}^3/\text{сут};$$

$q_{\text{уд}}$ – удельный расход воды на отмывку катионита, м^3 на 1 м^3 катионита, принимаемый равным для сульфогля - 4 и для КУ-2 - 6.

Суммарный расход на собственные нужды составит:

$$\Sigma Q = Q_{\text{соли}} \text{ (или } Q_{\text{кислоты}}) + Q_{\text{взрых}} + Q_{\text{отм}}, \text{ м}^3/\text{сут};$$

В водоумягчительных установках ионообменного типа на собственные нужды станции используется вода, прошедшая обработку до этого фильтра.

Обессоливание воды

[#Тема4](#)

1. Классификация методов обессоливания
2. Обессоливание и опреснение воды дистилляцией
3. Обессоливание воды методом ионного обмена
 - 3.1 Основы процесса обессоливания
 - 3.2 Характеристика анионитов
 - 3.3 Технологические схемы обессоливания воды ионным обменом
 - 3.4 Конструкции и расчёт установок
4. Обессоливание воды электродиализом и гиперфильтрацией

1 Классификация методов обессоливания

Процесс обессоливания (опреснения) воды относится к специальным методам водоподготовки, применяемым в системах производственного в/с при подпитке систем оборотного в/с тепловых установок (при производстве пара в котлах среднего и высокого давления), а также при подаче воды в производственные цеха, реализующие высокие технологии электронной промышленности.

Обессоливание – процесс удаления из воды содержащихся в ней солей. При этом, в зависимости от требуемой глубины удаления солей из воды, следует различать процессы опреснения и обессоливания.

Опреснение воды заключается в снижении концентрации солей до требования СанПиН на питьевую воду – до 1000 мг/л). **При обессоливании** удаление солей осуществляется до уровня их содержанию в дистиллированной воде – 0,05 – 10,0 мг/л. Различают следующие методы обессоливания воды:

- 1) с изменением агрегатного состояния (дистилляция, замораживание);
- 2) без изменения агрегатного состояния (ионный обмен, электродиализ и обратный осмос (или гиперфильтрация));

При солесодержании P в исходной воде до 1,5–2,0 г/л рекомендуется применять ионный обмен; при $P = 2,0 - 10,0$ г/л – электродиализ и обратный осмос; при P от 10,0 до 40,0 г/л – дистилляцию, замораживание или обратный осмос.

В настоящее время из перечисленных методов получили практическое применение ионный обмен, электродиализ и дистилляция. Выбор метода зависит от качества исходной воды, требований потребителей и глубиной обессоливания.

2 Обессоливание и опреснение воды дистилляцией

Применяется при общем солесодержании $P > 10$ г/л. Основан на выпаривании воды с последующей конденсацией паров. Различают одно– ; двух–х и многоступенчатые испарительные установки. Сущность работы простейшей испарительной установки состоит в следующем: первичный пар, получаемый в водонагревательной установке 1, поступает в змеевик испарителя 2, где конденсируется, образуя практически обессоленную воду. При этом за счёт теплоты, отданной конденсирующимся первичным паром, образуется вторичный пар из обессоливаемой воды, который в одноступенчатой установке просто конденсируется в конденсаторе 3, а в многоступенчатой установке используется для получения третичного пара, а он – для получения четвертичного и т.д. Одноступенчатая установка является неэкономичной, т.к. не полностью используется энергия, затрачиваемая на получение первичного пара (на 1 т первичного пара получается 0,9 т обессоленной воды). Более экономичными считаются многоступенчатые установки. *За счёт многократного использования энергии первичного пара повышается выход обессоленной воды: в двух–ступенчатой установке на 1 т первичного пара получают 1,7 т обессоленной воды; в трёх–ступенчатой установке – 2,4 т; в четырёх–ступенчатой – 3,1 т обессоленной воды.* Ещё более повысить экономичность возможно, применяя в технологической схеме дополнительно поверхностный охладитель (термокомпрессор 5 на линии выхода пара из испарителя), который позволяет довести температуру и давление выходящего пара до уровня первичного и повысить выход обессоленной воды: в одноступенчатой установке – до 3 т, в двух–ступенчатой – до 5 т, ; в трёх–ступенчатой установке – до 7,5 т. Испарительные установки подбираются

по производительности, выпускаются серийно промышленностью различных объёмов.

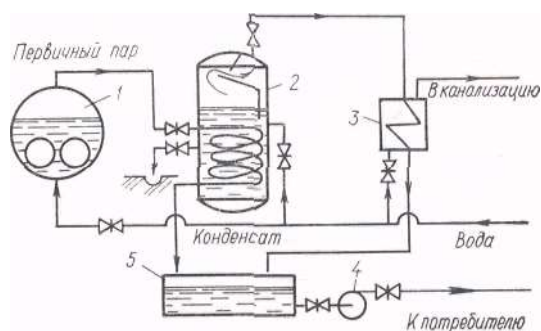
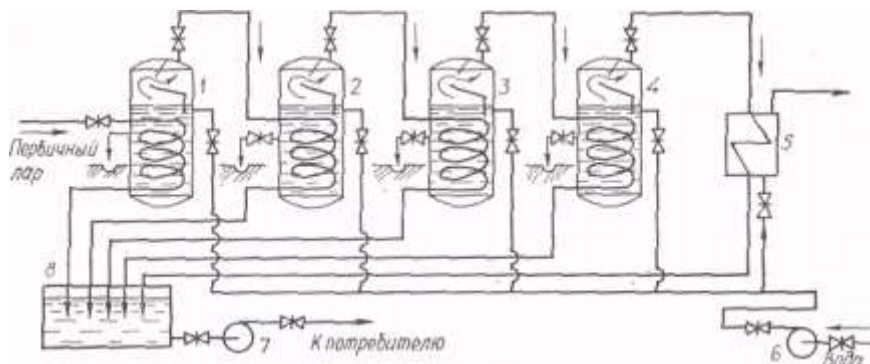


Рисунок 4.3 – Схема одноступенчатой испарительной установки:

1–водонагревательная установка (водонагреватель); 2– испарительные установки (испарители); 3–конденсатор; 4– насос, подающий воду потребителю; 5–бак



для сбора обессоленной воды;

Рисунок 4.4 – Схема 4-х ступенчатой испарительной установки:

(1, 2, 3, 4 ступени испарительной установки, 5-конденсатор, 6-насос для питания испарителей исходной водой, 7- насос, подающий обессоленную воду потребителю, 8-бак обессоленной воды

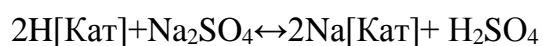
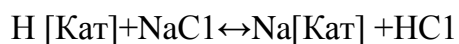
3 Обессоливание воды методом ионного обмена

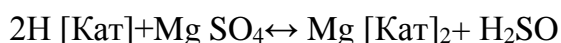
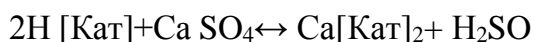
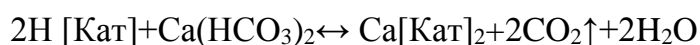
3.1 Основы процесса обессоливания

Обессоливание воды ионообменным методом рекомендуется при содержании в исходной воде: солей P – до 1,5– 2 г/л, суммарной концентрации хлоридов и сульфатов – не более 5 мг- экв/л, взвешенных веществ (мутности) – не более 8 мг/л, цветности воды – не более 30 град, перманганатной окисляемости – не более 7 мг/л .

Метод основан на последовательном фильтровании воды через 2 группы ионитовых фильтров.

К фильтрам 1 группы относятся катионитовые фильтры, которые загружаются катионитом (КУ), который в цикле обессоливания должен быть в Н-форме. При этом имеют место следующие реакции:

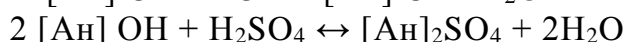
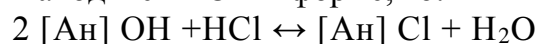




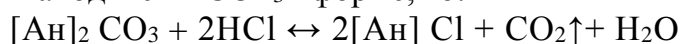
Вторая группа фильтров загружается анионитом, который представляет собой нерастворимое в воде соединение, содержащее активную группу, способную к обмену на анионы, содержащиеся в фильтруемой воде. При этом анионит, в зависимости от того, каким реагентом регенерируется, может быть в OH^- –форме (регенерационный раствор – NaOH), в CO_3^{2-} –форме (регенерационный раствор – Na_2CO_3) или HCO_3^- –форме (регенерационный раствор NaHCO_3).

Протекают следующие реакции обмена:

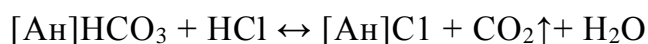
1) если анионит находится в OH^- –форме, то:



2) если анионит находится в CO_3^{2-} –форме, то:



3) если анионит находится в HCO_3^- –форме, то:



В технологические схемы включают сооружения, предназначенные для удаления из воды свободной углекислоты – дегазаторы. При этом, если анионит используется в OH^- – форме — дегазатор устанавливают после Н–кат фильтров; если анионит в CO_3^{2-} или HCO_3^- –форме — дегазатор устанавливают в конце технологической цепочки.

3.2 Характеристика анионитов

Аниониты – это искусственные или естественные вещества, как правило, органического происхождения, содержащие активную группу, способную обмениваться на анионы. На стадии пуско–наладочных работ путём применения различных регенерационных растворов анионитовые загрузки могут переводиться в OH^- –форму, в CO_3^{2-} –форму, или HCO_3^- –форму.

Аниониты бывают **сильноосновные и слабоосновные**.

Слабоосновные – способны к реакции обмена только в кислой среде и только с анионами сильных кислот (хлориды, сульфаты). Это аниониты Ан-1; Ан-31; Ан-2Ф и др.

Сильноосновные – способны к реакции обмена в нейтральной, кислой и щелочной среде, но только с анионами слабых кислот (кремневой и угольной). Это аниониты ЭД-7; ЭДЭ-10П; АВ-17; Амберлайт IRA-400 и др.

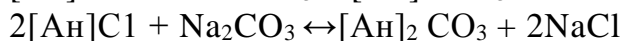
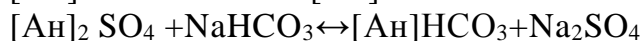
Таблица 1 – Основные характеристики некоторых анионитов

Наименование анионита	Внешний вид и насыпная масса набухшего продукта, т/м ³	Размер зёрен, мм	Обменная ёмкость, г-экв/м ³

Слабо-основные аниониты			
1. АН-1(Эспатит ТМ); получают из триметиллол-меламина и серной кислоты	Матовые зёрна неправильной формы; 0,7 т/м ³	0,3-1,5	Е _{раб} = 180
2. АН-2Ф (производные полиэтиленаминовых фенолов)	Красно-коричневые зёрна; 0,4	0,5-0,5	Е _{раб} = 450-550
3. Зеролит FF-1р	0,46	0,3-0,92	Е _{полн} = 1400
Сильно-основные аниониты			
4. ЭДЭ-10П (получают из полиэтиленполиаминов)	Светло-коричневые зёрна; 0,35	0,3-1,5	Е _{полн} = 1200; Е _{раб} = 800
5. АВ-17(получают из стирола и девинилбензола)	Прозрачные желтоватые зёрна; 0,39	0,2-1,6	Е _{раб} = 650
6. Амберлайт IRA-400	Жёлтые шарики; 0,45	0,3-0,85	Е _{раб} = 700
7. Дулайт А-3 (получают из полиэтиленполиаминов, фенола, формальдегида)	Коричневые зёрна; 0,36	0,3-1,5	Е _{раб} = 600

Аниониты, также как и катиониты, характеризуются полной и рабочей обменной способностью. Анионитовые загрузки имеют определённую продолжительность межрегенерационного периода, по истечении которого загрузка регенерируется в таком же режиме, как и катиониты.

При регенерации анионитовых загрузок имеют место реакции:



3.3 Технологические схемы обессоливания воды ионным обменом

В зависимости от требований потребителя к глубине обессоливания воды различают следующие варианты технологических схем обессоливания воды ионным обменом:

а) **одноступенчатая схема обессоливания** позволяет снизить концентрацию солей

– до 10 мг/л при исходном солесодержании Р_{исх} до 1500 мг/л;

– до 25 мг/л при исходном Р_{исх} = 1500 – 2000 мг/л;

– до 50-70 мг/л при исходном Р_{исх} = 2000–3000 мг/л, **по этой схеме удаляется также кремний SiO₂₋₃**).

Обессоливание воды ионным обменом по одноступенчатой схеме предусматривают последовательным фильтрованием через Н-катионитовый и слабоосновный анионитовый фильтр с последующим удалением СО₂ из воды на дегазаторах. Регламент работы фильтров: фильтрование, взрыхление, регенерация, отмывка, фильтрование и т.д.)

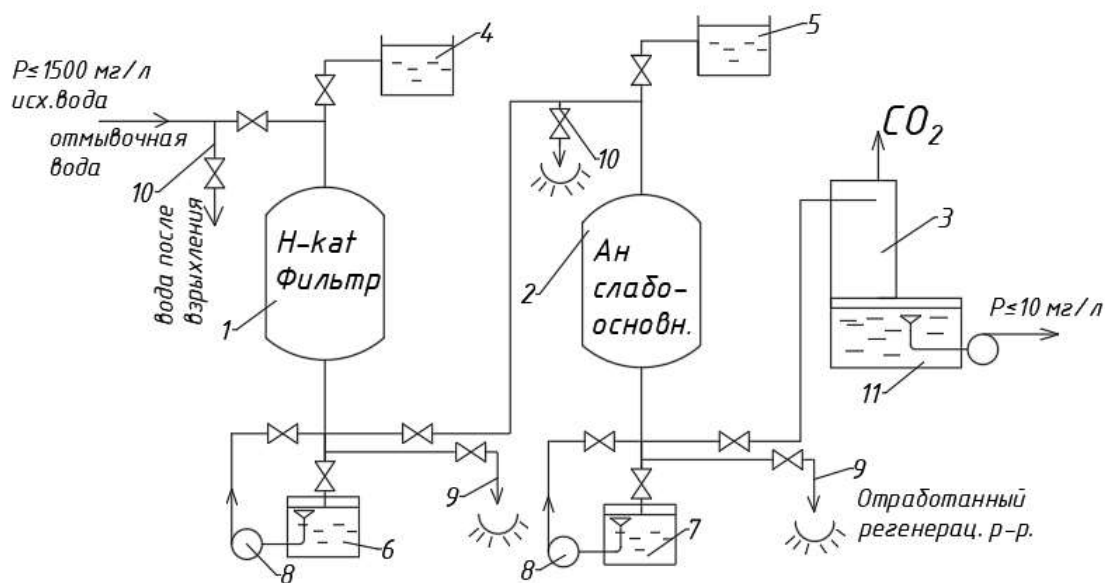


Рисунок 4.5 – Одноступенчатая схема обессоливания

б) двухступенчатая схема обессоливания позволяет снизить концентрацию солей до 0,5 мг/л, снизить концентрацию остатка кремниевой кислоты H_2SiO_3 до 0,1 мг/л.

При двухступенчатой схеме обессоливания воды предусматривают: Н-катионитовые фильтры I ступени; анионитовые фильтры I ступени, загруженные слабоосновным анионитом; Н-катионитовые фильтры II ступени; анионитовые фильтры II ступени, загруженные сильноосновным анионитом для удаления кремниевой кислоты; дегазаторы для удаления CO_2 .

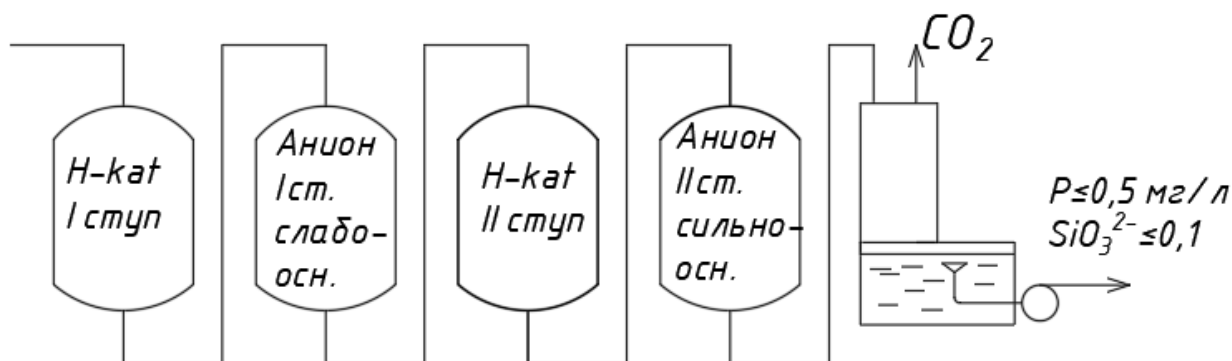


Рисунок 4.6 – Двухступенчатая схема обессоливания

Н-катионитовые фильтры I ступени отключают на регенерацию, если в фильтрате появляются ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} , второй ступени – если появляются ионы Na^+ . Анионитовые фильтры I ступени задерживают анионы сильных кислот, второй ступени – задерживают кремниевую кислоту H_2SiO_3 и CO_2 .

Воду после отмывки Н-катионитовых фильтров II ступени целесообразно использовать для взрыхления слоя катионита в фильтрах I ступени, а также для приготовления регенерационного раствора серной кислоты H_2SO_4 .

Примечание к двухступенчатой схеме:

- 1) Обвязка каждого фильтра аналогична обвязке фильтров в одноступенчатой схеме.
- 2) При использовании в качестве регенерационного раствора NaOH (если анионит в OH-форме) дегазатор может находиться после анионитового фильтра I ступени, и тогда в конце схемы устраивается резервуар-накопитель обессоленной воды. Схема выглядит в этом случае таким образом:

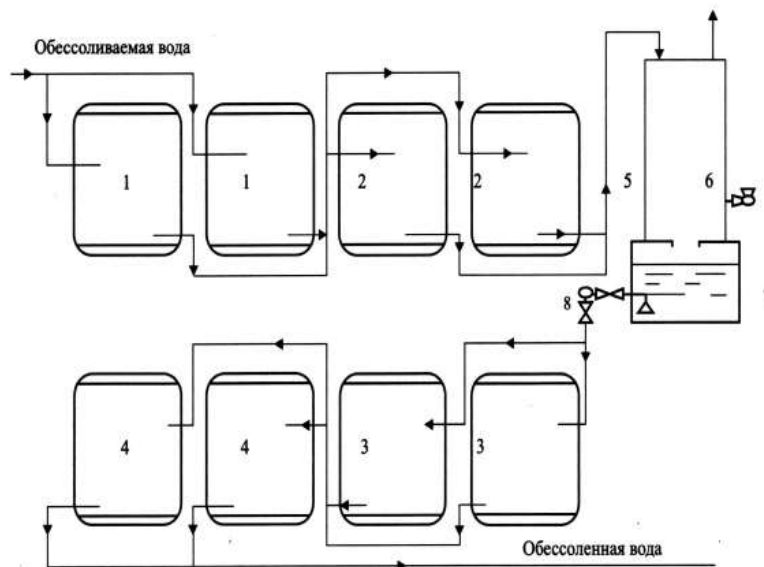


Рисунок 4.7 – Вариант двухступенчатой схемы обессоливания:

1 – H-катионитовые фильтры первой ступени; 2 –анионитовые фильтры первой ступени (со слабоосновным анионитом); 3 – H-катионитовые фильтры второй ступени; 4 –анионитовые фильтры второй ступени (с сильноосновным анионитом); 5 – дегазатор; 6 – вентилятор; 7 – бак для сбора частично обессоленной воды; 8 – насос

- 3) Отмывку фильтров II ступени проводят водой, прошедшей через анионитовые фильтры I ступени.

Высоту слоя загрузки анионитовых фильтров II ступени принимают равной 1,5м (п. Ж.3.19 Пособия П1-2019); скорость фильтрования 15–25 м/ч, кремнеемкость анионита определяют по паспортным данным. Регенерируют высокоосновной анионит 4% -ым раствором NaOH. Удельный расход 100 %-го NaOH принимают 120–140 кг на 1м³ анионита (п. Ж.3.21).

в) трехступенчатая схема обессоливания позволяет снизить концентрацию солей до 0,1–0,5 мг/л, концентрацию кремния до 0,1– 0,02 мг/л. При этом в технологической схеме взамен H-катионитового и анионитового фильтров III ступени применяют фильтр смешанного действия ФСД.

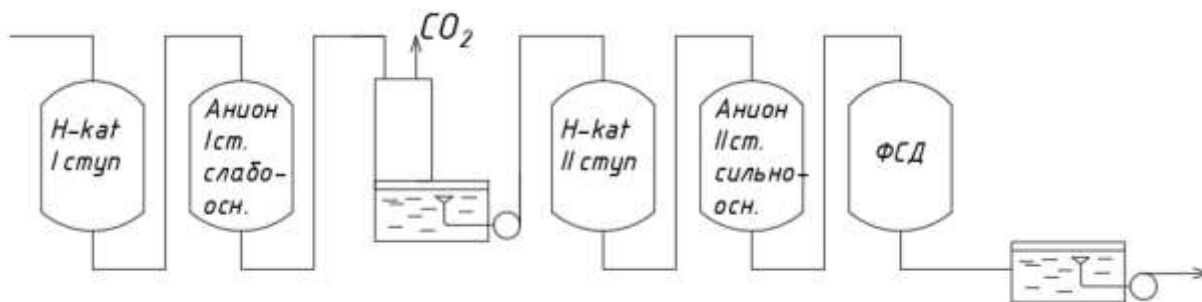


Рисунок 4.8 – Трехступенчатая схема обессоливания

Применение ФСД позволяет, получая глубоко обессоленную воду, значительно снизить капит. вложения (сокращается количество фильтров). При проектировании ФСД рассчитывается требуемый объём катионита и анионита на третьей ступени обессоливания и загружается в один фильтр, в котором образуется множество как бы сдвоенных фильтров Н–ОН. Это позволительно делать в связи с очень маленькими концентрациями оставшихся катионов и анионов после II ступени. При выборе материала загрузки необходимо, чтобы насыпная плотность анионита во влажном состоянии была заметно меньше насыпной плотности катионита. Тогда при взрыхлении загрузок произойдёт послойное разделение их по высоте (анионит–вверху, а катионит – внизу) и станет возможным осуществить их регенерацию. Конструктивно ФСД отличаются от обычных анионитовых и катионитовых фильтров:

- а) наличием дополнительной распределительной системы, располагаемой на границе раздела 2-х типов загрузки;
- б) наличием дополнительной распределительной системы для подачи воздуха.

Регламент цикла регенераций ФСД:

1) Через дренажную систему 8 подаётся вода и через систему 7 подается воздух; при этом взрыхлении происходит послойное разделение загрузок.

2) Регенерируется анионитовая загрузка (анионит в ОН–форме): через систему 5 подаётся NaOH; через систему 8 – подаётся вода. Смесь отводится по системе 6.

3) Отмывается анионитовая загрузка подачей исходной воды через систему 4, и одновременно регенерируется катионит подачей кислоты H₂SO₄ через систему 6.

4) Отмывается катионитовая загрузка подачей исходной воды через систему 4 и отводом через систему 8.

5) Взрыхляют воздухом загрузку для перемешивания зёрен. Далее фильтр включают в режим фильтрования воды.

Расчёт и проектирование ФСД – п. Ж.4 Приложения Ж Пособия П1-2019.

ФСД

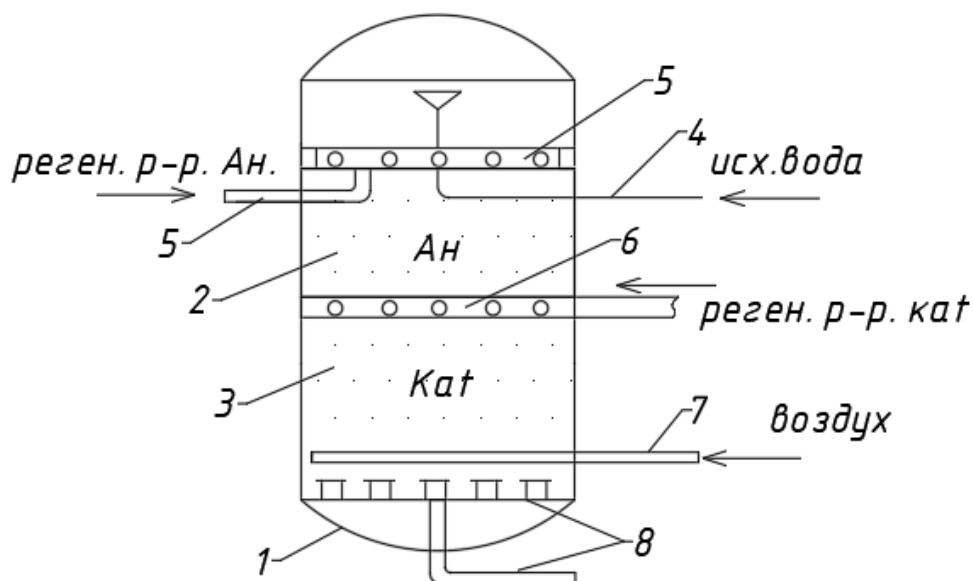


Рисунок 4.9 – Схема фильтра смешанного действия

3.4 Конструкции и расчёт установок – заключается в определении расчетного количества фильтров на каждой ступени. Методика такая же, как при расчете катионитовых фильтров в схеме умягчения. См. Приложение Ж Пособия П1-2019.

4. Обессоливание воды электродиализом и гиперфильтрацией

Обессоливание электродиализом

Сущность электрохимического обессоливания воды заключается в том, что в электрическом поле, создаваемом при пропуске постоянного тока через слой воды, происходит перенос ионов растворённых в воде солей, при этом катионы движутся к катоду, а анионы – к аноду. Если процессу электрохимического обессоливания воды подвергается раствор NaCl , то схему процесса можно представить в следующем виде (см. рис. 1).

И если пространство между анодом и катодом разделить диафрагмами, селективными по отношению к анионам (т.е. пропускают анионы), то возможно разделить объём воды на пространство, где собирается обессоленная вода, и пространство, где собирают соли. ***Селективные диафрагмы пропускают или катионы или анионы. Анионоактивные диафрагмы пропускают анионы, катионоактивные диафрагмы пропускают катионы.***

Ионы водорода H^+ восстанавливаются на катоде до молекулярного водорода и выделяются в виде газа H_2 , а гидроксид-ионы OH^- и хлор-ионы Cl^- окисляются на аноде и также выделяются в виде газов O_2 и Cl_2 .

Обессоливание электродиализом

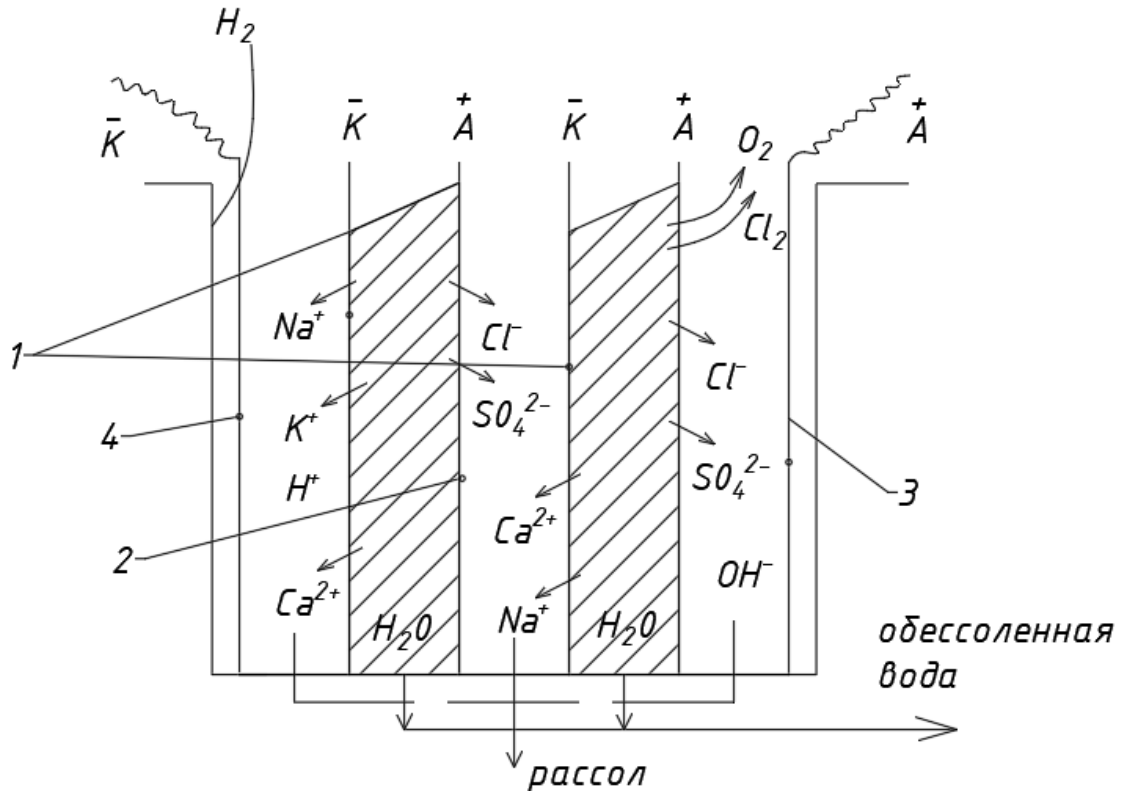


Рисунок 4.10 – Схема электролизёра с электрохимически активными диафрагмами:

К (1) – катионно-активные диафрагмы; А (2) – анионно-активные диафрагмы;
Катод слева (4) – катод из нержавеющей стали; Анод справа (3) – анод, защищённый платиной

Согласно закону Фарадея, количество электричества A , необходимое для обессоливания воды, может быть определено по формуле:

$$A = 2,68 (P_{\text{исх}} - P_{\text{к}}) \cdot t \text{ (Ампер} \cdot \text{ч)}$$

где $P_{\text{исх}}$ – концентрация солей в исходной воде, г-экв;

$P_{\text{к}}$ – концентрация солей в обессоленной воде, г-экв;

Электродиализные установки (аппараты) выпускаются промышленностью различной производительности и характеризуются коэффициентом выхода по току:

$$\eta = A_1/A_2, \eta \text{ всегда меньше } 1.$$

A_1 – теоретический расход электричества; A_2 – действительно необходимый расход электричества;

Обессоливание гиперfiltrацией (обратным осмосом)

Обратный осмос – это процесс разделения истинных растворов путём их фильтрования через полупроницаемые мембраны, которые пропускают воду (молекулы воды), но задерживают ионы солей. Аппараты, реализующие этот процесс,

должны быть оснащены специальной мембраной и насосом, развивающим высокое давление. Давление в насосе – до 6 МПа.

Этот процесс отличен от обычной технологии фильтрования следующим:

- 1) фильтруется жидкость, представляющая гомогенную (однородную) систему;
- 2) при гиперфильтрации возникает противодействующая процессу сила – разность осмотических давлений (до 2,5 МПа), которая вызвана разностью концентраций растворов до и после мембраны, и которую надо преодолевать, создавая большее давление;
- 3) при таком фильтровании на поверхности мембраны не должно оставаться никаких загрязнений.

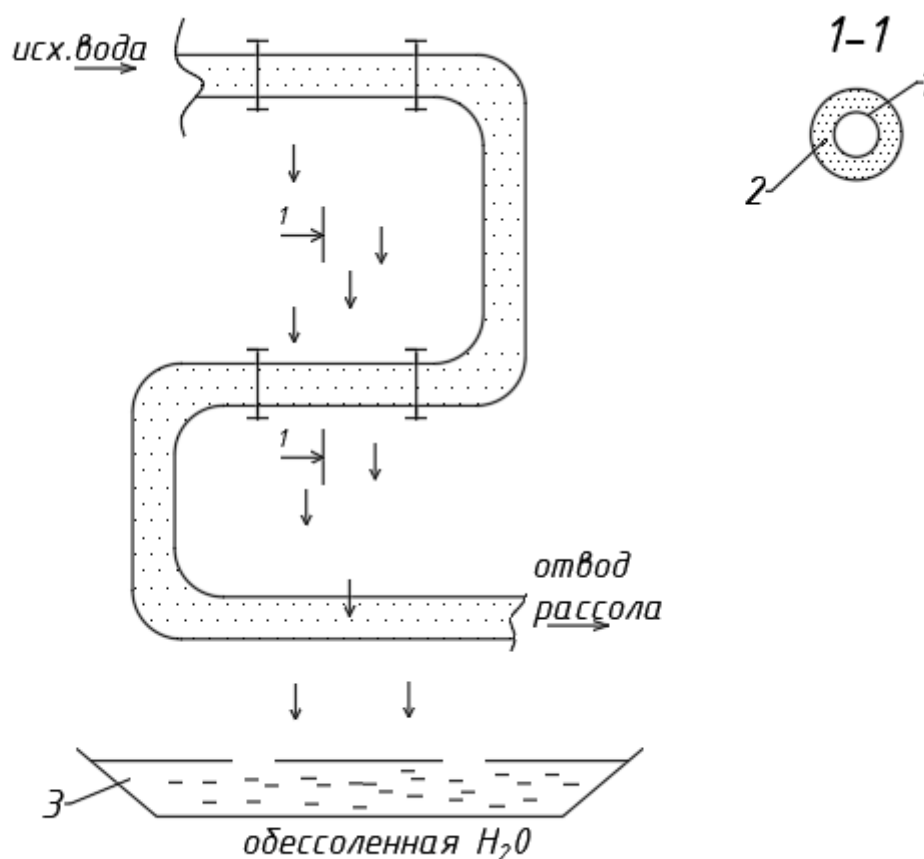


Рисунок 4.11 – Схема обессоливания гиперфильтрацией

Применительно к системам водоподготовки, где растворителем является вода, процесс обратного осмоса можно представить следующим образом: если со стороны протекающей через аппарат природной воды с некоторым содержанием примесей приложить давление, превышающее осмотическое, то вода будет просачиваться через мембрану и скапливаться по другую ее сторону, а примеси – оставаться в исходной воде, их концентрация будет увеличиваться (рисунок б).

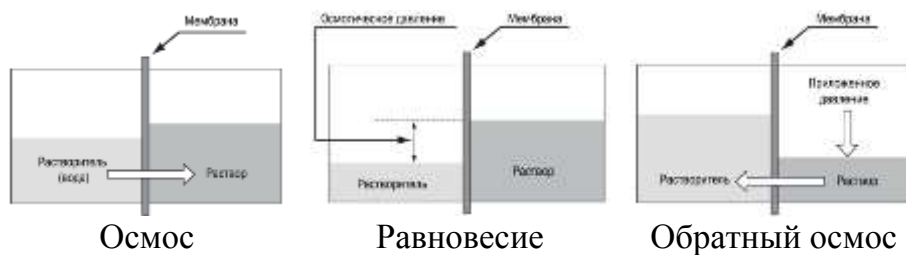


Рисунок 4.12 – Схемы возникновения обратного осмоса при осмотическом давлении

Движущая сила процесса обратного осмоса определяется по формуле

$$\Delta P = P - \Delta P_0 = P - (P_{01} - P_{02}),$$

где P – избыточное давление над исходным раствором, МПа;

P_{01}, P_{02} – соответственно осмотическое давление раствора и фильтрата, прошедшего через мембрану, МПа.

Осмотическое давление раствора определяется уравнением Вант-Гоффа:

$$P_0 = i R T \cdot c / M$$

где R – универсальная газовая постоянная, $R=8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$;

T – абсолютная температура раствора, К ;

c – концентрация растворенного вещества, мг/м^3 ;

i – коэффициент Вант-Гоффа;

M – масса 1 моля растворённого вещества, мг ;

По своей геометрической форме мембраны могут быть в виде пленок (листов) или в виде полых волокон.

По морфологии или структуре мембраны подразделяют:

- пористые и непористые;
- симметричные и ассиметричные;
- с жестким каркасом и без него.

По величине и знаку заряда:

- сильно- и слабозаряженные;
- катионитовые (с отрицательным) и анионитовые (с положительным фиксированным зарядом).

Дегазация воды

[#Тема4](#)

1. Общие сведения. Классификация методов дегазации воды

2. Химические методы дегазации воды

3. Физические методы дегазации воды

1 Общие сведения. Классификация методов.

Дегазация воды – комплекс инженерных мероприятий, связанных с удалением из воды растворённых газов (диоксид углерода CO_2 , кислород O_2 , сероводо-

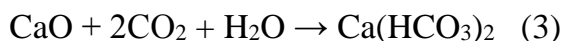
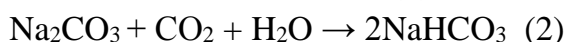
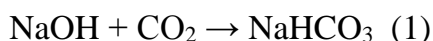
род H_2S и, реже, метан CH_4). Наличие их в воде при эксплуатации оборотных систем водоснабжения негативно сказывается на трубопроводах, по которым транспортируется вода. Внутренняя поверхность стальных т/п подвергается коррозии. В практике водоподготовки известны следующие методы дегазации, в основу их классификации положен принцип воздействия на обрабатываемую воду:

- 1) химические (связывание растворённых в воде газов путём добавления реагентов);
- 2) физические (изменение температуры воды или парциального давления удаляемого газа);
- 3) биохимические (использование окислительной способности микроорганизмов);
- 4) сорбционно-обменный метод (извлечение растворённых газов путём фильтрования воды через сорбционно-обменные материалы).

2 Химические методы дегазации воды

Химические методы дегазации основаны на введении в воду реагентов-окислителей, которые химически связывают содержащиеся в воде растворённые газы.

2.1. Удаление диоксида углерода (углекислый газ CO_2). В качестве реагентов для удаления CO_2 применяют NaOH , соду Na_2CO_3 , мел CaO , карбонат кальция CaCO_3 , известковое молоко $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Реакции окисления протекают по уравнениям:



2.2. Удаление кислорода O_2

а) применяют сульфит натрия Na_2SO_3

$7,9\text{мг} \quad 1\text{мг}$
 $2\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Na}_2\text{SO}_4 \quad (6)$ — на удаление 1 мг O_2 требуется 7,9 мг безводного сульфита натрия

Рассчитывают дозу реагента: $D_p = 1,1 \beta [\text{O}_2] \text{ мг/дм}^3 \text{ (мг/л)}$

где $[\text{O}_2]$ — концентрация растворенного кислорода в исходной воде, мг/л;
 β — теоретический расход реагента (в мг) на связывание 1 мг растворенного кислорода, $\beta = 7,9$ мг для безводного сульфита натрия Na_2SO_3 , $\beta = 16$ мг для кристаллического;

б) применяют сернистый газ SO_2

$4\text{мг} \quad 1\text{мг}$
 $\text{SO}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 \quad (7)$ — на удаление 1 мг O_2 требуется 4 мг SO_2

сернистая кислота $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \quad (8)$

Рассчитывают дозу реагента: $D_p = 1,1 \beta [\text{O}_2] \text{ мг/дм}^3 \text{ (мг/л)}$

$\beta = 4 \text{ мг}$ (4 мг сернистого газа SO_2 для связывания 1 мг O_2)

в) применяют гидразин-гидрат $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ или гидразин-сульфат $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$

1 мг 1 мг
 $\text{N}_2\text{H}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (9) — на удаление 1 мг O_2 требуется 1 мг гидразин-гидрата N_2H_4

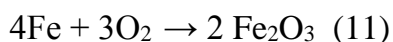
Рассчитывают дозу гидразин-гидрата или гидразин-сульфата с учётом его возможного взаимодействия с присутствующими в воде оксидами железа Fe_2O_3 и меди CuO :

$$D_p = 3C_1 + 0,3C_2 + 0,15C_3 \quad (10)$$

C_1, C_2, C_3 — концентрации в обрабатываемой воде растворённого кислорода, соединений железа и меди, мг/дм³

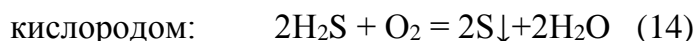
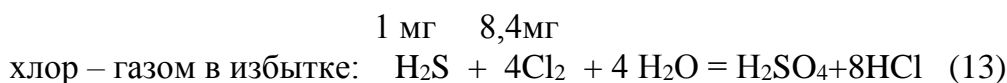
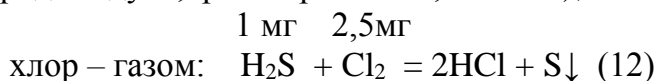
Гидразин очень дорогой реагент, но не увеличивает солесодержание воды.

г) применение фильтров, загруженных слоем стальной стружки; при фильтровании воды через такие сталестружечные фильтры кислород, окисляя железо, остаётся в качестве окисной плёнки на поверхности стружек.

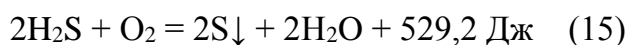


2.3. Удаление сероводорода H_2S

1) применяют реагенты-окислители (газообразный Cl_2 или оксид хлора ClO_2 , кислород воздуха, раствор KMnO_4 , озон O_3);



2) для очистки подземных вод от растворённого сероводорода применяют биохимический метод, он основан на использовании окислительной способности серобактерий извлекать H_2S ; процесс происходит в аэробных условиях:



3) применяют сорбционно-обменный метод (извлекают растворённый H_2S путём фильтрования через сорбционно-обменные аппараты); в качестве сорбционных материалов по отношению к H_2S применяют АУ АР-3, анионит АН-31, аминоклигнин, чёрный омарганцованный песок.

3 Физические методы дегазации воды

В основе физических методов дегазации воды лежат классические законы физики, отражающие зависимость растворимости газов в воде от различных параметров. Согласно закону Генри, растворимость газов в воде G , г/л, прямо-

пропорциональна парциальному давлению газа (парциальному давлению смеси газов) P : $G = KP$ (1)

K – константа растворимости, зависит от температуры воды, определяется по справочным данным

Анализ формулы позволяет выявить сущность процесса дегазации воды физическими методами:

1) Создают такие условия, при которых парциальное давление удаляемого из воды газа над поверхностью будет близко к 0, т.е. если речь идёт об удалении CO_2 и H_2S , то воду приводят в контакт с воздухом, в котором парциальное давление этих газов близко к 0, поэтому появляется движущая сила процесса (разность концентраций газа в воде и в воздухе), приводящая к дегазации.

2) Создают такие условия, при которых растворимость газа в воде становится ничтожно малой (т.е. подогревают воду, что неэкономно), или понижают давление над поверхностью воды до значения, при котором вода кипит без подогрева (используют при удалении O_2). Для реализации физических методов применяют специальные аппараты, называемые дегазаторами, при конструировании которых надо помнить, что в них протекают процессы массопередачи, для интенсификации которых требуется создавать «развитую поверхность контакта» воды и воздуха.

Количество газа, удаляемого из воды, Q , кг/ч:

$$Q = kF\Delta C \quad (2)$$

F – площадь контакта, m^2 ;

ΔC – средняя движущая сила процесса десорбции, разность концентраций газа на входе и на выходе дегазатора, $г/м^3$;

k – коэффициент десорбции – величина скорости вытеснения из жидкости поглощённых ею газов, $м/ч$.

Согласно приведённому уравнению (2) в дегазаторах следует реализовывать плёночный режим истечения жидкости по поверхностям специальных насадок, в соприкосновение с которыми приводится вода.

Насадки обеспечивают «развитую поверхность контакта» воды и воздуха (или какой-то другой газовой смеси), в соприкосновение с которыми приводится вода. Насадки бывают: а) кусковая (гравий, кокс, дроблёный кварц); б) шахматная (кирпич, поставленный на ребро); в) хордовая (деревянные щиты из досок, укладываемые плашмя с зазором); г) кольца Рашига – полый керамический цилиндр с равными высотой и наружным диаметром и выпускаемый серийно промышленностью типов 25мм х 2мм х 3мм, 35 х 35 х 4, 50 х 50 х 5 (высота цилиндра, наружный диаметр и толщина стенки). Качество насадки характеризуется:

- поверхность единицы объёма;
- свободный объём, характеризующий объём пустого пространства;
- масса единицы объёма;
- химическая стойкость;
- механическая прочность.

Для дегазации воды применяют следующие конструкции дегазаторов, область применения которых ограничена, с одной стороны, производительностью, а с другой – требуемой эффективностью удаления газа:

- струйно- плёночный дегазатор с кусковой коксовой загрузкой применяется при производительности до 150 м³/ч, позволяет снизить концентрацию свободной углекислоты до 3–5 мг/л;
- дегазатор пенного типа применяется при производительности до 100 м³/ч, позволяет снизить концентрацию свободной углекислоты до 3–5 мг/л;
- дегазаторы из колец Рашига применяются при любой производительности, возможно обеспечить удаление CO₂ до 1–2 мг/л, относятся к категории струйно-плёночных. Могут быть выполнены открытого типа (для удаления CO₂ и H₂S) или герметично закрытыми (дегазатор вакуумного типа для удаления O₂).

Обескремнивание воды

[#Тема4](#)

1. *Общие сведения и классификация методов*
2. *Реагентные методы обескремнивания воды*
3. *Обескремнивание ионным обменом*
4. *Обескремнивание воды фильтрованием через активированные загрузки*
5. *Обескремнивание воды электрокоагуляцией*

1. Общие сведения и классификация методов

В системах производственного в/с требует обескремнивания вода, используемая для подпитки котлов высокого давления, а также в некоторых технологических процессах (текстильная промышленность, целлюлозно – бумажная, химико-фармацевтическая промышленность). В воде, используемой в таких отраслях промышленности, недопустимо высокое содержание кремниевой кислоты H₂SiO₃, так как она является основным компонентом силикатных накипей, которые в свою очередь, обладают низкой теплопроводностью. Сложные силикатные накипи имеют разнообразный минеральный состав. H₂SiO₃ образует накипи с катионами Ca²⁺ и Mg²⁺, Na⁺, Fe³⁺, Al³⁺ и др. Для обескремнивания воды применяют методы:

- реагентные;
- ионно–обменные;
- фильтрационные;
- электрокоагуляция.

Выбор метода зависит от глубины обескремнивания, а также от формы содержания **Si в воде**. В природных источниках в/с кремний (Si) может содержаться в различных формах (от ионно–дисперсной SiO²⁻₃ до коллоидной) в зависимости от pH среды и содержания др. примесей.

2. Реагентные методы обескремнивания воды

Для обескремнивания этим методом применяют различные реагенты, некоторые из которых обескремнивают воду за счёт процессов коагуляции с последующей сорбцией, а некоторые – за счёт связывания Si в нерастворимые соединения.

2.1. Обескремнивание известью Ca(OH)₂ основано на небольшой растворимости силиката кальция CaSiO₃. Метод предусматривают при содержании H₂SiO₃ в исходной воде не более 20 мг/дм³ по SiO²⁻₃, а также при соотношении [Mg²⁺] от 5 до 6 мг на 1 мг SiO²⁻₃. При концентрации [Si] в воде до 10–12 мг/л остаточная кон-

центрация составляет 6–8 мг/л (при нагревании воды до 80⁰–90⁰С 0,4–0,5 мг/л).

Значение рН при обработке воды поддерживают в пределах от 10,2 до 10,3 (п.Л.1.1 Пособия П1-2019). Предусматривают подачу реагента в сатуратор, освещение в фильтрах с последующим удалением избытка гидроксида кальция Са(ОН)₂ 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 воду следует направлять на буферный натрий-катионитовый фильтр с термостойким катионитом (п.Л.1.1).*

2.2 Обескремнивание солями железа FeCl₃ или FeSO₄. При введении в обрабатываемую воду этих солей образуются хлопья гидроксида Fe(ОН)₃, которые способны сорбировать на своей поверхности молекулярно-дисперсную и коллоидную H₂SiO₃. Эффективность процесса: остаточная концентрация Si в воде – 2 мг/л. При этом, на 1 г удаляемой кремниевой кислоты по SiO₂²⁻ расходуется 10 – 15 мг/л FeSO₄. Значение рН при обработке поддерживают в пределах от 8,5 до 9,5 добавлением извести. Дозу добавляемой извести, D_и, мг/дм³, определяют по формуле (п.Л.2.1):

$$D_{и} = 28 \left(\frac{[CO_2]}{22} + \frac{D_k}{e_k} \right), \quad (Л.1)$$

г [С – содержание диоксида углерода в исходной воде, мг/дм³,
де О₂]

D_к – доза коагулянта в пересчете на безводный продукт, мг/дм³;

e_к – эквивалентная масса активного вещества коагулянта, мг/ ммоль.

Эквивалентную массу активного вещества коагулянта принимают для FeCl₃ равной 54 мг/ммоль (мг/мг-экв), для Fe₂(SO₄)₃ равной 67 мг/ммоль.

2.3 Обескремнивание солями алюминия: механизм процесса аналогичен п.2.2. Применяют соли: сульфат алюминия Al₂(SO₄)₃ и алюминат натрия NaAlO₂. Дозу Al₂(SO₄)₃ принимают до 15 мг/дм³ на 1 мг/дм³ удаляемой кремниевой кислоты H₂SiO₃ по SiO₃²⁻. Значение рН при обработке поддерживают в пределах от 8,5 до 9,0 добавлением извести (п. Л.3.2) Эффективность процесса: при использовании Al₂(SO₄)₃ остаточная концентрация Si в воде – до 2,0 мг/л.

При дозировании алюмината натрия NaAlO₂ его дозу назначают в пересчете на Al₂O₃: от 2,0 до 2,6 мг на 1 мг удаляемой кремниевой кислоты по SiO₂. Значение рН при обработке поддерживают в пределах от 8,6 до 9,5.

Остаточная концентрация кремниевой кислоты составляет от 8 до 10 мг/дм³ при температуре от 20⁰С до 30⁰С, при повышении температуры до 40⁰С – 2 мг/дм³.

2.4 Обескремнивание магниальными реагентами: основано на способности магниальных реагентов (оксид магния MgO, обожженный доломит СаСО₃·MgСО₃, полубожеженный каустический доломит MgO·СаСО₃, каустический магнезит MgСО₃) образовывать при введении в воду малорастворимого гидроксида магния Mg(ОН)₂, хлопья которого сорбируют соединения кремния. При обработке оксидом магния MgO предусматривают его дозирование в виде порошка MgO при дозе от 1,8 до 3,2 мг на 1,0 мг удаляемой кремниевой кислоты по SiO₃²⁻.

Допускается дозировать соединения магния в виде хлорида $MgCl_2$ или сульфата $MgSO_4$. Значение показателя рН поддерживают в пределах от 9,6 до 10,0 (щелочная среда). Остаточная концентрация кремниевой кислоты достигается в пределах от 4 до 6 мг/дм³ при температуре от 50 °С до 55 °С (п. Л.4.1 Пособия П1-2019).

Согласно п. Л.4.2 Пособия П1-2019, при использовании для удаления кремниевой кислоты магnezитовых реагентов (обожженного доломита $CaCO_3 \cdot MgCO_3$, полубоженного каустического доломита $MgO \cdot CaCO_3$, каустического магнезита $MgCO_3$) значение рН при обработке поддерживают более 10,0; температуру – в пределах от 40 °С до 50 °С.

Дозу указанных магнезитовых реагентов, D_o , мг/дм³, рассчитывают по формуле:

$$D_o = \left([SiO_3^{2-}] \cdot 12 - 1.7[Mg^{2+}] \right) \frac{100}{C_{MgO}} \quad (Л.2)$$

где $[SiO_3^{2-}]$ – концентрация ионов кремниевой кислоты в исходной воде, мг/дм³;

$[Mg^{2+}]$ – концентрация ионов магния в исходной воде, мг/дм³;

C_{MgO} – содержание MgO в магнезитовых реагентах, %.

При щелочности обрабатываемой воды более 2 ммоль/дм³, предусматривают дополнительное дозирование извести для предотвращения растворения гидроксида магния.

Дозу извести, $D_{и}$, мг/дм³, рассчитывают по формуле:

$$D_{и} = \left[28 \left(\frac{[CO_2]}{22} + Ж_k + \frac{Mg^{2+}}{12} + \frac{D_k}{e_k} + 0,5 \right) - \frac{D_o C_{CaO}}{100} \right] \frac{100}{C_{и}} \quad (Л.3)$$

где $[CO_2]$ – концентрация в исходной воде свободного диоксида углерода, мг/дм³;

$Ж_k$ – карбонатная жесткость исходной воды, ммоль/дм³;

$[Mg^{2+}]$ – концентрация ионов магния в исходной воде, мг/дм³;

D_k – доза коагулянта ($FeSO_4$, или $FeCl_3$), вводимого для интенсификации осаждения взвеси, мг/дм³;

e_k – эквивалентная масса активного вещества коагулянта, мг/ммоль. Для $Fe(SO_4)$ эквивалентную массу активного вещества коагулянта принимают – 76 мг/ ммоль, для $FeCl_3$ – 54 мг/ммоль;

C_{CaO} – содержание CaO в магнезитовых реагентах, %;

$C_{и}$ – содержание CaO в извести, %.

Учитывая особые свойства соединений, образующихся в ходе реагентной обработки воды при её обескремнивании, предпочтение следует отдать схеме с осветлителями со слоем взвешенного осадка. А из известных конструкций осветлителей – осветлителю Кургаева (имеет самую большую высоту зоны осветления), что позволяет реализовать требуемую достаточно большую продолжительность контакта воды с реагентами – 60 – 90 минут. Диаметр верхней части осветлителя – 11м, общая высота – 9м.

3.Обескремнивание воды ионным обменом

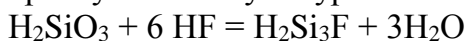
В цикле глубокого обессоливания ионным обменом можно достигнуть:

а) до 0,1 – 0,2 мг/л остаточного содержания кремния (Si) – в двухступенчатой

схеме;

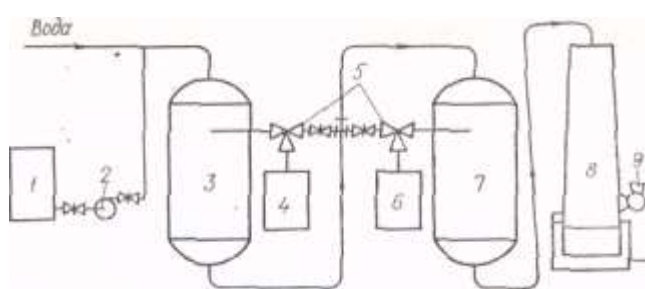
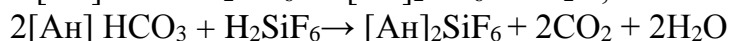
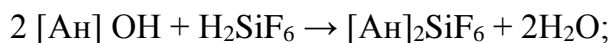
б) до 0,02 мг/л – в трёхступенчатой схеме.

Слабая кремниевая кислота H_2SiO_3 в химической реакции взаимодействия с фтористым водородом **HF** (или фторидом натрия **NaF**) образует сильную кремнефтористую кислоту по уравнению:



Обескремнить воду до уровня 0,1– 0,2 мг/л Si можно в одноступенчатой схеме обессоливания. Этот метод называют фторидным методом.

Кремнефтористая кислота H_2SiF_6 достаточно полно поглощается слабоосновными анионитами:



Технологическая схема для обескремнивания воды фторидным методом представлена на рисунке

Рисунок 4.13 – Обескремнивание фторидным методом:

1 – блок реагентного хозяйства по приготовлению раствора фтористого реагента HF (NaF); 2 – насос дозатор; 3 – H-катионитовый фильтр; 4-бак для раствора H_2SO_4 ; 5-эжектор; 6-бак для раствора щелочи; 7 – анионитовый фильтр (слабоосновной); 8 – дегазатор; 9 – вентилятор.

В тех случаях, когда надо обессолить воду до 10 мг/л, одновременно обескремнивая её, применяется схема (рисунок 4.13).

4. Обескремнивание воды фильтрованием через активированные загрузки

Сущность фильтрования через активированные загрузки заключается в том, что вода, содержащая H_2SiO_3 , фильтруется через магнезиальный сорбент: 1) полуобожженный доломит или 2) специальный сорбент, получаемый из смеси измельченного каустического магнезита, концентрированной соляной кислоты HCl и дистиллированной воды, взятых в соотношении 1:0,85:0,4, подогретой, высушенной и дроблёной. В результате получается гранулированный сорбент с зёрнами диаметром 0,5 – 1,5 мм. Вода, содержащая H_2SiO_3 , фильтруется через фильтр, загруженный сорбентом. H_2SiO_3 из воды сорбируется оксидом магния MgO, содержащимся в сорбенте. В результате образуется малорастворимый в воде силикат магния.

При высоте слоя сорбента в фильтре 3,4 – 4,0 м, температуре воды 40 – 50°C и скорости фильтрования до 10 м/ч *содержание H_2SiO_3 в воде снижается до 0,1 – 0,3 мг/л*. 1 м³ сорбента до полного его насыщения поглощает 85 – 90 кг SiO_3^{2-} .

Отработавший сорбент не регенерируется, а заменяется новым.

5. Обескремнивание воды электрокоагуляцией

Обескремнивание воды при электролизе с растворимым алюминиевым анодом основано на способности образующегося в процессе электролиза $Al(OH)_3$ сорбировать соединения кремния.

Наиболее эффективно процесс протекает при неглубоком обескремнивании во-

ды, т. е. при снижении концентрации SiO_2 на 60–80 %. В этом случае при расходе алюминия 2–3 г/м³ и потреблении электроэнергии 0,01–0,02 кВт·ч/м³ концентрация SiO_2 уменьшается в 2 раза.

Этот метод используется:

1) для глубокого обескремнивания и обессоливания ионообменными и сорбционными методами;

2) для глубокого обескремнивания;

На процесс обескремнивания воды электрохимическим методом влияют рН воды, ее солевой состав, плотность тока и другие факторы. Наиболее эффективно вода обескремнивается при рН = 6,5–9,0, плотности тока 1–2 мА/см² (миллиампер/см²) и в гидрокарбонатно–хлоридных средах с небольшим содержанием сульфатов.

Стабилизационная обработка воды

[#Тема4](#)

1. Понятия агрессивности, коррозионности и стабильности воды

2. Расчёт показателя стабильности

3. Способы оценки стабильности воды

4. Стабилизационная обработка воды в прямоточных системах водоснабжения

5. Стабилизационная обработка воды в оборотных системах водоснабжения

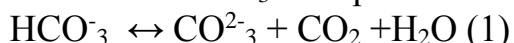
1. Понятия агрессивности, коррозионности и стабильности воды

Стабильность воды является одним из основных показателей ее качества. Обесцвеченную и осветленную на ВОС воду нельзя считать удовлетворительной по качеству, если, проходя по водопроводным трубам, она образует на их стенках отложения, приобретает окраску или образует осадок. В результате происходит снижение пропускной способности водоводов, утечки и ухудшается качество воды, подаваемой потребителю.

Нарушение стабильности воды может быть вызвано наличием растворенных угольной кислоты CO_2 или кислорода, низким значением рН, перенасыщенностью ее CaCO_3 или Mg(OH)_2 , повышенной концентрацией Fe^{2+} , сульфатов или хлоридов.

Абсолютная коррозионность воды (коррозионная активность) – обусловлена хим. составом и температурой воды. **Относительная коррозионность** воды – зависит от условий нахождения т/п в системе в/с и режима работы системы в/с (объем, давление и неравномерность водопотребления).

Агрессивность воды – связана с содержанием в ней соединений угольной кислоты, которая находится в форме недиссоциированных молекул H_2CO_3 в небольших концентрациях, растворённого углекислого газа CO_2 , бикарбонатных HCO_3^- и карбонатных ионов CO_3^{2-} . (при рН больше 8,4)



Вода, содержащая свободную углекислоту CO_2 в концентрации, большей равновесной, называют агрессивной, а в концентрации, совпадающей с равновесной, называют стабильной.

Стабильной считается вода, которая не выделяет и не растворяет осадка CaCO_3 . Это свойство воды характеризуется показателем стабильности.

Нарушение стабильности воды возможно в следующих случаях:

- 1) наличие в воде CO_2 , кислорода O_2 или H_2S ;
 - 2) низкое pH;
 - 3) пересыщенность гидрокарбонатом кальция CaCO_3 или гидроокисью магния $\text{Mg}(\text{OH})_2$;
 - 4) повышение концентраций хлоридов Cl^- и сульфатов SO_4^{2-}
- О стабильности воды судят **по показателю стабильности**.

2. Расчёт показателя стабильности

Стабильность воды оценивается несколькими способами:

а) экспериментально – по изменению щелочности

Показатель стабильности

$$C_1 = \text{Щ}_{\text{исх}} / \text{Щ}_{\text{нас}}$$

где $\text{Щ}_{\text{исх}}$ — фактическая щелочность исходной воды, мг-экв/л;

$\text{Щ}_{\text{нас}}$ — щелочность воды после смешения с CaCO_3 (насыщения ее CaCO_3), мг-экв/л

б) экспериментально – по изменению pH

Показатель стабильности

$$C_2 = \text{pH}_{\text{исх}} / \text{pH}_{\text{нас}}$$

где $\text{pH}_{\text{исх}}$ — значение pH исходной воды; $\text{pH}_{\text{нас}}$ — значение pH воды, насыщенной CaCO_3

в) аналитическим способом – по индексу насыщения карбонатом кальция J по формуле (Пособие П1 – 2019 к ТКП 45-4.01-320-2018):

$$J = \text{pH}_0 - \text{pH}_s \quad (\text{Г.1})$$

где pH_0 — водородный показатель **исходной воды**, измеренный с помощью pH – метра;

pH_s — водородный показатель в условиях насыщения воды карбонатом кальция (равновесного насыщения воды карбонатом кальция), определяемый по номограмме, приведенной на рисунке Г.1, в зависимости от содержания кальция S_{Ca} , общего солесодержания P , **общей** щелочности Щ и температуры воды t .

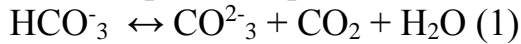
При значениях C_1 и C_2 , равных 1, а также при $J = 0$ — *вода стабильна*.

Если C_1 и C_2 меньше 1, а J имеет отрицательное значение, то *вода агрессивна*.

Если C_1 или C_2 больше 1, а J имеет положительное значение, то *вода склонна к отложению CaCO_3* .

3. Способы оценки стабильности воды

Вода считается стабильной, если она не вызывает коррозии поверхностей, с которыми соприкасается и не выделяет на них осадка CaCO_3 . В основе понимания сущности стабильности обрабатываемой воды лежит уравнение гидрокарбонатного равновесия, присущего природной воде, и выражаемое следующей обратимой реакцией:

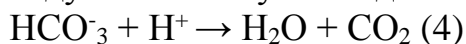


1) Если в результате реакции (1) при химической обработке воды концентрация $[\text{CO}_2]$ стала $>$ величины концентрации **равновесной CO_2** , то реакция (1) смещается влево (образуется HCO_3^-), и количество CO_3^{2-} , необходимое для протекания химической реакции, возьмётся из защитной плёнки CaCO_3 , которая наращивается в процессе эксплуатации на внутренней поверхности труб. И в этом случае, чтобы направить химическую реакцию (1) по другому пути (вправо \rightarrow), воду подщелачивают, т.е. $+\text{OH}^-$:

$\text{HCO}_3^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3^{2-}$ (2) — при этом в воде образуется равновесие.

2) Если в результате реакции (1) при химической обработке воды концентрация CO_2 стала $<$ величины концентрации **равновесной $[\text{CO}_2]$** , то реакция (1) смещается вправо с образованием избытка CO_3^{2-} : $\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{CO}_3^{2-} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (3)

CO_3^{2-} при взаимодействии с катионами $[\text{Ca}^{2+}]$ образует осадок CaCO_3 , который выпадает на внутренней поверхности труб, и в результате этого вода становится нестабильной. Для того, чтобы направить реакцию (1) по другому пути, воду в таком случае подкисляют, т.е. $+\text{H}^+$:



4. Стабилизационная обработка воды в прямоточных системах водоснабжения

ведётся в 2-х направлениях:

1) — перед запуском системы в эксплуатацию и заключается в нанесении на внутреннюю поверхность труб карбонатной плёнки CaCO_3 с целью предотвращения коррозии трубопроводов. Для этого воду обрабатывают щёлочью, повышая индекс стабильности J до 0,7 – 1,0 и вода, став пересыщенной по CaO , откладывает на внутренней поверхности плёнку CaCO_3 толщиной 0,5 мм.

2) — заключается в поддержании в процессе эксплуатации индекса J в пределах плюс – минус 0,15. Для этого контролируют в процессе эксплуатации J и если $J > 0$, то воду подкисляют серной или соляной кислотой, обрабатывают гексаметафосфатом натрия ($\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$) или триполифосфатом натрия ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$); а если $J < 0$, то воду подщелачивают (известью, содой или данными реагентами совместно), обрабатывают гексаметафосфатом или триполифосфатом натрия.

Дозу кислоты $D_{\text{кис}}$, мг/дм³ (в расчете на товарный продукт) определяют по формуле:

$$D_{\text{кис}} = 100 \alpha_{\text{кис}} \text{Ш}_{\text{нач}} e_{\text{кис}} / C_{\text{кис}} \quad (\text{Г.4})$$

где $\alpha_{\text{кис}}$ — коэффициент, определяемый по номограмме на рисунке Г.3
Пособия ;

$\text{Ш}_{\text{нач}}$ — щелочность воды до стабилизационной обработки,
ммоль/дм³; мг-экв/л

$e_{\text{кис}}$ — эквивалентная масса кислоты, мг/моль;
49,0— для серной кислоты;
36,5— для соляной кислоты;

$C_{\text{кис}}$ — содержание активной части в товарной кислоте, %.

Дозу гексаметафосфата или триполифосфата натрия (в расчете на Р₂О₅) принимают не более 2,5 мг/дм³ (3,5 мг/дм³ в расчете на РО₄).

Дозу извести определяют по формуле:

$$D_{\text{и}} = 28 \beta_{\text{и}} K_t \text{Ш}_{\text{нач}} \quad (\text{Г.5})$$

где $D_{\text{и}}$ — доза извести, мг/дм³, в расчете на СаО;

$\beta_{\text{и}}$ — коэффициент, определяемый по номограмме на рисунке Г.4,
в зависимости от рН воды (до стабилизационной обработки) и
индекса насыщения J ;

K_t — коэффициент, зависящий от температуры воды, при $t = 20^\circ\text{C}$ –
 $K_t = 1$, при $t = 50^\circ\text{C}$ – $K_t = 1,3$;

$\text{Ш}_{\text{нач}}$ — щелочность воды до стабилизационной обработки,
ммоль/дм³.

Дозу соды в расчете на Na₂CO₃, мг/дм³, принимают в 3–3,5 раза больше дозы извести в расчете на СаО, мг/дм³.

Химизм процесса: $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaHCO}_3$

5. Стабилизационная обработка воды в оборотных системах водоснабжения

Так как в оборотных системах водоснабжения имеют место потери воды при упаривании, газ СО₂ в охладительных устройствах в систему вводится в результате её продувки подпиточным расходом. Оценить стабильность воды по индексу стабильности становится невозможным. В оборотных системах условия стабильности создаются путём подсчёта щёлочности добавочной воды. Отложение СаСО₃ в циркуляционной системе оборотного в/с не должно происходить, если сохраняется условие:

$$\text{Ш}_{\text{добав}} \leq (Q - Q_1) \text{Ш}_{\text{цирк}}$$

$\text{Ш}_{\text{добав}}$ и $\text{Ш}_{\text{цирк}}$ — щёлочность добавочной и циркуляционной воды,
ммоль/дм³ (мг-экв/л);

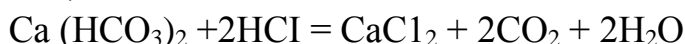
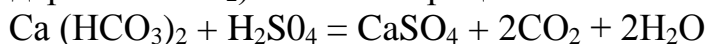
Q — расход добавочной воды, в % от расхода циркуляционной воды; $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$;

Q_1 — потеря воды на испарение, в % от расхода циркуляционной воды;
 Q_2 — потеря воды на капельный унос, 1 – 2,5 % от расхода циркуляционной воды;

Q_3 — расход воды на продувку системы и отвод на технологические нужды, %;

Методы обработки добавочной воды:

1) подкисление воды для предотвращения выпадения CaCO_3 состоит в том, что понижается щёлочность воды (J_K переходит в J_{HK} и увеличивается содержание CO_2). Химизм процесса:



2) применяют рекарбонизацию, т. е. обработку воды дымовыми газами, в которых содержится CO_2 и сернистый ангидрид SO_2 . Эти газы в стабилизированной воде растворяются. SO_2 образует в воде сернистую кислоту H_2SO_3 , которая оказывает такое же стабилизирующее действие, как и серная кислота.

3) обработка фосфатами (гексаметафосфатом натрия $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$, тринатрийфосфатом, суперфосфатом). Сущность стабилизирующего действия фосфатов (активная часть – P_2O_5) заключается в том, что образующаяся на поверхности микрокристаллов CaCO_3 плёнка предотвращает агломерацию этих кристаллов, поэтому их рост прекращается. Т.е. фосфаты расходуются только на создание плёнки на поверхности кристаллов CaCO_3 .

Обработка охлаждающей оборотной воды. Использование очищенных сточных вод в оборотных охлаждающих системах

[#Тема4](#)

1. Виды отложений в трубопроводах и оборудовании. Методы предотвращения карбонатных отложений в системах оборотного водоснабжения (Методы обработки добавочной воды)

2. Сульфатные отложения в системах оборотного водоснабжения и обработка воды с целью их предотвращения

3. Механические отложения в системах оборотного водоснабжения и обработка воды с целью их предотвращения

4. Биологические отложения в системах оборотного водоснабжения и обработка воды с целью их предотвращения

1. Виды отложений в трубопроводах и оборудовании. Методы предотвращения карбонатных отложений в системах оборотного водоснабжения (Методы обработки добавочной воды)

В системах оборотного водоснабжения эксплуатация систем водяного охлаждения технологических аппаратов нарушается за счёт появления на их

стенках накипи, биологических обрастаний и коррозии. В состав накипи входят карбонат кальция CaCO_3 , карбонат магния MgCO_3 , при $\text{pH} > 10$ в состав накипи входит гидроксид магния $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

Если в охлаждающей воде содержится большое количество кремниевой кислоты, то в состав накипи входят силикаты кальция CaSiO_3 и магния MgSiO_3 . Наличие в воде взвешенных веществ и биологических обрастаний приводит к цементации их карбонатом кальция CaCO_3 . На участках систем охлаждения с малыми скоростями движения воды карбонатные отложения образуются наиболее интенсивно.

Если для пополнения оборотной системы используется вода, содержащая Fe^{3+} , то в трубах и в охладителях откладывается осадок гидроксида железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Развитие в охлаждающих системах бактерий и водорослей связано с наличием в воде питательных веществ, повышенной температуры воды.

Кроме того, в системах оборотного водоснабжения существует вероятность сульфатных и механических отложений.

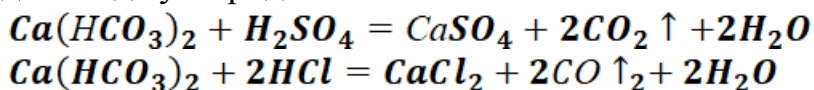
Методы предотвращения карбонатных отложений в системах оборотного водоснабжения могут быть подразделены на две большие группы:

1. Химические (реагентные)
2. Безреагентные

К химическим методам относятся:

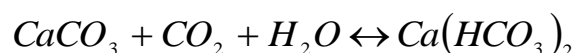
– **подкисление**, — метод обработки воды кислотами относится к наиболее распространённым и может применяться при любых величинах щелочности и общей жесткости природных вод и значениях коэффициентов концентрирования солей в системах.

При обработке воды кислотами часть солей карбонатной жесткости переводится в эквивалентное количество солей некарбонатной жесткости с выделением диоксида углерода:



– **рекарбонизация**, — метод рекарбонизации заключается во введении в воду диоксида углерода в количестве, достаточном для стабилизации бикарбоната кальция и достижения углекислотного равновесия с учётом потерь диоксида углерода CO_2 в охладителях.

Таким образом, предотвращается разложение гидрокарбонатов по формуле:



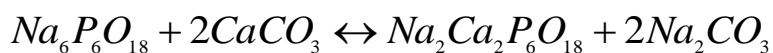
При рекарбонизации щелочность добавочной воды не меняется. При высоких значениях щелочности добавочной воды и концентрации кальция, требу-

емая для равновесия концентрация углекислоты может достигать или превышать предел растворимости углекислоты при данной температуре.

Рекарбонизация дымовыми газами или газообразным диоксидом углерода может применяться при щелочности добавочной воды до 3,5 мг-экв/л, и коэффициенте концентрирования $K_{кс}$, не превышающем 1,5.

– **фосфатирование**, — может применяться при щелочности воды до 5,5 мг-экв/л, сущность метода фосфатирования состоит в воздействии полифосфатов на процесс кристаллизации карбоната кальция.

В присутствии небольших концентраций полифосфатов на поверхности микрокристаллов карбоната кальция адсорбируется плёнка из молекул гексаметафосфата кальция и магния. Изолируя частицы, такая плёнка препятствует росту зародышей микрокристаллов. Растворимость мелких кристаллов $CaCO_3$ в воде очень большая.



Для обработки воды фосфатированием применяют гексаметафосфат натрия $Na_6P_6O_{18}$, триполифосфат натрия $Na_5P_3O_{10}$, тринатрийфосфат $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$, суперфосфат $Ca(H_2PO_4)_2$,

Концентрация фосфатного реагента гексаметафосфата натрия или триполифосфата натрия в пересчете на P_2O_5 должно составлять 1,5-2,5 мг/л.

При обработке воды фосфатами для предупреждения накипеобразования должна предусматриваться продувка системы P_3 ,%, величина которой определяется:

$$P_3 = \frac{P_1}{K_{кс. доп} - 1} - P_2$$

где P_1 – потери воды на испарение, %;

P_2 – потери воды на капельный унос ветром, %;

$K_{кс доп}$ – коэффициент концентрации солей, допустимый, определяется:

$$K_{КС доп} = (2 - 0,125Щ_{доб})(1,4 - 0,04t_1)(1,1 - 0,01Ж_{доб})$$

где $Щ_{доб}$ – щелочность добавочной воды, мг-экв/л;

t_1 – температура нагретой оборотной воды до охладителя, °С.

$Ж_{доб}$ – общая жесткость добавочной воды, мг-экв/л.

Метод фосфатирования применим при значениях $K_{кс доп} > 1$; при значении $K_{кс доп} < 1$ следует применять другие методы стабилизации.

– **фосфатно-кислотная обработка**, — метод применяется, если фосфатирование не предотвращает накипеобразования или величина продувки экономически нецелесообразна, а глубокое подкисление вызывает коррозию.

При комбинированной фосфатно-кислотной обработке доза кислоты $D_{\text{кис}}$, мг/л, в расчете на расход добавочной воды рассчитывается по формуле:

$$D_{\text{кис}} = \frac{100e_{\text{кис}} (\text{Щ}_{\text{доб}} - \text{Щ}_{\text{доб.пр}})}{C_{\text{кис}}}$$

где $e_{\text{кис}}$ – эквивалентный вес кислоты, мг/мг-экв, для H_2SO_4 $e_{\text{кис}} = 49$, для HCl $e_{\text{кис}} = 36,5$

$\text{Щ}_{\text{доб}}$ – щелочность добавочной воды, мг-экв /л;

C – содержание H_2SO_4 и HCl в технической кислоте; %

$\text{Щ}_{\text{доб. пр.}}$ – предельная величина щелочности добавочной воды, мг-экв /л, при которой предотвращение карбонатных отложений при заданных условиях (t , $K_{\text{кс}}$, $\text{Ж}_{\text{доб}}$) достигается фосфатированием.

$$\text{Щ}_{\text{доб.пр}} = 16 - \frac{K_{\text{к.с}}}{0,125(1,4 - 0,01t_1)(1,1 - 0,01\text{Ж}_{\text{доб}})}$$

где t_1 – температура оборотной воды, °С;

$\text{Ж}_{\text{доб}}$ – жесткость общая добавочной воды, мг-экв/л.

Метод комбинированной фосфатно-кислотной обработки достигается при

$\text{Щ}_{\text{доб}} > \text{Щ}_{\text{доб. пр.}} > 0$;

при $\text{Щ}_{\text{доб}} < \text{Щ}_{\text{доб. пр.}}$ — должно применяться только фосфатирование;

$\text{Щ}_{\text{доб. пр.}} < 0$ — подкисление без фосфатирования.

– **обработка комплексоными** — это органические соединения (в большей части аминополикарбоновые кислоты и их производные), используемые для обработки воды с целью предотвращения отложений и коррозии.

Предотвращение отложений осуществляется путем образования комплексных растворимых соединений реагентов комплексообразователей с солями кальция и магния.

Из реагентов комплексообразователей наиболее известны следующие:

– ИОМС (ингибитор отложений минеральных солей), который снижает адгезию карбоната кальция к металлической поверхности.

– ОЭДФ (оксиэтилдифосфоновая кислота), обладает высокой комплексообразующей способностью, стойкостью к гидролизу и способна предотвращать накипеобразование при карбонатной жесткости до 7,5–8 мг-экв/л. ОЭДФ – препятствует росту кристаллов CaCO_3 , сорбируясь на их поверхности.

– **умягчение воды**, — 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.

К безреагентным методам относятся : обработка воды

- магнитным полем;
- ультразвуком;
- высокочастотным электрическим полем.

К мероприятиям, предотвращающим карбонатные отложения, относится добавление в систему воды с меньшей карбонатной жесткостью.

2. Сульфатные отложения в системах оборотного водоснабжения и обработка воды с целью их предотвращения

Наряду с наиболее распространёнными в системах оборотного в/с кальциевыми отложениями, существует вероятность сульфатных отложений в виде

CaSO_4 на поверхности теплообменных аппаратов. Особо возрастает и усиливается эта проблема в связи с дефицитом воды на ряде п/п и соответственно переводом систем оборотного водоснабжения на этих п/п на режим работы с минимальными добавками подпиточной воды, что приводит к максимальной концентрации солей в системе. Особенно это характерно для соли CaSO_4 , содержащейся в воде, которая имеет тенденцию самопроизвольно выкристаллизовываться из воды при определённых концентрациях ионов Ca^{2+} и SO_4^{2-} . Одним из путей борьбы с сульфатными отложениями является:

— выбор параметров водного режима, при котором (при известном составе добавочной воды) произведение активных концентраций ионов Ca^{2+} и SO_4^{2-} в оборотной воде не превышает произведение растворимости соли CaSO_4 :

$$f_{\text{H}}^2 C_{\text{Ca}} C_{\text{SO}_4} K_{\text{KC}}^2 < \text{ПР}_{\text{CaSO}_4}$$

где f_{H} – коэффициент активности двухвалентных ионов, принимаемый по таблице Ж.3. ТКП-258

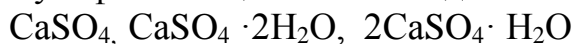
C_{Ca} – концентрация ионов кальция в добавочной воде, моль/дм³;

$C_{\text{SO}_4^{2-}}$ – концентрация ионов сульфатов в добавочной воде, моль/дм³;

K_{KC} – коэффициент концентрирования солей в зависимости от щёлочности добавочной воды; по табл. М.2 Пособия П-1

$\text{ПР}_{\text{CaSO}_4}$ - произведение растворимости сульфата кальция при температуре воды от 25°С до 60 °С, следует принимать равным $2,4 \cdot 10^{-5}$.

Сульфат кальция может выделяться из воды в виде солей:



— предусматривают реагентную обработку воды следующими химическими реагентами: гексаметафосфатом натрия ($\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$) дозой 1,5–2,0 мг/л (по P_2O_5), карбоксилметилцеллюлозой дозой до 5 мг/л (по активной группе $\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{COO Na}$); карбоксилметилцеллюлозой и гексаметафосфатом натрия в соотношении 1:1.

3. Механические отложения в системах оборотного водоснабжения и обработка воды с целью их предотвращения

Механические отложения появляются в системах оборотного водоснабжения, в которых вода используется как теплоноситель, и появляются по той причине, что вода охлаждается в сооружениях (брызгальные бассейны, гра-

дирни), где идёт контакт охлаждаемой воды с воздухом. Для предотвращения в системах оборотного водоснабжения механических сооружений целесообразно предусматривать фильтровальные сооружения, на которых вода, циркулирующая в оборотных системах, периодически осветляется. В качестве загрузки фильтров применяют мраморную крошку, полубожежённый или обожжённый доломит.

4. Биологические отложения в системах оборотного водоснабжения и обработка воды с целью их предотвращения

Биологические обрастания характерны для систем оборотного водоснабжения, в которых вода используется как теплоноситель, и связано это с тем, что в систему подаётся вода, не обеззараженная на станции водоподготовки, и в виду нестабильного температурного режима, благоприятного для развития и размножения микроорганизмов. Наиболее эффективным способом, предотвращающим биообрастания, является обработка воды хлором. При этом целью хлорирования является не воздействие на содержащиеся в воде микроорганизмы, а воздействие на внутреннюю поверхность трубопроводов, охлаждающего оборудования, насадок градирен. Обработка ведётся периодически повышенными дозами по двум схемам:

- с центральным вводом хлора в одной точке системы, как правило, в резервуар градирни;
- с децентрализованным вводом хлора в нескольких точках по длине водопроводной сети.

2 Практический раздел

(► Структура ЭУМК)

Методические рекомендации к выполнению курсового проекта по дисциплине «Водоснабжение промышленных предприятий» на тему «Система водоснабжения промышленного предприятия»

Содержание

2.1 Состав и объём курсовой работы «Система водоснабжения промышленного предприятия»	72
2.2 Анализ категорий водопотребителей на промпредприятии и требований к качеству воды	75
2.3 Разработка балансовой схемы водоснабжения и водоотведения промпредприятия	76
2.4 Выбор и обоснование системы и схемы водоснабжения промпредприятия	76
2.5 Проектирование системы хозяйственно-питьевого водоснабжения промпредприятия	78
2.6 Проектирование системы производственного водоснабжения промпредприятия	93
2.7 Проектирование станции водоподготовки	100
2.8 Разработка компоновочного плана здания станции	134
2.9 Выбор охладительного устройства в оборотной системе водоснабжения	136
Список использованной литературы	137

2.1 Состав и объём курсовой работы «Система водоснабжения промышленного предприятия»

[#Практический_раздел](#)

Курсовая работа выполняется на тему «Система водоснабжения промышленного предприятия».

Исходные данные к курсовой работе «Система водоснабжения промышленного предприятия»:

1. Генплан площадки промышленного предприятия (далее п/п) с расположением внеплощадочных сетей водоснабжения и водоотведения (М 1:1000).

2. Источник водоснабжения для производственных целей – поверхностный, качество воды в источнике:

Мутность, мг/л;

Цветность, град;

Водородный показатель, ед. рН;

Перманганатная окисляемость, мг O_2 /л;

Щелочность, мг-экв/л;

Жесткость карбонатная, мг-экв/л;

Жесткость общая, мг-экв/л;

Содержание катионов и анионов в воде, мг/л:

катионы: Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; Na^+ ;

анионы: HCO_3^- ; SO_4^{2-} ; Cl^- ; SiO_3^{2-} ;

Общее солесодержание, мг/л.

3. Количество и качество технологической воды, требуемое потребителям по потокам:

Первый поток: Вода – теплоноситель;

Полезный расход, m^3 /час;

Требуемое давление, МПа;

Мутность, мг/л;

Цветность, град;

Водородный показатель, ед. рН;

Перманганатная окисляемость, мг O_2 /л;

Щелочность, мг-экв/л;

Жесткость общая, мг-экв/л;

Общее солесодержание, мг/л;

Концентрация кремния SiO_3^{2-} , мг/л.

Второй поток: Вода на технологические нужды;

Полезный расход, m^3 /час;

Требуемое давление, МПа;

Мутность, мг/л;

Цветность, град;

Водородный показатель, ед. рН;

Перманганатная окисляемость, мг O_2 /л.

4. Внутриплощадочный хозяйственно-питьевой водопровод подключается к городскому водопроводу. Расход воды на хозяйственно-питьевые цели на п/п, м³/ч: средний; максимальный.

5. Гарантийное избыточное давление (гарантийный напор) городской сети водоснабжения в точке подключения внутриплощадочной хозяйственно-питьевой сети, МПа (м).

6. Расход воды на наружное пожаротушение на п/п, л/с.

7. Этажность застройки.

В **пояснительной записке** курсовой работы «Система водоснабжения промышленного предприятия» должны быть освещены следующие вопросы:

1. Анализ категорий водопотребителей на промпредприятии и требований к качеству воды.

2. Разработка балансовой схемы водоснабжения и водоотведения промпредприятия.

3. Выбор и обоснование системы и схемы водоснабжения промпредприятия.

4. Проектирование системы хозяйственно-питьевого водоснабжения промпредприятия.

5. Проектирование систем производственного водоснабжения промпредприятия.

Пояснительная записка должна также включать реферат, введение, заключение, список используемой литературы.

Пояснительная записка оформляется в соответствии со стандартом университета.

Объём пояснительной записки в среднем составляет 30 страниц.

В начале записки прикладывается задание на разработку проекта, выданное руководителем.

Графическая часть курсовой работы «Система водоснабжения промышленного предприятия» составляет 1-2 листа чертежей формата А1, выполненных на ватмане:

1. Генплан площадки промышленного предприятия с внутриплощадочными сетями водоснабжения, выполненный в масштабе 1:500 с указанием всех основных и вспомогательных зданий, сооружений, коммуникаций, дорог.

2. Балансовая схема водоснабжения и водоотведения промышленного предприятия.

2. Технологическая схема подготовки воды для производственных целей.

3. Компонировочный план станции водоподготовки, выполненный в масштабе 1:100 или 1:200.

Графическая часть оформляется в соответствии с ГОСТ 21.604-82.

Чертежи и пояснительная записка должны быть подписаны студентом.

Пример расчета

В методических указаниях, кроме теоретических сведений по проектированию и расчету системы водоснабжения промпредприятия, приведен пример расчета системы водоснабжения промпредприятия при следующих исходных данных.

1. Генплан п/п (М1:1000).

2. Источник водоснабжения для технологических целей – поверхностный, качество воды в источнике:

Мутность – 260 мг/л;

Цветность – 110 град;

Водородный показатель рН – 7,5;

Перманганатная окисляемость – 6,7 мг O₂/л;

Щелочность – 0,7 мг-экв/л;

Жесткость карбонатная – 0,7 мг-экв/л;

Жесткость общая – 2,94 мг-экв/л;

Содержание катионов и анионов в воде:

катионы: Ca²⁺ - 28,86 мг/л; Mg²⁺ - 18,24 мг/л; Na⁺ - 5,71 мг/л;

анионы: HCO₃⁻ - 42,72 мг/л; SO₄²⁻ - 48,03 мг/л; Cl⁻ - 43,97 мг/л; SiO₃²⁻ - 9,47 мг/л;

Общее солесодержание 197 мг/л.

3. Количество и качество технологической воды, требуемое потребителям по потокам:

Первый поток: Вода – теплоноситель;

Полезный расход – 27 м³/час;

Требуемое давление – 0,26 МПа;

Мутность – 1,5 мг/л;

Цветность – 20 град;

Водородный показатель рН – 6,5-8,5;

Перманганатная окисляемость – 5 мг O₂/л;

Жесткость общая – 0,01 мг-экв/л.

Второй поток: Вода на технологические нужды;

Полезный расход – 26 м³/час;

Требуемое давление – 0,25 МПа;

Мутность - 1,5 мг/л;

Цветность – 20 град;

Водородный показатель рН – 6,5-8,5;

Перманганатная окисляемость – 5 мг O₂/л.

4. Внутриплощадочный хозяйственно-питьевой водопровод подключается к городскому водопроводу. Расход воды на хоз.-питьевые цели на п/п, м³/ч: средний - 46,5, максимальный - 47,9.

5. Гарантийное избыточное давление городской сети водоснабжения в точке подключения внутриплощадочной сети – 0,17 МПа.

6. Расход воды на наружное пожаротушение на п/п - 10 л/с.

7. Этажность застройки – 2 этажа.

2.2 Анализ категорий водопотребителей на промпредприятии и требованиях к качеству воды

[#Практический раздел](#)

Обеспечение водой промышленных предприятий является одной из важных народнохозяйственных задач. Нормальная работа промышленных предприятий во многом зависит от правильного снабжения водой. На промышленных предприятиях вода используется для следующих целей:

- технологических нужд;
- хозяйственно-питьевых и душевых нужд работающих;
- противопожарных целей.

В подавляющем большинстве отраслей промышленности большое количество воды используется в технологических процессах производства. С целью обеспечения технологического процесса или стойкости агрегатов, работающих в зонах высоких температур вода используется для охлаждения. Также вода входит в продукцию как ее элемент, включая получение пара для выработки электроэнергии. Вода сопутствует различным процессам, это так называемые подсобные нужды (поливки, промывки, мытье и т. п.).

Требования к количеству и качеству подаваемой воды определяются характером технологического процесса. Выполнение этих требований системой водоснабжения обеспечивает нормальную работу предприятия и надлежащее качество выпускаемой продукции. Неудовлетворительное выполнение системой водоснабжения поставленных задач может привести не только к ухудшению качества продукции или удорожанию производства, но и в ряде случаев к порче оборудования и даже к опасным авариям

Требования к качеству воды.

Для удовлетворения хозяйственно-бытовых и душевых нужд качество воды должно соответствовать требованиям СанПиН 10-124 РБ 99 «Вода питьевая». К воде, используемой в пищевой и бродильной промышленности, предъявляются такие же требования, как и к питьевой, а в некоторых случаях предъявляются специфические, более жесткие требования.

Вода для охлаждения (действующих агрегатов, химической аппаратуры, доменных и мартеновских печей, пара, жидких и газообразных продуктов в холодильниках) не должна давать отложений, вызывать биологические обрастания и коррозию поверхностей, должна иметь возможно более низкую температуру.

Нормы качества питательной воды для паросилового хозяйства зависят от типа современных котлов и давления – отсутствие взвешенных веществ, солей, растворенного кислорода.

Вода, используемая для подсобных нужд, в большинстве случаев не должна содержать грубодисперсных взвешенных веществ. В производствах, где вода соприкасается с продукцией и входит в её состав (хлопчатобумажная, шелковая промышленность, производство мыла, красителей, искусственного волокна), к воде предъявляются требования более высокие, чем к хозяйственно-питьевой воде.

2.3 Разработка балансовой схемы водоснабжения и водоотведения промышленного предприятия

[#Практический раздел](#)

Для расчета систем водообеспечения и водоотведения необходимо составлять графические схемы водного баланса по каждому потребителю воды на территории промышленного предприятия. В этих балансовых схемах указывается количество воды, подаваемой каждому потребителю (аппарату, цеху, корпусу), сбрасываемой каждым потребителем, теряемой безвозвратно в производстве, на охладительных установках, очистных сооружениях и т. д. В схемах, кроме того, указывается: направление движения воды; виды водоподводящих и водоотводящих коммуникаций или категории транспортируемой по коммуникациям воды; расположение потребителей воды, сооружений по ее охлаждению, очистке и т. д. Такие схемы составляются либо в абсолютных количествах циркулирующих вод за единицу времени ($\text{м}^3/\text{сут}$, $\text{м}^3/\text{ч}$), либо в удельных расходах воды на единицу продукции или потребляемого сырья ($\text{м}^3/\text{т}$).

Для составления балансовой схемы водоснабжения и водоотведения следует внимательно изучить типы водопотребителей на предприятии, требования их к качеству воды, соотношение расходов потребляемой воды различными потребителями, источники образования производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод, их качество и соотношения расходов, а также возможность использования очищенных сточных вод в технологических процессах.

При оборотной системе производственного водоснабжения с устройством охладительной установки, в охладительном устройстве возникают следующие потери: на капельный унос, на испарение, на продувку. Ориентировочно величины потерь принимают: на капельный унос – 2-3%, на испарение – 5-8%, на продувку – 10-12% от расхода оборотной воды.

Для данного примера балансовая схема водоснабжения и водоотведения промышленного предприятия представлена на рисунке 1.

Условные обозначения трубопроводов принимаются по ГОСТ 21.205-93 «Условные обозначения элементов санитарно-технических систем» [1], приложение А.

2.4 Выбор и обоснование системы и схемы водоснабжения промпредприятия

[#Практический раздел](#)

Система водоснабжения представляет собой комплекс инженерных сооружений, предназначенных для забора воды из природных источников, улучшения её качества, транспортирования, хранения и подачи её потребителям.

На площадке промпредприятия в соответствии с требованиями потребителей необходимо устраивать систему хозяйственно-питьевого, производственного и противопожарного водоснабжения. В зависимости от требований, предъявляемых к качеству воды, данные системы могут устраиваться отдельными или объединенными.

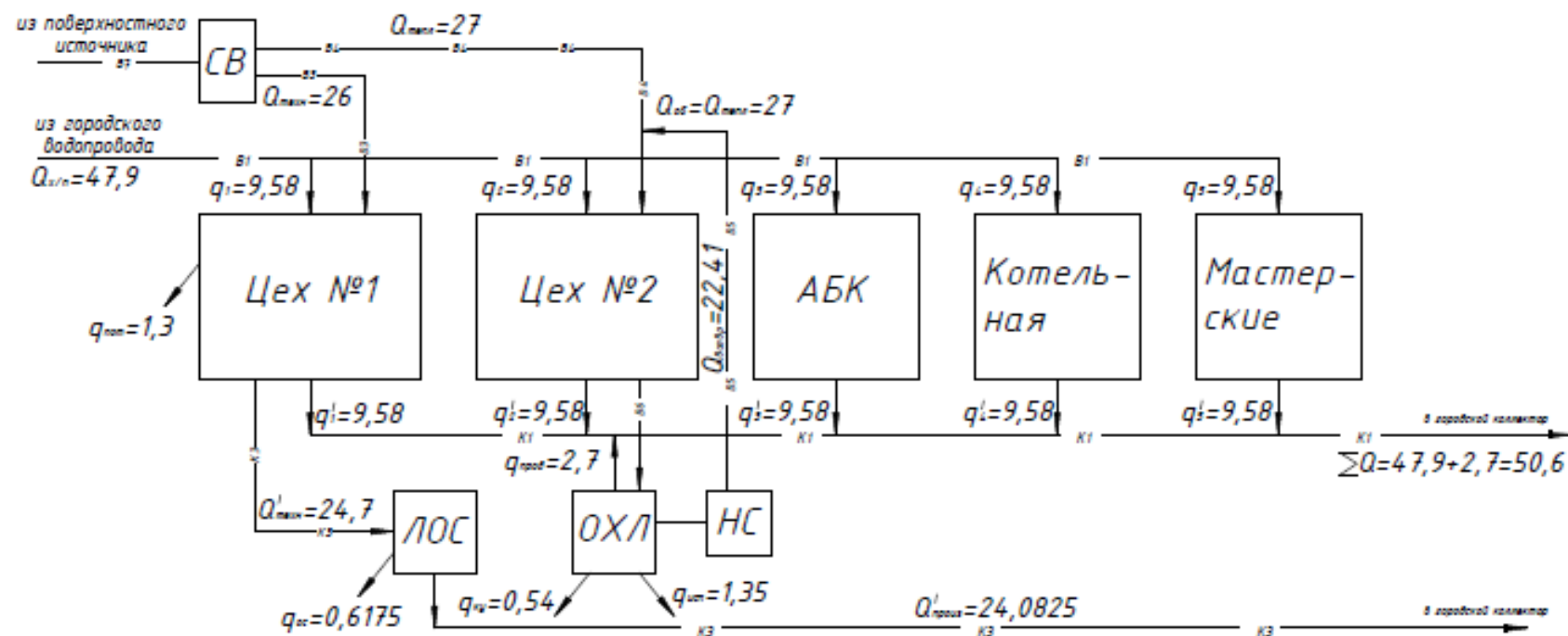


Рисунок 1. Балансовая схема водоснабжения и водоотведения

Условные обозначения

- B1 — хозяйственно-питьевой трубопровод
- B2 — трубопровод технической воды
- B4 — трубопровод оборотной воды подающий
- B5 — возвратный трубопровод оборотной воды
- B6 — трубопровод оборотной воды на охлаждение
- B7 — трубопровод речной воды
- K1 — бытовая канализация
- K3 — производственная канализация

- ЛОС — локальные очистные сооружения
- ОХЛ — охладительное устройство
- НС — насосная станция
- СВ — станция водоподготовки

Примечание.

Все расходы указаны в м³/час.

По характеру использования воды системы водоснабжения могут быть прямоточные, с последовательным использованием воды и обратные.

Прямоточное водоснабжение. Вода, использованная потребителем, выпускается в канализацию и далее в водоем.

Последовательное водоснабжение. Отработанная в одном цехе вода направляется в другой цех и только после этого поступает в канализацию. Такую схему водоснабжения можно использовать между предприятиями, цехами предприятий и отдельными агрегатами.

Обратное водоснабжение. Использованную потребителем воду не сбрасывают в водоем или реку, как при прямоточном водоснабжении, а вновь направляют потребителю после обработки. Благодаря этому из источника подается незначительное количество добавочной воды для пополнения потерь воды при ее охлаждении или очистке.

2.5 Проектирование системы хозяйственно-питьевого водоснабжения промпредприятия

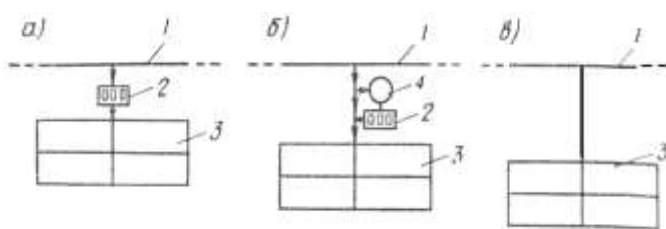
[#Практический раздел](#)

2.5.1. Выбор и обоснование схемы подключения внутриплощадочной сети хозяйственно-питьевого водоснабжения к городскому коллектору.

Существует два принципиальных подхода к хозяйственно-питьевому водоснабжению предприятий:

- подключение к системе городского водоснабжения (при расположении предприятия в черте города);
- устройство самостоятельных источников водоснабжения (предпочтительнее при расположении предприятия вне города).

Подача воды из городской сети в хозяйственно-питьевой водопровод предприятия осуществляется по двум или нескольким вводам из различных магистральных линий городской водопроводной сети. Существуют следующие схемы подключения внутриплощадочных сетей х/п водоснабжения предприятия к внеплощадочным (городским) водопроводам (рис. 2).



водная сеть; 4 - регулирующая емкость.

Рисунок 2 - Схемы подключения внутриплощадочной водопроводной сети к городскому водопроводу:

а – через насосы – повысители напора; б – то же, и регулирующую емкость; в – без дополнительных устройств

1 – магистраль городской водопроводной сети; 2 – насосная станция; 3 - внутриплощадочная водопроводная сеть; 4 - регулирующая емкость.

Выбор схемы подключения осуществляется на основании выполнения гидравлического расчета внутриплощадочной сети с учетом гарантийного напора (избыточного давления) в городском водопроводе в точке подключения п/п.

Если требуемое избыточное давление водопроводной сети предприятия превышает избыточное давление водопроводной сети города, то строят повысительные насосные станции, а иногда устанавливают регулирующие емкости, позволяющие забирать равномерно воду из городского водопровода в течение суток.

2.5.2. Трассировка и гидравлический расчет хозяйственно-питьевого водопровода на два расчетных случая.

На территории промпредприятия для удовлетворения хозяйственно-питьевых нужд работающих проектируется система хозяйственно-питьевого водоснабжения. Качество воды должно удовлетворять требованиям СанПиН 10-124 РБ 99 “Вода питьевая”. На эту систему также возлагаются и противопожарные функции. Внутриплощадочная сеть хозяйственно-питьевого водоснабжения для повышения ее надежности устраивается кольцевой.

Трассировка хозяйственно-питьевого водопровода. Размещение инженерных сетей.

Первым этапом гидравлического расчета сети является ее трассировка. Трассирование водопроводной сети, в процессе которого ей придают определенное геометрическое начертание в плане, зависит от рельефа местности, планировки снабжаемого водой объекта, размещения потребителей воды, расположения дорог, размеров цехов, наличия естественных и искусственных препятствий (рек, каналов, железнодорожных путей), а также от расположения регулирующих емкостей (водонапорного бака и запасного резервуара).

Наружная водопроводная сеть состоит из магистральных и распределительных линий. Магистральные линии питают распределительную сеть. Трассу магистралей выбирают так, чтобы вода потребителям подавалась кратчайшим путем.

Магистральные трубопроводы являются наиболее ответственными участками наружной водопроводной сети и поэтому подлежат расчету. Распределительные линии, как правило, не рассчитываются, но на небольших предприятиях, где водопроводная сеть мало разветвлена, в расчет принимаются все линии.

При трассировании водопроводной сети необходимо руководствоваться следующими принципами:

- главные магистральные линии надо направлять по кратчайшему расстоянию к наиболее крупным водопотребителям;
- водопроводные линии должны быть расположены равномерно по всей территории объекта водоснабжения;
- водопроводные линии следует располагать по проездам или обочинам дорог, параллельно линиям застройки, по возможности вне асфальтовых и бетонных покрытий;
- автомобильные дороги трубопроводы должны пересекать под прямым углом.

Размещение сетей водоснабжения и канализации на территории промышленного предприятия принимаются согласно СНиП II-89-80 «Генеральные планы промыш-

ленных предприятий» [2], отдельные главы которого приведены в приложении Б, а также представлены ниже.

Размещение инженерных сетей.

1. Для предприятий следует проектировать единую систему инженерных сетей, размещаемых в технических полосах, обеспечивающих занятие наименьших участков территории и увязку со зданиями и сооружениями.

2. Выбор способа размещения сетей (наземный, надземный или подземный) должен предусматриваться в соответствии с результатами технико-экономических расчетов.

3. Для сетей различного назначения следует, как правило, предусматривать совместное размещение в общих траншеях, тоннелях, каналах, на низких опорах, шпалах или эстакадах с соблюдением соответствующих санитарных и противопожарных норм и правил безопасности эксплуатации сетей.

Подземные сети.

1. Подземные сети надлежит прокладывать вне проезжей части автомобильных дорог.

2. Расстояния по горизонтали (в свету) от подземных коммуникаций до зданий и сооружений следует принимать не менее указанных:

от водопровода и напорной канализации до: фундаментов зданий и сооружений – 5 м, фундаментов ограждения, опор, галерей, эстакад трубопроводов - 3 м, автодорог – 2 м;

от самотечной канализации и водостоков до: фундаментов зданий и сооружений – 3 м, фундаментов ограждения, опор, галерей, эстакад трубопроводов - 1,5 м, автодорог – 1,5 м.

3. Расстояния по горизонтали (в свету) между инженерными подземными сетями при их параллельном размещении следует принимать не менее указанных:

между водопроводом и водопроводом – 1,5 м, между канализацией и канализацией – 0,4 м;

расстояния от канализации до хоз.-питьевого водопровода должны приниматься: до водопровода из железобетонных и асбестоцементных труб, прокладываемых в глинистых грунтах – не менее 5 м, в крупнообломочных и песчаных грунтах – не менее 10 м; до водопровода из чугунных труб диаметром до 200 мм – не менее 1,5 м, диаметром более 200 мм – не менее 3 м; до водопровода из пластмассовых труб – не менее 1,5 м;

расстояние между сетями канализации и производственного водопровода независимо от материала труб, а также от номенклатуры и характеристики грунтов должно быть не менее 1,5 м.

4. При пересечении инженерных сетей расстояния по вертикали (в свету) должны быть не менее:

между трубопроводами и автомобильными дорогами, считая от верха покрытия проезжей части до верха трубы (или ее футляра) при открытом способе производства работ - 1 м, при закрытом способе - 1,5 м;

между трубопроводами различного назначения (за исключением канализационных, пересекающих водопроводные и трубопроводов для ядовитых и дурно пахнущих жидкостей) – 0,2 м:

трубопроводы, транспортирующие воду питьевого качества, следует размещать выше канализационных или трубопроводов, транспортирующих ядовитые и дурно пахнущие жидкости, на 0,4 м; допускается размещать стальные, заключенные в футляры трубопроводы, транспортирующие воду питьевого качества, ниже канализационных, при этом расстояние от стенок канализационных труб до обреза футляра должно быть не менее 5 м в каждую сторону в глинистых грунтах и 10 м - в крупнообломочных и песчаных грунтах, а канализационные трубопроводы следует предусматривать из чугунных труб.

Размещение зданий и сооружений.

Расстояния между охладителями воды, зданиями и сооружениями следует принимать не менее указанных:

от вентиляторных секционных градирен наземных до: вентиляторных секционных градирен наземных – 9 – 24 м (в зависимости от площади секции), зданий – 21 м, края проезжей части автодорог общего пользования – 39 м.

от вентиляторных секционных градирен на покрытиях зданий до: вентиляторных секционных градирен на покрытиях зданий – 12 м, зданий – 9 м, края проезжей части автодорог общего пользования – 9 м.

Минимальное расстояние от градирен производительностью до 100 м³/ч: до зданий и сооружений – 15 м, до края проезжей части автодорог общего пользования – 6 м.

Расстояние от открытых отстойников до зданий и сооружений следует принимать как для вентиляторных секционных наземных градирен.

Пример трассировки сетей хозяйственно-питьевого водопровода приведен на генплане промпредприятия (приложение Д).

Гидравлический расчет хозяйственно-питьевого водопровода на два расчетных случая.

Расчет сети хозяйственно-питьевого водоснабжения необходимо произвести на случай максимального водопотребления из сети и случай тушения расчетного количества пожаров в час максимального водопотребления из сети. Гидравлический расчет сводится к определению расчетных расходов на участках сети, подбору экономически выгодных диаметров, подбору материала труб, расчета потерь напора на участках, определению объемов запасно-регулирующего резервуара и подбору насосного оборудования для обеспечения подачи необходимого количества воды под требуемым напором.

Гидравлический расчет хозяйственно-питьевой водопроводной сети производится на максимальный часовой расход $Q_{\text{макс}}$, л/с. Максимальные секундные расходы (хозяйственно-питьевые) каждого потребителя принимаются пропорционально расчетным расходам (хозяйственно-питьевым) на балансовой схеме: цех №1 - q_1 , л/с,

цех №2 - q_2 , л/с, АБК - q_3 , л/с, котельная – q_4 , л/с мастерские – q_5 , л/с,. Далее схематично вычерчивается хозяйственно-питьевая сеть, на которой показываются места отбора воды потребителями и водопитатель (рис. 3).

Гидравлический расчет ведем в следующей последовательности:

Расчет сети на случай максимального водопотребления.

1. Разбивается сеть на расчетные участки, и намечаются узловые точки (рис. 3).
2. Определяются величины отборов воды из узлов при заданных условиях работы сети по формуле:

$$q_{\text{узн.}} = \frac{1}{2} \cdot \sum q + q_{\text{соср.}}, \text{ л/с} \quad (5.1)$$

где $\sum q$ – сумма отборов воды из участков, примыкающих к узлу, л/с;

$q_{\text{соср.}}$ – собственный сосредоточенный расход, л/с.

Проверяем условие $Q_{\text{макс}} = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 = q_{\text{уз}}^1 + q_{\text{уз}}^2 + q_{\text{уз}}^3 + q_{\text{уз}}^4$ (5.2)

3. Назначается диктующую точку (точка схода потоков) (рис.3)
4. Намечается предварительное потокораспределение по линиям кольцевой сети. Расчетные расходы на участке сети определяются из условия выполнения баланса в узле (1-ый закон Кирхгофа). Алгебраическая сумма расходов, приходящих и уходящих из узла, должна быть равна нулю. При этом расходы, приходящие к узлу, условно считаются положительными, а уходящие от узла, включая отбор, - отрицательными.

5. Подбирается материал водопроводных труб. Для напорных водоводов и сетей, как правило следует применять неметаллические трубы (пластмассовые, железобетонные напорные и др.) [3].

6. По расчетным расходам определяются экономически выгодные диаметры на расчетных участках сети с использованием таблиц Шевелева [4]. Диаметр труб водопровода, объединенного с противопожарным, на промышленных предприятиях должен быть не менее 100 мм [3].

7. Рассчитывают потери напора h_l и давления p_l по длине на каждом участке по формуле

$$h_l = \frac{1000i}{1000} \cdot l, \text{ м}; \quad (5.3)$$

$$p_l = h_l \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6}, \text{ МПа}; \quad (5.3.1)$$

Знаки потерь напора расставляют в зависимости от выбранного направления обхода кольца. Если движение воды на участке совпадает с направлением обхода, то потеря напора берется со знаком «+», если не совпадает – со знаком «-».

Допустимые максимальные значения скорости и потерей напора (давления) по расчетному участку зависят от диаметра трубы [4] и лежат в интервале: $V = 0,9-1,2$ м/с; $h =$ до 6 м/км ($p =$ до 0,06 МПа/км).

8. Исходные данные и результаты гидравлического расчета сводятся в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 - Исходные данные и результаты гидравлического расчета сети хозяйственно-питьевого водоснабжения (случай максимального водопотребления).

№ участка	Предварительное потокораспределение							I исправление				
	Длина участка, l , м	Расход, q , л/с	Диаметр, d , мм	Скорость, v , м/с	Уклон, $1000i$	Потери напора, h , м	Потери давления, p , МПа	Sq	Δq	q' , л/с	$1000i$	h , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

9. Выполняется гидравлическая увязка кольцевой водопроводной сети, в ходе которой осуществляется поиск истинного потокораспределения по участкам водопроводной сети, при котором достигаются условия выполнения второго закона Кирхгофа: алгебраическая сумма потерь напора (давления) в кольце равна нулю, т.е. $\sum h = 0$ ($\sum p = 0$). Для ручной увязки это соотношение допускается принимать $\sum h \leq \pm 0,5 \text{ м}$ ($\sum p \leq 0,005 \text{ МПа}$).

Невязка определяется как алгебраическая сумма потерь напора (давления) в кольце:

$$\sum h = \pm \Delta h \quad (5.4)$$

Если невязка Δh превышает допустимую, то сеть увязывают, последовательно перераспределяя расходы воды, вводя при каждом исправлении поправочный расход Δq , который определяется отдельно для каждого кольца по формуле:

$$\Delta q = \frac{\pm \Delta h}{2 \sum Sq}, \text{ л/с, где } Sq = \frac{h}{q} \quad (5.5)$$

Знак поправочного расхода означает, какие участки перегружены (если «-» Δq , то перегружены участки, на которых вода движется против часов стрелки, если «+» Δq , то перегружены участки, на которых вода движется по часовой стрелке). Поэтому необходимо с перегруженных участков снять расход воды в объеме Δq и прибавить к недогруженным участкам в объеме Δq .

Исправленные расходы определяют по формуле:

$$q' = q + \Delta q', \text{ л/с (первое исправление)} \quad (5.6)$$

$$q'' = q' + \Delta q'', \text{ л/с (второе исправление и т.д.)} \quad (5.7)$$

Расчет сети на случай тушения расчетного количества пожаров в час максимального водопотребления из сети.

1. Количество одновременных пожаров на предприятии и расход воды на тушение наружного пожара ($q_{\text{пож}}$, л/с) принимается согласно задания на курсовое проектирование

2. Возникновение пожара назначаем в диктующей точке. Расход $q_{\text{пож}}$ на тушение пожара прибавляется к расходу насосной станции и узловому расходу в диктующей точке. Производится предварительное потокораспределение, и определяются расчетные расходы (рис. 4). По расчетным расходам определяются экономически выгодные диаметры на расчетных участках сети с использованием таблиц Шевелева [4].

При расчете сети на случай тушения расчетного количества пожаров в час максимального водопотребления допустимые максимальные значения скорости и потерь напора (давления) зависят от диаметра трубы [4] и с учетом первого расчетного случая лежат в интервале: $V =$ до 1,5-2,5 м/с; $h =$ до 10-15 м/км ($p =$ до 0,1-0,15 МПа/км). В случае невыполнения данных условий полученные диаметры могут отличаться от принятых диаметров для случая максимального водопотребления.

3. Рассчитывают потери напора (давления) по длине на каждом участке. Определяется алгебраическая сумма потерь напора (давления) в кольце, которая должна быть $\sum h \leq \pm 0,5 \text{ м}$ ($\leq 0,005 \text{ МПа}$). При невыполнении данного условия необходимо произвести перераспределение расходов воды по вышеизложенной методике.

4. Исходные данные и результаты гидравлического расчета сводятся в таблицу (по предложенной ранее форме).

5. Если на каких-то участках сети при расчете на случай тушения пожара произошло изменение диаметров по сравнению с расчетным случаем максимального водопотребления, то необходимо выполнить новый гидравлический расчет сети на случай максимального водопотребления с учетом изменившихся диаметров. Расчет выполняется по выше изложенной методике. Окончательные результаты расчета сети на случай максимального водопотребления сводятся в таблицу.

Расчет напорного водовода от насосной станции до узла 1.

Расчет данного участка производится также на два случая:

- а) максимального водопотребления с расходом $Q_{\text{макс}}$, л/с;
- б) тушения расчетного количества пожаров в час максимального водопотребления из сети с расходом $(Q_{\text{макс}} + q_{\text{пож}})$, л/с.

На данном участке принимаются неметаллические трубы (пластмассовые, железобетонные напорные и др.) [3]. По расчетным расходам определяются экономически выгодные диаметры на данном участке сети с использованием таблиц Шевелева [4]. Рассчитывают потери напора (давления). Потери напора не должны превышать 6 м на 1 км длины участка. Потери давления не должны превышать 0,06 МПа на 1 км длины участка.

Расчет напорных водоводов производится в табличной форме (таблица 5.2).

Таблица 5.2 - Гидравлический расчет напорного водовода.

№ участка	Длина участка, l , м	Расход, q , л/с	Диаметр, d , мм	Скорость, v , м/с	Уклон, $1000i$	Потери напора, h , м	Потери давления, p , МПа
1	2	3	4	5	6	7	8
Максимальное водопотребление							
н.с.-1							
Тушение пожара в час максимального водопотребления							
н.с.-1							
Максимальное водопотребление (перерасчет)							
н.с.-1							

Гидравлический расчет хозяйственно-питьевого водопровода на два расчетных случая для данного примера.

Гидравлический расчет хозяйственно-питьевой водопроводной сети производится на максимальный часовой расход $47,9 \text{ м}^3/\text{ч} = 13,3 \text{ л/с}$. Максимальные секундные расходы (хозяйственно-питьевые) каждого потребителя принимаются пропорционально расчетным расходам (хозяйственно-питьевым) на балансовой схеме. Окончательно, цех №1 $q_1=2,66 \text{ л/с}$, цех №2 $q_2=2,66 \text{ л/с}$, АБК $q_3=2,66 \text{ л/с}$, котельная $q_4=2,66 \text{ л/с}$, мастерская $q_5=2,66 \text{ л/с}$. Далее схематично вычерчивается хозяйственно-питьевая сеть, на которой показываются места отбора воды потребителями и водопитатель (рисунок 3).

Расчет сети на случай максимального водопотребления.

1. Разбивается сеть на расчетные участки, и намечаются узловые точки (рисунок 3).

2. Определяются величины отборов воды из узлов при заданных условиях работы сети по формуле (5.1):

$$q_{\text{узел}}^1 = \frac{q_3 + q_4 + q_1}{2} = \frac{2,66 + 2,66 + 2,66}{2} = 3,99 \text{ л/с};$$

$$q_{\text{узел}}^2 = \frac{q_4 + q_1 + q_2}{2} = \frac{2,66 + 2,66 + 2,66}{2} = 3,99 \text{ л/с};$$

$$q_{\text{узел}}^3 = \frac{q_5 + q_2}{2} = \frac{2,66 + 2,66}{2} = 2,66 \text{ л/с};$$

$$q_{\text{узел}}^4 = \frac{q_5 + q_3}{2} = \frac{2,66 + 2,66}{2} = 2,66 \text{ л/с}.$$

Проверяем условие по формуле (5.2):

$$13,3 = 2,66 + 2,66 + 2,66 + 2,66 + 2,66 = 3,99 + 3,99 + 2,66 + 2,66$$

$$13,3 = 13,3 = 13,3 \text{ – условие выполняется.}$$

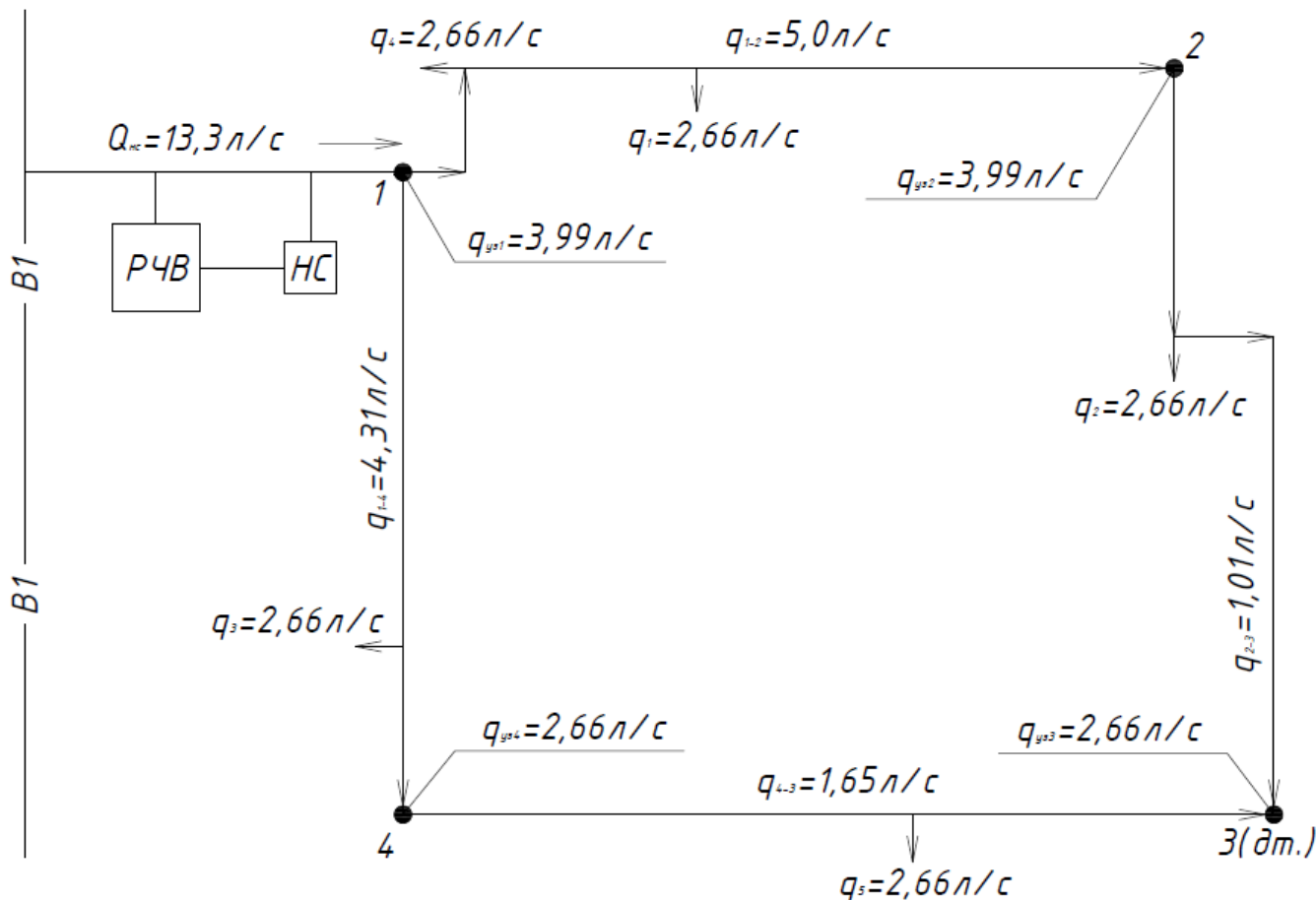


Рисунок 3 - Схема кольцевой сети хозяйственно-питьевого водопровода для расчета узловых расходов.

3. Назначается диктующую точку (точка схода потоков) – точка 3 (рисунок 3).

4. Намечается предварительное потокораспределение по линиям кольцевой сети. Расчетные расходы на участке сети определяются из условия выполнения баланса в узле (1-ый закон Кирхгофа). Результаты расчета на рисунке 3.

5. Подбирается материал водопроводных труб. Для сетей в пределах промышленного предприятия принимаются пластмассовые напорные трубы.

6. По расчетным расходам определяются экономически выгодные диаметры на расчетных участках сети с использованием таблиц Шевелева [3]. Диаметр труб водопровода, объединенного с противопожарным, на промышленных предприятиях должен быть не менее 100 мм.

7. Рассчитывают потери напора по длине на каждом участке по формуле (4.3). Знаки потерь напора расставляют в зависимости от выбранного направления обхода кольца. Если движение воды на участке совпадает с направлением обхода, то потери напора (давления) берутся со знаком «-», если не совпадает – со знаком «+».

Результаты гидравлического расчета приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Результаты гидравлического расчёта на случай максимального водопотребления.

№№ участка	Предварительное потокораспределение						
	Длина, м	Расход, л/с	Диаметр, мм	Скорость, м/с	1000i	Потери	Потери

						напора, м	давления, МПа
1-2	101	5,0	110	0,582	4,174	-0,422	-0,0042
2-3	98	1,01	110	0,118	0,244	-0,024	-0,0002
1-4	74	4,31	110	0,502	3,207	+0,237	+0,0024
4-3	101	1,65	110	0,192	0,584	+0,059	+0,0006

$$\Sigma = -0,15 \leq \pm 0,5 \text{ м}$$

Расчет сети на случай тушения расчетного количества пожаров в час максимального водопотребления из сети.

1. Принимается расход воды на тушение наружного пожара на предприятии по заданию $q_{\text{пож}} = 10 \text{ л/с}$.

2. Возникновение пожара назначаем в диктующей точке. Расход $q_{\text{пож}}$ на тушение пожара прибавляется к расходу насосной станции и узловому расходу в диктующей точке. Производится предварительное потокораспределение, и определяются расчетные расходы (рисунок 4). По расчетным расходам определяются экономически выгодные диаметры на расчетных участках сети с использованием таблиц Шевелева [4]. Полученные диаметры могут отличаться от принятых диаметров для случая максимального водопотребления.

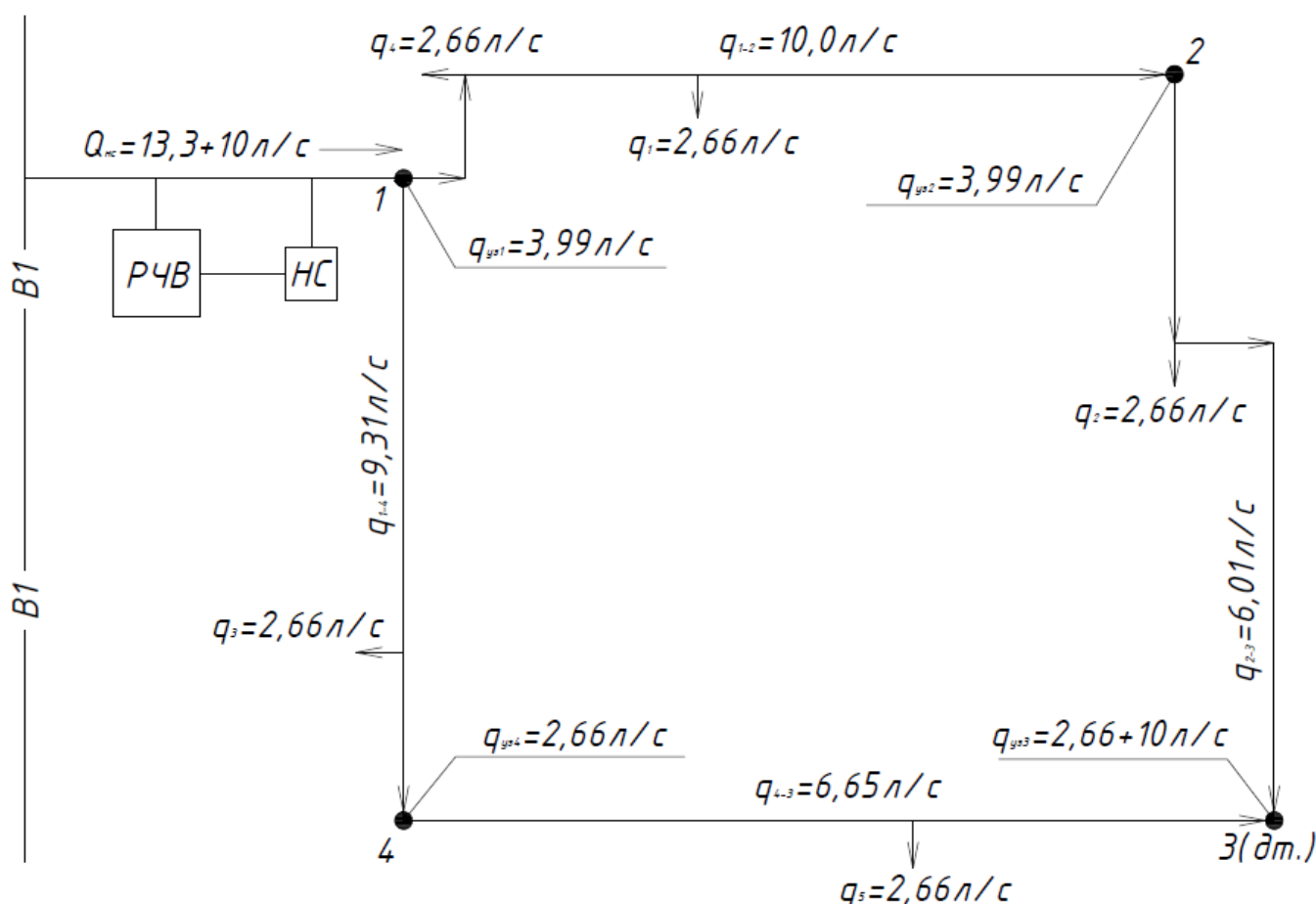


Рисунок 4 - Схема предварительного потокораспределения для случая тушения расчетного количества пожаров в час максимального водопотребления из сети.

3. Осуществляем гидравлическую увязку сети при новых значениях линейных расходов. Рассчитывают потери напора (давления) по длине на каждом участке. Опре-

деляется алгебраическая сумма потерь напора (давления) в кольце.

Результаты гидравлического расчета приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4. - Результаты гидравлического расчёта на случай максимального водопотребления с учётом пожара.

№№ участка	Предварительное потокораспределение						
	Длина, м	Расход, л/с	Диаметр, мм	Скорость, м/с	1000i	Потери напора, м	Потери давления, МПа
1-2	101	10,0	110	1,164	14,274	-1,442	-0,0144
2-3	98	6,01	110	0,699	5,785	-0,567	-0,0057
1-4	74	9,31	110	1,083	12,574	+0,93	+0,0093
4-3	101	6,65	110	0,774	6,922	+0,699	+0,007

$$\Sigma = -0,38 \pm 0,5 \text{ м}$$

Так как невязка Δh , м, (Δp , МПа) не превышает допустимую, то исправление делать не требуется.

Так как на участках не произошло увеличение диаметров, то нет необходимости выполнять новый гидравлический расчет на случай максимального водопотребления.

Расчет напорного водовода от насосной станции до узла 1.

На данном участке принимаются пластмассовые трубы. Расчет напорных водоводов производится в табличной форме, аналогично как для кольцевой сети. Потери напора на участках не должны превышать 6м на 1 км длины участка. Потери давления не должны превышать 0,06 МПа на 1 км длины участка. Данные гидравлического расчета напорного водовода представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 - Гидравлический расчет напорного водовода.

№уч-ка	Длина, м	Расход q, л/с	Диаметр d, мм	Скорость v, м/с	1000i	Потери h, м	Потери p, МПа
Максимальное водопотребление							
Н.С.-1	11	13,3	160	0,733	3,976	0,044	0,0004
Тушение пожара в час максимального водопотребления							
Н.С.-1	11	23,3	160	1,28	10,749	0,118	0,0012

2.5.3. Определение объемов запасно-регулирующих резервуаров

Общая вместимость запасно-регулирующего резервуара $W_{\text{общ}}$ определяется по формуле

$$W_{\text{общ}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{ос}} + W_{\text{нз}} \quad (5.8)$$

где $W_{\text{рег}}$ - регулирующий запас воды, м³, наибольшая регулирующая емкость запасного резервуара составляет 12-24% максимального суточного расхода воды

$$W_{\text{рег}} = \frac{Q_{\text{сут}}^{\text{пит}} \cdot (12 \div 24)}{100} \quad (5.9)$$

W_{oc} - запас воды на нужды очистной станции, m^3 , зависит от методов очистки воды и составляет 2-30% от суточного расхода воды

$$W_{oc} = \frac{Q_{сут}^{пит} \cdot (2 \div 30)}{100}, \quad (5.10)$$

если подача воды осуществляется из городского водопровода, то $W_{oc}=0$;

$W_{нз}$ - неприкосновенный противопожарный запас воды, m^3 , состоит из запаса воды на тушение пожара $W_{пж}$ и запаса воды для хозяйственно-питьевых (производственных) нужд на время тушения пожара $W_{х-п}$

$$W_{нз} = W_{пж} + W_{х-п} \quad (5.11)$$

где $W_{пж}$ - объем неприкосновенного запаса воды в резервуаре, m^3 , определяется из расчета тушения пожара в течение 3 ч

$$W_{пж} = \frac{3600 \cdot 3 \cdot q_{пж}}{1000} \quad (5.12)$$

где $q_{пж}$ – расход воды на тушение расчетного количества пожаров, л/с;

$W_{х-п}$ - неприкосновенный хозяйственно-питьевой запас воды на время тушения пожара в течение трех смежных часов максимального водопотребления, m^3

$$W_{х-п} = q_{ч.макс} + q_{ч.см.} + q_{ч.см.} \quad (5.13)$$

В одном узле должно быть не менее двух резервуаров; при этом распределение запасных и регулирующих объемов воды следует производить пропорционально их числу или объему. Устройство одного резервуара допускается, если отсутствует противопожарный запас воды.

Принимается количество резервуаров, определяется расчетная вместимость одного резервуара и подбирается объем и размеры типового резервуара по приложению В.

Для принятого резервуара необходимо определить площадь резервуара (S , m^2), рабочую высоту слоя воды (H_p , м), а также объем неприкосновенного противопожарного запаса в одном резервуаре ($W_{нз}^1$, m^3) и высоту неприкосновенного запаса в

одном резервуаре $H_{нз}^1 = \frac{W_{нз}^1}{S}$, м.

Определение объемов запасно-регулирующих резервуаров для данного примера.

Неприкосновенный хозяйственно-питьевой запас воды на время тушения пожара в течение трех смежных часов максимального водопотребления определяем по формуле (5.13). Условно принимаем расход воды для смежных часов равному среднему часовому расходу

$$W_{х-п} = 47,9 + 46,5 + 46,5 = 140,9 \text{ м}^3$$

Объем неприкосновенного запаса воды в резервуаре определяем по формуле (5.12).

$$W_{пж} = \frac{3600 \cdot 3 \cdot 10}{1000} = 108 \text{ м}^3$$

Неприкосновенный противопожарный запас воды по формуле (5.11) составит

$$W_{н.з.} = 108 + 140,9 = 248,9 \text{ м}^3$$

Запас воды на нужды очистной станции при подаче воды из городского водопровода

$$W_{oc} = 0$$

Регулирующий запас воды определяем по формуле (5.9), принимая, что регулирующая емкость запасного резервуара составляет 20% максимального суточного расхода воды

$$W_{рег} = \frac{47,9 \cdot 24 \cdot 12}{100} = 137,95 \text{ м}^3$$

Общая вместимость запасно-регулирующего резервуара по формуле (5.8) составит

$$W_{общ} = 137,95 + 248,9 = 387 \text{ м}^3$$

Зная расчетную вместимость резервуара, подбирается типовой проект резервуар по приложению В.

Принимаем 4 резервуара по типовому проекту 4-18-840, объем 100 м³, с размерами $H \times B \times L = 3,5 \times 6 \times 6$ м. При данных размерах площадь одного резервуара составляет $S = 36 \text{ м}^2$, рабочая высота $H_p = 387 / (4 \cdot 36) = 2,7$ м.

Объем неприкосновенного противопожарного запаса в одном резервуаре составляет

$$W_{НЗ}^1 = \frac{W_{НЗ}}{N} = \frac{248,9}{4} = 62,2 \text{ м}^3, \text{ а высота неприкосновенного запаса}$$

$$H_{НЗ}^1 = \frac{W_{НЗ}^1}{S} = \frac{62,2}{36} = 1,7 \text{ м.}$$

2.5.4. Определение параметров насосного оборудования водопроводной насосной станции и подбор насосного оборудования.

При объединенном хозяйственно-питьевом и противопожарном водопроводе давление насосов при максимальном водопотреблении из сети определяется по формуле

$$P_1 = P_{TP(Д.Т.)} + \sum P_C + P_B + P_{Н.С.} + P_{ВС} + (Z_{З(Д.Т.)} - Z_{РЧВ}) \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6}, \text{ МПа} \quad (5.14)$$

где $P_{TP(Д.Т.)}$ – требуемое давление, МПа, определяется по формуле

$$P_{TP(Д.Т.)} = 0,1 + 0,04 \cdot (n - 1) \quad (5.15)$$

где n – этажность застройки;

$\sum P_C$ - суммарные потери давления водопроводной сети от диктующей точки до камеры переключений (узел 1), МПа, принимаются по результатам гидравлического расчета;

P_B – потери давления в водоводах, МПа, принимаются по результатам гидравлического расчета;

$P_{Н.С.}$ – потери давления в коммуникациях насосной станции, МПа, принимаются 0,025-0,03 МПа;

$p_{вс.}$ – потери давления во всасывающих линиях насоса, МПа, принимаются 0,005-0,01 МПа;

$Z_{з(д.т.)}$ – отметка земли диктующей точки, м, принимается по генплану;

$Z_{РЧВ}$ – отметка неприкосновенного уровня воды в запасно-регулирующем резервуаре, м, определяется по формуле

$$Z_{РЧВ} = Z_{з(РЧВ)} + 0,5 - H_p + H_{нз}^1, \text{ м} \quad (5.16)$$

где $Z_{з(РЧВ)}$ – отметка земли РЧВ, м, принимается по генплану;

H_p – рабочая высота запасно-регулирующего резервуара, м;

$H_{нз}^1$ – высота неприкосновенного запаса в одном резервуаре, м.

После определения давления P_1 производится его сравнение с гарантийным избыточным давлением в городской сети. Если $P_{зар} \geq P_1$ ($H_{зар} \geq H_1$) и расход городской сети обеспечивает подачу максимально часового расхода, то обеспечение промпредприятия водой питьевого качества может осуществляться непосредственно из городской сети. В данном случае необходимо предусмотреть установку насосного оборудования для подачи воды в случае аварии на городской сети. Если $P_{зар} < P_1$ ($H_{зар} < H_1$), то обеспечение промпредприятия водой питьевого качества может осуществляться только через насосную станцию. Для этого предусматриваются насосы для подачи хозяйственно-питьевого расхода, при этом насосы должны обеспечивать подачу максимального часового расхода при давлении P_1 .

Подбор насосного оборудования осуществляется по требуемой подаче и рассчитанному давлению с использованием приложения Г.

Давление насосов при максимальном водопотреблении и тушении расчетного количества пожаров определится по формуле

$$P_2 = P_{изб} + \sum p_C + p_B + p_{н.с.} + p_{вс.} + (Z_{з(д.т.)} - Z_{дн.РЧВ}) \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6}, \text{ МПа} \quad (5.17)$$

где $P_{изб}$ – избыточное давление (на уровне поверхности земли), МПа, для водопровода низкого давления 0,1 МПа;

$\sum p_C$ – суммарные потери давления в водопроводной сети от диктующей точки до камеры переключений (узел 1), МПа, принимаются по результатам гидравлического расчета для случая тушения пожара;

p_B – потери давления в водоводах, МПа, принимаются по результатам гидравлического расчета для случая тушения пожара;

$p_{н.с.}$ – потери давления в коммуникациях насосной станции, МПа, принимаются 0,025-0,03 МПа;

$p_{вс.}$ – потери давления во всасывающих линиях насоса, МПа, принимаются 0,005-0,01 МПа;

$Z_{з(д.т.)}$ – отметка земли диктующей точки, м, принимается по генплану;

$Z_{дн.РЧВ}$ – отметка дна в запасно-регулирующем резервуаре, м, определяется по формуле

$$Z_{дн.РЧВ} = Z_{з(РЧВ)} + 0,5 - H_p, \text{ м} \quad (5.18)$$

После определения P_2 производится его сравнение с P_1 . Если при пожаре давление P_2 больше давления P_1 , создаваемого хозяйственно-питьевыми насосами, то на насосной станции устанавливают пожарный насос, рассчитанный на подачу расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды и для тушения пожара при давлении P_2 . Если $P_2 \leq P_1$ ($H_2 \leq H_1$), то на насосной станции предусматривают недостающее число дополнительных насосов, подающих недостающее количество воды (для наружного пожаротушения). В этом случае все насосы включены параллельно и работают с давлением P_1 .

Подбор насосного оборудования осуществляется по требуемой подаче и рассчитанному давлению с использованием приложения Г.

Определение параметров насосного оборудования водопроводной насосной станции и подбор насосного оборудования для данного примера

При объединенном хозяйственно-питьевом и противопожарном водопроводе давление насосов при максимальном водопотреблении из сети определяется по формуле (5.14):

$$P_1 = P_{TP(д.т.)} + \sum p_C + p_B + p_{н.с.} + p_{вс} + (Z_{з(д.т.)} - Z_{рчв}) \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6}$$

В данной формуле

$P_{TP(д.т.)}$ – определяется по формуле (5.15) при этажности застройки $n=2$ (по заданию)

$$P_{TP(д.т.)} = 0,1 + 0,04 \cdot (2 - 1) = 0,14 \text{ МПа}$$

$\sum p_C$ – суммарные потери давления в водопроводной сети от диктующей точки до камеры переключений (узел 1), МПа, составляют $(0,0042 + 0,0002) = 0,0044$ МПа (таблица 5.3);

p_B – потери давления в водоводах, МПа, составляют 0,0004 МПа (таблица 5.5);

$p_{н.с.}$ – потери давления в коммуникациях насосной станции, МПа, принимаем 0,025 МПа;

$p_{вс.}$ – потери давления во всасывающих линиях насоса, МПа, принимаем 0,005 МПа;

$Z_{з(д.т.)}$ – отметка земли диктующей точки, м, по генплану $Z_{з(д.т.)} = 93,0$ м;

$Z_{рчв}$ – отметка неприкосновенного уровня воды в запасно-регулирующем резервуаре, м, определяется по формуле (5.16):

$$Z_{рчв} = 94 + 0,5 - 2,7 + 1,7 = 93,5 \text{ м}$$

где $Z_{з(рчв)}$ – отметка земли РЧВ, м, по генплану $Z_{з(рчв)} = 94$ м;

H_p – рабочая высота запасно-регулирующего резервуара, м, по п.4.3. $H_p = 2,7$ м;

$H_{нз}^1$ – высота неприкосновенного запаса в одном резервуаре, м, по п.4.3. $H_{нз}^1 = 1,7$ м.

Окончательно

$$P_1 = 0,14 + 0,0044 + 0,0004 + 0,025 + 0,005 + (94 - 93,5) \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} = 0,18 \text{ МПа}$$

После определения давления P_1 производится его сравнение с гарантийным избыточным давлением в городской сети. В данном случае $P_{гар} < P_1$ ($0,17 \text{ МПа} < 0,18 \text{ МПа}$), и обеспечение промпредприятия водой питьевого качества может осуществляться только через насосную станцию. Для этого предусматриваем насосы для подачи

хозяйственно-питьевого расхода, при этом насосы должны обеспечивать подачу максимального часового расхода при давлении P_1 . Предусматриваем установку насосов с общей подачей 47,9 м³/час и давлением 0,18 МПа (напором 18 м). По приложению Г принимаем к установке насосы марки К 65-50-125 с подачей 24 м³/час и давлением 0,18 МПа (напором 18 м) (2 рабочих насоса, 1 резервный).

Давление насосов при максимальном водопотреблении и тушении расчетного количества пожаров определяется по формуле (5.17):

$$P_2 = P_{ИЗБ} + \sum p_C + p_B + p_{Н.С.} + p_{ВС} + (Z_{З(Д.Т.)} - Z_{ДН.РЧВ}) \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6}$$

В данной формуле:

$P_{ИЗБ}$ – избыточное давление (на уровне поверхности земли), МПа, составляет 0,1 МПа;

$\sum p_C$ – суммарные потери давления в водопроводной сети от диктующей точки до камеры переключений (узел 1), МПа, составляют (0,0144+0,0057)= 0,0201 МПа (таблица 5.4);

p_B – потери давления в водоводах, МПа, составляют 0,0012 МПа (таблица 5.5);

$p_{Н.С.}$ – потери давления в коммуникациях насосной станции, МПа, принимаем 0,025 МПа;

$p_{ВС.}$ – потери давления во всасывающих линиях насоса, МПа, принимаем 0,005 МПа;

$Z_{З(Д.Т.)}$ – отметка земли диктующей точки, м, по генплану $Z_{З(Д.Т.)} = 93,0$ м;

$Z_{ДН.РЧВ}$ – отметка дна в запасно-регулирующем резервуаре, м, определяется по формуле (5.18)

$$Z_{ДН.РЧВ} = 94 + 0,5 - 2,7 = 91,8 \text{ м}$$

Окончательно

$$P_2 = 0,1 + 0,0201 + 0,0012 + 0,025 + 0,005 + (93 - 91,8) \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} = 0,16 \text{ МПа}$$

После определения P_2 производим его сравнение с P_1 . В данном случае $P_2=0,16$ МПа < $P_1=0,18$ МПа. На насосной станции предусматриваем недостающее число дополнительных насосов, подающих недостающее количество воды (для наружного пожаротушения). В этом случае все насосы включены параллельно и работают с давлением P_1 . Таким образом, необходимо предусмотреть установку насосов с подачей 36 м³/час и давлением 0,18 МПа (напором 18 м). По приложению Г принимаем к установке насосы марки К20/18 с подачей 20 м³/час и напором 18 м (2 рабочих, 1 резервный).

2.6 Проектирование системы производственного водоснабжения предприятия

[#Практический_раздел](#)

2.6.1. Трассировка и гидравлический расчет сети производственного водоснабжения (по прямоточной и оборотной схемах).

На территории промпредприятия для производственных целей проектируется система производственного водоснабжения. Согласно исходных данных производственная вода требуется для следующих целей:

- для технологических процессов (прямоточная система водоснабжения) – вода техническая;
- для охлаждения оборудования (оборотная система водоснабжения) – вода теплоноситель.

Качество воды, требуемое потребителями по двум потокам, различно. Источником воды для производственного водоснабжения является вода из поверхностного источника (реки). Для достижения качества воды требованиям потребителя, хранения запаса воды и подачи её потребителю на площадке промышленного предприятия предусматривается следующий комплекс сооружений: станция водоподготовки, резервуары технической воды, насосная станция производственного водоснабжения и внутриплощадочные сети производственного водоснабжения.

Внутриплощадочные сети производственного водоснабжения устраиваются тупиковыми. Трассирование этих сетей и размещение их на площадке промпредприятия производится аналогично хозяйственно-питьевым сетям (п. 5.2.1).

Пример трассировки сетей производственного водоснабжения приведен на генплане промпредприятия (приложение Д).

Гидравлический расчет сводится к определению расчетных расходов на участках сети, подбору экономически выгодных диаметров, подбору материала труб, расчета потерь давления на участках, определению объемов запасно-регулирующих резервуаров и подбору насосного оборудования для обеспечения подачи необходимого количества воды под требуемым давлением.

Последовательность гидравлического расчета.

1. Схематично вычерчиваются производственные сети водоснабжения, показываются места отбора воды потребителями и водопитатель (рис. 5).
2. Принимаются расчетные расходы производственной воды по потокам, согласно балансовой схеме: $Q_{техн}$, л/с, $Q_{тепл}$, л/с.
3. Подбирается материал водопроводных труб. Для сетей в пределах промышленного предприятия принимаются пластмассовые напорные трубы.
4. По расчетным расходам определяются экономически выгодные диаметры на расчетных участках сети с использованием таблиц Шевелева [4].
5. Рассчитывают потери напора (давления) по длине на каждом участке по формулам (5.3, 5.3.1).
6. Исходные данные и результаты гидравлического расчета сводятся в таблицу по форме таблицы 5.1.

Последовательность гидравлического расчета сети производственного водоснабжения для данного примера.

1. Расчетные схемы сетей В3, В4, В5, В6, В4.1 представлены на рисунке 5.
2. Согласно балансовой схеме:

- расход воды для технических целей $Q_{B3} = 26 \text{ м}^3/\text{ч} = 7,22 \text{ л/с}$ (подается в цех№1);
- расход воды теплоноситель $Q_{B4} = 27 \text{ м}^3/\text{ч} = 7,5 \text{ л/с}$ (подается в цех№2);
- расход воды нагретой обратной на охлаждение $Q_{B6} = 27 \text{ м}^3/\text{ч} = 7,5 \text{ л/с}$ (подается в резервуар нагретой воды и далее – на градирню);
- расход воды охлажденной обратной $Q_{B5,1} = 22,41 \text{ м}^3/\text{ч} = 6,225 \text{ л/с}$ (подается в резервуар охлажденной воды);
- расход воды охлажденной обратной $Q_{B5} = 27 \text{ м}^3/\text{ч} = 7,5 \text{ л/с}$ (подается на НС оборотного водоснабжения и далее – в цех№2);
- расход воды подпиточной $Q_{B4.1} = 4,59 \text{ м}^3/\text{ч} = 1,275 \text{ л/с}$ (подается в резервуар охлажденной воды или в резервуар под градирней).

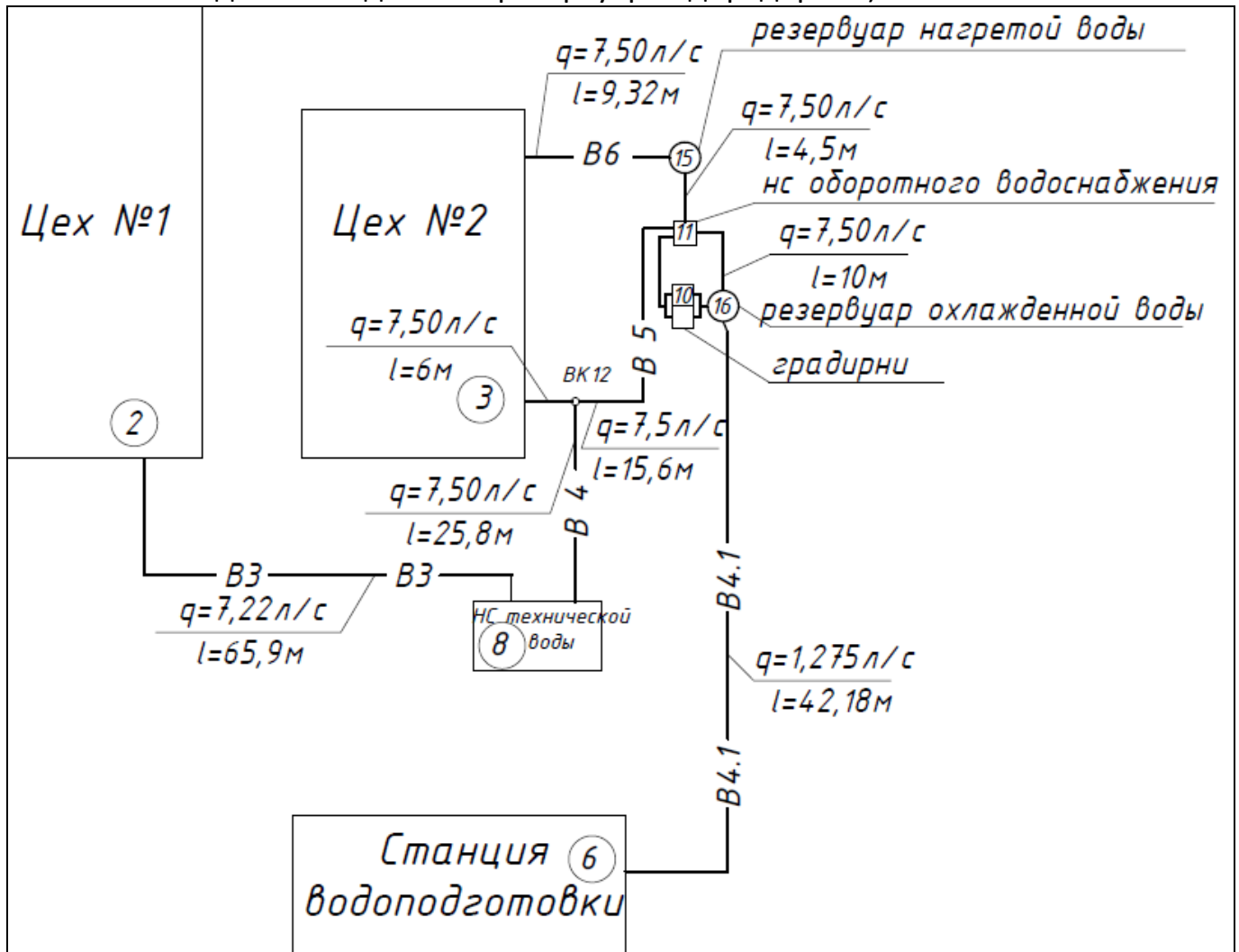


Рисунок 5 - Расчётная схема сетей В3, В4, В5, В6, В4.1.

3. Принимаются пластмассовые напорные водопроводные трубы.
4. По расчетным расходам определяются экономически выгодные диаметры, скорости на расчетных участках сети, с использованием таблиц Шевелева [4].
5. Рассчитывают потери напора (давления) по длине на каждом участке по формулам (5.3, 5.3.1).

Данные гидравлического расчета сетей производственного водоснабжения представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 - Результаты гидравлического расчета сетей производственного водоснабжения.

Номер участка	Длина, м	Расход q, л/с	Диаметр d, мм	Скорость v, м/с	1000i	Потери h, м	Потери p, МПа
Сеть В3							
П.8 - П.2	65,9	7,222	110	0,84	8,008	0,528	0,0053
Сеть В4							
П.8 – ВК 12	25,8	7,500	110	0,873	8,569	0,221	0,0022
ВК 12 – П.3	6	7,500	110	0,873	8,569	0,051	0,0005
Сеть В5							
П.16 - П 11	10	7,500	110	0,873	8,569	0,09	0,0009
П.11 - ВК 12	15,6	7,500	110	0,873	8,569	0,134	0,0013
Сеть В6							
П.3 – П.15	9,32	7,500	110	0,873	8,569	0,08	0,0008
П.15 – П.11	4,5	7,500	110	0,873	8,569	0,04	0,0004
П.11 – П.10	10	7,500	110	0,873	8,569	0,09	0,0009
Сеть В4.1							
П.6 – П.16	42,18	1,275	75	0,322	2,35	0,099	0,001

2.6.2 Определение объёмов запасно-регулирующих резервуаров, резервуаров нагретой и охлажденной воды.

Общая вместимость запасно-регулирующих резервуаров включает только регулирующий запас воды и запас воды на нужды очистной станции.

Объём резервуара для хранения воды теплоноситель определяем по формуле (6.1):

$$W_{\text{тепл}} = \frac{Q_{\text{сут}}^{\text{тепл}} \cdot (12 \div 24)}{100}, \text{ м}^3, \quad (6.1)$$

где $Q_{\text{сут}}^{\text{тепл}}$ - суточный расход воды теплоноситель, м³/сут.

Принимается количество резервуаров (минимальное количество – 1 резервуар), определяется расчетная вместимость одного резервуара и подбирается объем и размеры типового резервуара по приложению В.

Общая вместимость запасно-регулирующего резервуара, предназначенного для хранения воды теплоноситель и воды на технологические нужды $W_{\text{общ}}$ определяем по формуле (6.2):

$$W_{\text{общ}} = W_{\text{рег}}^{\text{техн}} + W_{\text{ОС}}^{\text{общ}} = \frac{Q_{\text{сут}}^{\text{техн}} \cdot (12 \div 24)}{100} + \frac{Q_{\text{сут}}^{\text{тепл}} \cdot k_1}{100} + \frac{Q_{\text{сут}}^{\text{техн}} \cdot k_2}{100}, \text{ м}^3 \quad (6.2)$$

где $Q_{\text{сут}}^{\text{техн}}$ - суточный расход воды на технологические нужды, м³/сут;

k_1 – коэффициент запаса воды на нужды очистной станции, %, при подготовке воды теплоноситель $k_1=30$ %;

k_2 – коэффициент запаса воды на нужды очистной станции, %, при подготовке воды на технологические нужды $k_2=5$ %.

Принимается количество резервуаров (минимальное количество – 1 резервуар), определяется расчетная вместимость одного резервуара и подбирается объем и размеры типового резервуара по приложению В.

Объемы резервуаров для сбора нагретой и охлажденной воды определяются емкостью не менее пятиминутного расхода оборотной воды соответственно по формулам (6.1.1), (6.1.2):

$$W_{НАГР} = \frac{Q_{ЧАС}^{ТЕПЛ} \cdot T}{60}, \text{ м}^3, \quad (6.1.1)$$

$$W_{ОХЛ} = \frac{Q_{ЧАС}^{ТЕПЛ} \cdot T}{60}, \text{ м}^3, \quad (6.1.2)$$

где $Q_{ЧАС}^{ТЕПЛ}$ – часовой расход воды теплоноситель, $\text{м}^3/\text{ч}$;

T – время пребывания воды в резервуаре, мин, принимается $5 \div 30$ мин;

Определение объемов запасно-регулирующих резервуаров для данного примера.

Объем резервуара для хранения воды теплоноситель определяем по формуле (6.1):

$$W_{тепл} = \frac{27 \cdot 24 \cdot 20}{100} = 129,6 \text{ м}^3$$

По приложению В принимаем 1 резервуар по типовому проекту 4-18-841, объем 250 м^3 , с размерами $3,5 \times 12 \times 6$ м, глубина воды в резервуаре $H_p = 3,4$ м.

Общая вместимость запасно-регулирующего резервуара, предназначенного для хранения воды теплоноситель и воды на технологические нужды, $W_{общ}$, определяем по формуле (6.2):

$$W_{общ} = \frac{26 \cdot 24 \cdot 20}{100} + \frac{27 \cdot 24 \cdot 30}{100} + \frac{26 \cdot 24 \cdot 5}{100} = 350,4 \text{ м}^3$$

По приложению В принимаем 1 резервуар по типовому проекту 4-18-842, объем 500 м^3 , с размерами $3,6 \times 12 \times 12$ м, глубина воды в резервуаре $H_p = 3,4$ м.

Объем резервуара для сбора нагретой воды определяем по формуле (6.1.1), принимая время пребывания воды в резервуаре $T = 10$ мин:

$$W_{НАГР} = \frac{27 \cdot 10}{60} = 4,5, \text{ м}^3.$$

Сбор нагретой воды осуществляется в резервуаре из сборного железобетона по типовому проекту 902-09-11.84 «Колодцы водопроводные» диаметром 2000 мм рабочим объемом $5,7 \text{ м}^3$ (при рабочей высоте $H = 1,8$ м). Площадь резервуара $3,14 \text{ м}^2$, глубина воды в резервуаре составит $H_p = 4,5/3,14 = 1,4$ м.

Объем резервуара для сбора охлажденной воды определяем по формуле (6.1.2), принимая время пребывания воды в резервуаре $T = 10$ мин:

$$W_{охл} = \frac{27 \cdot 10}{60} = 4,5, \text{ м}^3.$$

Сбор охлажденной воды осуществляется в резервуаре из сборного железобетона по типовому проекту 902-09-11.84 «Колодцы водопроводные» диаметром 2000 мм рабочим объемом 5,7 м³ (при рабочей высоте $H = 1,8$ м). Площадь резервуара 3,14 м², глубина воды в резервуаре составит $H_p = 4,5/3,14 = 1,4$ м.

2.6.3 Определение параметров насосного оборудования водопроводных насосных станций технической воды, оборотного водоснабжения.

Давление насосов водопроводной насосной станции технической воды (сети производственного водоснабжения) определяется по формуле:

$$P = P_{TP} + \sum p_C + p_{H.C.} + p_{BC} + (Z_3 - Z_{дн.РЧВ}) \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6} \quad (6.3)$$

где P_{TP} – требуемое давление сети производственного водоснабжения, МПа, принимается по заданию;

$\sum p_C$ – суммарные потери давления в водопроводной сети от насосной станции до потребителя, МПа, (таблица 5.1);

$p_{H.C.}$ – потери давления в коммуникациях насосной станции, МПа, принимаются 0,025-0,03 МПа;

p_{BC} – потери давления во всасывающих линиях насоса, МПа, принимаются 0,005-0,01 МПа;

Z_3 – отметка земли здания водопотребителя, м, принимается по генплану;

$Z_{дн.РЧВ}$ – отметка дна в запасно-регулирующем резервуаре, м, определяется по формуле:

$$Z_{дн.РЧВ} = Z_{3(РЧВ)} + 0,5 - H_p \quad (6.4)$$

где $Z_{3(РЧВ)}$ – отметка земли РЧВ, м, принимается по генплану;

H_p – рабочая высота воды в запасно-регулирующем резервуаре, м.

По формуле (6.3) рассчитывается давление насосов для подачи воды на технологические нужды и давление насосов для подачи воды теплоноситель (по прямоточной схеме).

Подбор насосного оборудования осуществляется по требуемой подаче и рассчитанному давлению (напору) с использованием приложения Г.

Определение параметров и подбор насосного оборудования насосной станции технической воды для данного примера.

Давление насосов сети В3:

По формуле (6.4) определим отметку дна в запасно-регулирующем резервуаре

$$Z_{дн.РЧВ} = 93 + 0,5 - 3,4 = 90,1 \text{ м}$$

По формуле (6.3) определим давление насосов сети В3

$$P_{ПП}^{В3} = 0,25 + 0,0053 + 0,025 + 0,005 + (93 - 90,1) \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} = 0,314 \text{ МПа}$$

Давление насосов сети В4:

По формуле (6.4) определим отметку дна в запасно-регулирующем резервуаре

$$Z_{\text{ДН.РЧВ}} = 93 + 0,5 - 3,4 = 90,1 \text{ м}$$

По формуле (6.3) определим давление насосов сети В4

$$P_{\text{ГР}}^{B4} = 0,26 + (0,0022 + 0,0005) + 0,025 + 0,005 + (93 - 90,1) \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} = 0,322$$

МПа.

Подбор насосного оборудования осуществляется по требуемой подаче и рассчитанному напору с использованием приложения Г.

Для сети В3 при давлении 0,314 МПа (напоре 31,4 м) и подаче 26 м³/ч принимаем насос К80-65-160 (1рабочий и 1 резервный).

Для сети В4 при давлении 0,322 МПа (напоре 32,2 м) и подаче 27 м³/ч принимаем насос К80-65-160 (1рабочий и 1 резервный).

Давление насосов водопроводной насосной станции оборотного водоснабжения при подаче воды на охлаждение определяется по формуле:

$$P = P_{\text{ТР}} + \sum p_{\text{С}} + p_{\text{Н.С.}} + p_{\text{ВС}} + (Z_3 - Z_{\text{ДН.РЧВ}}) \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6} \quad (6.3.1)$$

где $P_{\text{ТР}}$ – необходимое (требуемое) избыточное давление перед охлаждающим оборудованием (градирней), МПа, принимается по техническим характеристикам оборудования (градирни) с использованием приложения Д;

$\sum p_{\text{С}}$ – суммарные потери давления в водопроводной сети от насосной станции оборотного водоснабжения до охладителя (градирни), МПа, принимаются по результатам гидравлического расчета (таблица 5.1);

$p_{\text{НС}}$ – потери давления в коммуникациях насосной станции, МПа, принимаются 0,025-0,03 МПа;

$p_{\text{ВС}}$ – потери давления во всасывающих линиях насоса, МПа, принимаются по результатам гидравлического расчета (таблица 5.1);

Z_3 – отметка земли охладителя (градирни), м, принимается по генплану;

$Z_{\text{ДН.РЧВ}}$ – отметка дна в резервуаре нагретой воды, м, определяется по формуле:

$$Z_{\text{ДН.РЧВ}} = Z_{3(\text{РЧВ})} - H \quad (6.4.1)$$

где $Z_{3(\text{РЧВ})}$ – отметка земли резервуара нагретой воды, м, принимается по генплану;

H – рабочая высота резервуара нагретой воды, м.

Давление насосов водопроводной насосной станции оборотного водоснабжения при подаче охлажденной воды в цех определяется по формуле:

$$P = P_{\text{ТР}} + \sum p_{\text{С}} + p_{\text{Н.С.}} + p_{\text{ВС}} + (Z_3 - Z_{\text{ДН.РЧВ}}) \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6} \quad (6.3.2)$$

где $P_{\text{ТР}}$ – необходимое (требуемое) избыточное давление перед оборудованием, установленным в цехе, МПа, принимается по техническим характеристикам оборудования, по заданию – требуемое давление сети производственного водоснабжения В4, МПа;

$\sum p_{\text{С}}$ – суммарные потери давления в водопроводной сети от насосной станции оборотного водоснабжения до водопотребителя (цеха), МПа, принимаются по результатам гидравлического расчета (таблица 5.1);

$p_{\text{НС}}$ – потери давления в коммуникациях насосной станции, МПа, принимаются 0,025-0,03 МПа;

$p_{вс}$ – потери давления во всасывающих линиях насоса, МПа, принимаются по результатам гидравлического расчета (таблица 5.1);

Z_3 – отметка земли здания водопотребителя, м, принимается по генплану;

$Z_{дн.рчв}$ – отметка дна в резервуаре охлажденной воды, м, определяется по формуле:

$$Z_{дн.рчв} = Z_{з(рчв)} - H \quad (6.4.2)$$

где $Z_{з(рчв)}$ – отметка земли резервуара охлажденной воды, м, принимается по генплану;

H – рабочая высота резервуара охлажденной воды, м.

По формулам (6.3.1), (6.3.2) рассчитывается давление насосов насосной станции оборотного водоснабжения.

Подбор насосного оборудования осуществляется по требуемой подаче и рассчитанному давлению (напору) с использованием приложения Г.

Определение параметров и подбор насосного оборудования насосной станции оборотного водоснабжения для данного примера.

Давление насосов водопроводной насосной станции оборотного водоснабжения при подаче воды на охлаждение:

По формуле (6.4.1) определим отметку дна в резервуаре нагретой воды

$$Z_{дн.рчв} = 93 - 1,8 = 91,2 \text{ м}$$

По формуле (6.3.1) определим давление насосов сети В6

$$P_{пп}^{В6} = 0,1 + 0,0009 + 0,025 + 0,0004 + (93 - 91,2) \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} = 0,144 \text{ МПа}$$

Для сети В6 при давлении 0,144 МПа (напоре 14,4 м) и общей подаче 27 м³/ч принимаем 4 насоса К8/18 (1,5 Кб) (3 рабочих и 1 резервный) с напором 15 м и подачей 9 м³/ч каждый.

Давление насосов водопроводной насосной станции оборотного водоснабжения при подаче охлажденной воды в цех:

По формуле (6.4.2) определим отметку дна в резервуаре охлажденной воды

$$Z_{дн.рчв} = 93 - 1,8 = 91,2 \text{ м}$$

По формуле (6.3.2) определим давление насосов сети В5

$$P_{пп}^{В5} = 0,26 + (0,0013 + 0,0005) + 0,025 + 0,0009 + (93 - 91,2) \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} = 0,306 \text{ МПа.}$$

Для сети В5 при давлении 0,306 МПа (напоре 30,6 м) и подаче 27 м³/ч принимаем насос К80-65-160 (1 рабочий и 1 резервный).

2.7 Проектирование станции водоподготовки

[#Практический раздел](#)

Выбор и обоснование методов обработки воды для принятой системы водоснабжения

Источником водоснабжения для обеспечения промышленного предприятия технической водой в соответствии с заданием на проектирование является поверх-

ностный источник. Для выбора метода очистки воды поверхностного источника перед ее подачей потребителю необходимо сравнить качество исходной воды с требованиями потребителей. Сравнение производится в табличной форме (см. таблицу 6.2.)

Таблица 6.2 - Анализ качества воды в источнике водоснабжения.

Наименование показателя	Ед. изм.	Значение показателя в источнике	Качество воды, требуемое по потокам			
			I поток - вода – теплоноситель		II поток - вода на технологические нужды	
			Значение	Метод очистки	Значение	Метод очистки

Анализируя качество воды поверхностного источника, видно, что вода характеризуется повышенной мутностью, высокой цветностью, окисляемостью, жесткостью и щелочностью, а также повышенным солесодержанием. Качество воды, требуемое потребителям, характеризуется невысокой мутностью, цветностью и окисляемостью, также в зависимости от потока ограничивается жесткость, щелочность или солесодержанием воды.

На основании сравнительного анализа качества воды, обработку воды следует проводить в два этапа:

1) предварительная обработка всего объема воды: осветление и обесцвечивание, снижение окисляемости и реагентное умягчение (при необходимости), в результате чего качество обработанной воды будет соответствовать требованиям воды на технологические нужды;

2) глубокая обработка воды-теплоносителя: глубокое умягчение или глубокое обессоливание.

Выбор сооружений для осветления и обесцвечивания поверхностных вод следует осуществлять по данным таблицы 5.4 [6].

Удаление из воды органических веществ, т.е. снижение окисляемости, необходимо проводить в соответствии с требованиями раздела 10 [6] и приложения А [6].

Выбор метода глубокого умягчения воды следует проводить в соответствии с требованиями приложения 7 [3], а также на основании таблицы 6.3.

Выбор метода глубокого обессоливания воды следует проводить в соответствии с требованиями п. 6.193 [3] и приложения 8 [3], а также на основании таблицы 6.4.

Таблица 6.3 - Выбор метода умягчения воды

Метод обработки воды	Условия применения метода	Глубина очистки воды
Реагентные методы		
Известковый метод (декарбонизация)	$J_{исх} < 30$ мг-экв/л. $M_{исх} < 500$ мг/л.	$J_{ост} = (0,4...0,8) + J_{н.к.}$, мг-экв/л. $\Sigma_{ост} = 0,8-1,2$ мг-экв/л.
Известково-содовый метод	$J_{исх} < 30$ мг-экв/л. $M_{исх} < 500$ мг/л.	$J_{ост} = 0,5-1,0$ мг-экв/л. $\Sigma_{ост} = 0,8-1,2$ мг-экв/л. Нижние пределы могут быть получены при подогреве воды до

		35-40 °С.
Ионный обмен		
Натрий-катионирование одноступенчатое	$M_{исх} < 5-8$ мг/л. $\zeta_{исх} < 30$ град. $Ж_{исх} < 15$ мг-экв/л.	$Ж_{ост} = 0,05-0,1$ мг-экв/л.
Натрий-катионирование двухступенчатое	$M_{исх} < 5-8$ мг/л. $\zeta_{исх} < 30$ град. $Ж_{исх} < 14$ мг-экв/л.	$Ж_{ост} = 0,01$ мг-экв/л.
Водород-натрий катионирование параллельное	$M_{исх} < 5-8$ мг/л. $\zeta_{исх} < 30$ град $(Cl^- + SO_4^{2-}) < 4$, мг-экв/л $Na^+ < 2$, мг-экв/л	$Ж_{ост} = 0,1$ мг-экв/л. $\zeta_{ост} = 0,4$ мг-экв/л.
Водород-натрий катионирование последовательное с "голодной" регенерацией водород- катионитных фильтров	$M_{исх} < 5-8$ мг/л. $\zeta_{исх} < 30$ град	$Ж_{ост} = 0,01$ мг-экв/л. $\zeta_{ост} = 0,7$ мг-экв/л.

Таблица 6.4 - Выбор метода обессоливания воды ионным обменом

Метод обработки воды	Условия применения метода	Глубина очистки воды
Обессоливание воды ионным обменом по одноступенчатой схеме	Общее солесодержание - 1500-200 мг/л.	Общее солесодержание не более 20 мг/л. Содержание кремнекислоты - не снижается.
Обессоливание воды ионным обменом по двухступенчатой схеме	Окисляемость < 7 мг/л. $M_{исх} < 8$ мг/л. $\zeta_{исх} < 30$ град.	Общее солесодержание не более 0,5 мг/л. Содержание кремнекислоты - не более 0,1 мг/л.
Обессоливание воды ионным обменом по трехступенчатой схеме	$(Cl^- + SO_4^{2-}) < 5$, мг-экв/л.	Общее солесодержание не более 0,1 мг/л. Содержание кремнекислоты - не более 0,02 мг/л.

После выбора метода обработки воды по потокам разрабатывается блок-схема очистки воды, на которой показываются этапы очистки воды с указанием метода обработки и состава сооружений; расходы воды, подаваемой на обработку по этапам очистки; качество воды, поступающей из источника водоснабжения и на стадиях предварительной и глубокой очистки (рисунок 6).

Выбор методов обработки воды для данного примера

Для выбора метода очистки воды поверхностного источника перед ее подачей потребителю необходимо сравнить качество исходной воды с требованиями потребителей. Сравнение производится в табличной форме (таблица 6.5.)

Таблица 6.5 - Анализ качества воды в источнике.

Наименование показателя	Ед. изм.	Значение показателя в источнике	Качество воды, требуемое по потокам			
			I поток - вода – теплоноситель		II поток - вода на технологические нужды	
			Значение	Метод очистки	Значение	Метод очистки
Мутность	мг/л	260	1,5	осветление	1,5	осветление
Цветность	град	110	20	обесцвечи-	20	обесцвечи-

				вечивание		вечивание
pH		7,5	6,5-8,5	—	6,5-8,5	—
Окисляемость	мг/л	6,7	5	снижение окисляемости	5	снижение окисляемости
Щ _{общ}	мг-экв/л	0,7	—	—	—	—
Ж _к	мг-экв/л	0,7	—	—	—	—
Ж _{общ}	мг-экв/л	2,94	0,01	умягчение	—	—
Общее солесодержание	мг/л	197	—	—	—	—
SiO ₃ ²⁻	мг/л	9,47	—	—	—	—

Анализ качества воды в источнике водоснабжения и требования потребителей указывает на необходимость дополнительного проектирования сооружений для корректировки качества воды по некоторым показателям. Выбираем следующие методы обработки воды и состав сооружений:

1) осветление, обесцвечивание – основной состав сооружений – вертикальный отстойник, скорый фильтр с обработкой воды коагулянтном; снижение окисляемости – на сорбционных фильтрах;

2) умягчение воды произведем ионообменным методом, по схеме двухступенчатого натрий-катионирования.

Для принятых стадий очистки воды разрабатывается блок-схема, представленная на рисунке 6.

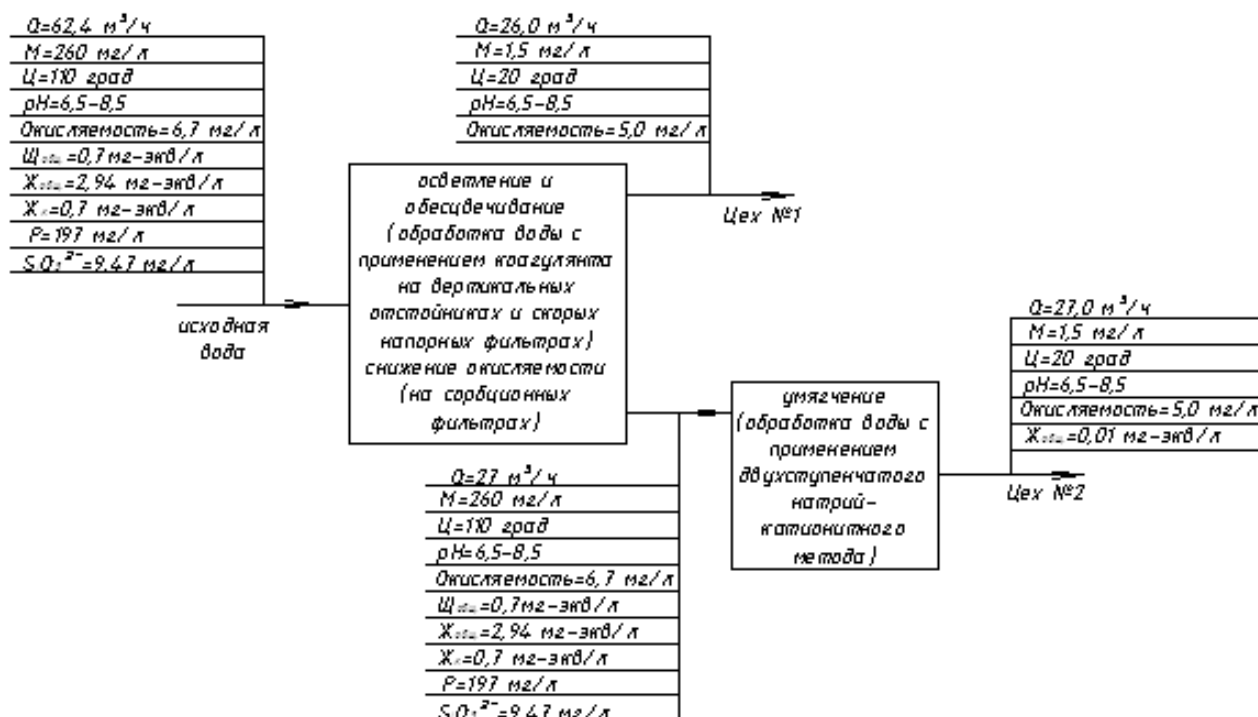


Рисунок 6 - Блок-схема очистки воды.

Разработка технологической схемы водоподготовки.

Разработка технологической схемы водоподготовки осуществляется на основании блок-схемы. На технологической схеме, кроме основного состава сооружений для осветления, обесцвечивания, умягчения или обессоливания воды показываются реагентные хозяйства требуемых реагентов, вспомогательное оборудование и коммуникации. Для разработки технологической схемы рекомендуется пользоваться схемами, приведенными в приложениях 3-Ф.

В технологической схеме для данного примера принят следующий состав сооружений.

Для осветления и обесцвечивания воды принимаем коагулянтное хозяйство, известковое хозяйство, вихревой смеситель, вертикальный отстойник, напорный фильтр. Для снижения окисляемости применяем обработку воды на сорбционных фильтрах. Для умягчения применяем обработку воды двухступенчатым натрий-катионированным методом, а также применяем солевое хозяйство. Пример технологической схемы приведен в приложении Е.

6.4.3. Гидравлический расчет сооружений станции водоподготовки.

6.4.3.1. Расчет сооружений по осветлению, обесцвечиванию воды и снижению окисляемости.

Согласно разработанной технологической схеме осветление, обесцвечивание воды производится на сооружениях – смеситель, куда добавляется коагулянт и при необходимости известь, камера хлопьеобразования, отстойник и скорый напорный фильтр, снижение окисляемости воды осуществляется на сорбционных фильтрах.

Расчет сооружений по осветлению, обесцвечиванию воды и снижению окисляемости производится на полную производительность очистной станции, который определяется по формуле:

$$Q_{\text{полн}}^{\text{сут}} = Q_{\text{сут}}^{\text{тепл}} \cdot \left(1 + \frac{K_1}{100}\right) + Q_{\text{сут}}^{\text{техн}} \left(1 + \frac{K_2}{100}\right), \text{ м}^3 / \text{сут} \quad (6.5)$$

где $Q_{\text{сут}}^{\text{тепл}}$ - суточный расход воды теплоноситель, $\text{м}^3/\text{сут}$;

$Q_{\text{сут}}^{\text{техн}}$ - суточный расход воды на технологические нужды, $\text{м}^3/\text{сут}$;

K_1 – коэффициент запаса воды на нужды очистной станции, %, при подготовке воды теплоноситель $K_1=30$ %;

K_2 – коэффициент запаса воды на нужды очистной станции, %, при подготовке воды на технологические нужды $K_2=5$ %.

Расчет смесителя, камеры хлопьеобразования, отстойника и коагулянтного и известкового хозяйств осуществляется с использованием [6, 7, 8].

Расчёт промежуточного бака

Объём промежуточного бака определяется из условия пребывания воды в нём течении времени $t=3-5$ мин.

$$W_{п.б.} = \frac{Q_{полн}^{час} \cdot t}{60}, \text{ м}^3 \quad (6.6)$$

где $Q_{полн}^{час}$ - полный производительность очистной станции, м³/час.

Принимаем 1 бак, размеры принимаются конструктивно.

Принимаем насос для подачи воды на напорные фильтры.

Расчёт скорых напорных фильтров

Суммарная площадь напорных фильтров определяется по формуле.

$$F_{н.ф.} = \frac{Q_{полн}^{сут}}{T \cdot V_{рн} - 3,6 \cdot n \cdot (w_1 \cdot t_1 + w_2 \cdot t_2 + w_3 \cdot t_3) - n \cdot t_4 \cdot V_{рн}}, \text{ м}^2 \quad (6)$$

где T – продолжительность работы станции в течении суток, $T=24$ ч;

$V_{рн}$ – расчётная скорость фильтрования, $V_{рн}=10-12$ м/ч;

n – количество промывок фильтра в сутки, $n=2 \div 3$;

w_1, t_1 – соответственно интенсивность и продолжительность соответственно первоначальному взрыхлению загрузки, $w_1=8$ л/с·м², $t_1=0,017$ ч;

w_2, t_2 – соответственно интенсивность и продолжительность промывки фильтра $w_2=4$ л/с·м², $t_2=0,083$ ч;

w_3, t_3 – соответственно интенсивность и продолжительность отмывки фильтра, $w_3=8$ л/с·м², $t_3=0,05$ ч;

t_4 – простой из-за промывки фильтра, $t_4=0,25$ ч.

По типовым размерам фильтра (табл. 6.6) принимаем диаметр и площадь одного фильтра.

Определяем количество рабочих фильтров по формуле:

$$N = \frac{F}{f}, \text{ шт}$$

Окончательно принимается количество рабочих и резервных фильтров.

Таблица 6.6 – Основные размеры напорных осветительных фильтров.

Шифр	Диаметр, м	Площадь фильтра, м ²	Высота фильтрующей загрузки, мм	Общая высота фильтра, мм
ФОВ-1,0-6	1,0	0,8	1000	-
ФОВ-1,4-6	1,4	1,5	1000	-
ФОВ-2,0-6	2,0	3,14	1000	3620
ФОВ-2,6-6	2,6	5,3	1000	4015
ФОВ-3,0-6	3,0	7,1	1000	4385
ФОВ-3,4-6	3,4	9,1	1000	4530

Расчет напорного сорбционного фильтра.

Площадь напорного сорбционного фильтра определяется по формуле

$$F_{с.ф.} = \frac{Q_{полн}^{сут}}{T \cdot v_{р.ф.} - 3,6 \cdot n \cdot w \cdot t_1 - n \cdot t_2 \cdot v_{р.ф.}} \quad (6.9)$$

где T – продолжительность работы станции в течение суток, ч;

n – количество промывок в течение суток, принимается 1-2;

$v_{p.ф.}$ – расчетная скорость фильтрования, м/ч, принимается 10–15 м/ч [6];

w, t_1 – интенсивность (л/сек·м²) и продолжительность (ч) промывки загрузки, принимается по табл. 3, приложение 4 [6];

t_2 – продолжительность простоя фильтра из-за промывки.

Принимается типовой сорбционный фильтр. Загрузка фильтров – гранулированный активный уголь марки АГ-3 или АГ-М. По типовым размерам фильтра (табл. 6.7) принимается диаметр и площадь одного фильтра. Определяется количество рабочих фильтров по формуле (6.8).

Таблица 6.7 – Основные размеры сорбционных угольных фильтров

Тип фильтра	Диаметр, м	Площадь фильтра, м ²	Общая высота фильтра, мм
ФСУ -2,0-6	2,0	3,14	4930
ФСУ-2,6-6	2,6	5,3	5205
ФСУ-3,0-6	3,0	7,1	5470
ФСУ-3,4-6	3,4	9,1	5740

Окончательно принимается количество рабочих и резервных фильтров. Высота угольной загрузки должна быть не менее

$$H_{y.з.} = \frac{V_{p.ф.} \cdot \tau_y}{60}, \text{ м} \quad (6.10)$$

где τ_y – время прохождения воды через слой угля, принимаемое 10 – 15 мин.

Высота слоя угля должна быть 2,2 - 2,8 м.

6.4.3.2. Расчет комплекса сооружений по реагентному умягчению воды

6.4.3.2.1. Известковый метод

Расчет доз реагентов при известковом умягчении воды.

Дозы извести $D_{и}$, мг/л, для декарбонизации воды, считая по СаО, надлежит определять по формулам:

а) при соотношении между концентрацией в воде кальция и карбонатной жесткостью $\frac{(Ca^{2+})}{20} > Ж_k$

$$D_{и} = 28 \cdot \left[\frac{(CO_2)}{22} + Ж_k + \frac{D_k}{e_k} + 0,3 \right], \text{ мг / л} \quad (6.11)$$

б) при соотношения концентрации в воде ионов кальция и карбонатной жесткости $\frac{(Ca^{2+})}{20} < Ж_k$

$$D_{и} = 28 \cdot \left[\frac{(CO_2)}{22} + 2 \cdot Ж_k - \frac{(Ca^{2+})}{20} + \frac{D_k}{e_k} + 1 \right], \text{ мг / л} \quad (6.12)$$

где (CO_2) - концентрация в воде свободной двуокиси углерода, мг/л, определяется по номограмме рис. 2 приложение 5 [3] или по п. 6.4.3.5 данных методических указаний);

$Ж_k$ – жесткость карбонатная исходной воды, мг-экв/л;

(Ca^{2+}) - содержание в воде кальция, мг/л;

D_k – доза коагулянта $FeCl_3$ или $FeSO_4$ (в расчете на безводные продукты), мг/л;
 e_k – эквивалентная масса активного вещества коагулянта, мг/мг-экв, (для $FeCl_3$ – 54, для $FeSO_4$ —76).

Расчет реагентного хозяйства извести (сухое хранение).

Схема приготовления известкового молока при сухом хранении приведена в приложении К.

Суточный расход извести (в пересчете на CaO) равен

$$G_{\text{сут}} = \frac{Q_{\text{полн}}^{\text{сут}} \cdot D_{\text{и}}}{1000 \cdot 1000}, \text{ т / сут} \quad (6.13)$$

где $Q_{\text{полн}}^{\text{сут}}$ – полная производительность очистной станции, $\text{м}^3/\text{сут}$;

Суточный расход товарной извести составит

$$G_{\text{сут}}^{\text{тов}} = \frac{G_{\text{сут}} \cdot 100}{B_{\text{и}}}, \text{ т / сут} \quad (6.14)$$

где $B_{\text{и}}$ – содержание активной CaO в товарном продукте, %, принимается 70 %.

Гашение извести и приготовление известкового молока предусмотрено при помощи известегасилки. Подбор известегасилки осуществляется с использованием [8, 9, 10].

Полученное известковое молоко самотеком перетекает в железобетонные баки, где готовится известковое молоко 5%-ной концентрации.

Требуемая емкость баков составит

$$W_{\text{б}} = \frac{G_{\text{сут}} \cdot n \cdot 100}{24 \cdot b \cdot \gamma}, \text{ м}^3 \quad (6.15)$$

где b – концентрация рабочего раствора известкового молока, %, $b = 5\%$;

$\gamma = 1,039 \text{ т/м}^3$ - удельный вес 5%-ого раствора известкового молока, т/м^3 .

В качестве баков принимаются циркуляционные мешалки определенной емкости.

На каждую мешалку устанавливается циркуляционный насос. Этот же насос подает раствор известкового молока в дозаторы. В качестве дозатора принимаем дозаторы типа ДИМБА.

Подбор необходимого оборудования осуществляется по [8, 9, 10].

Расчет реагентного хозяйства извести из известкового теста.

Примем схему приготовления известкового раствора из 50%-ного известкового теста, включающая в себя растворные, расходные баки, циркуляционный насос, насос-дозатор и воздуходувку.

Емкость растворного бака определяется по формуле

$$W_{\text{р}} = \frac{Q_{\text{полн}}^{\text{час}} \cdot n \cdot D_{\text{и}}}{10000 \cdot b_{\text{р}} \cdot \gamma}, \text{ м}^3 \quad (6.16)$$

где $Q_{\text{полн}}^{\text{час}}$ – полная производительность очистной станции, $\text{м}^3/\text{ч}$;

n – время, на которое заготавливается раствор извести, ч, принимается $6 \div 12$ ч;

$b_{\text{р}} = 30\%$ - концентрация раствора извести в растворном баке;

$\gamma=1,22 \text{ т/м}^3$ – удельный вес 30%-ного раствора извести.

Принимаем количество растворных бака (минимум 2), размеры в плане и высота принимается конструктивно.

Емкость расходного бака определяется по формуле

$$W = \frac{W_p \cdot b_p}{b}, \text{ м}^3 \quad (6.17)$$

где b – концентрация раствора коагулянта в расходном баке, %, $b = 5\%$.

Принимаем количество расходных бака (минимум 2), размеры в плане и высота принимается конструктивно.

Перемешивание раствора в растворных баках осуществляется с помощью циркуляционного насоса, а в расходных баках с помощью сжатого воздуха.

Расход воздуха определяем по формуле:

$$Q_{\text{возд.}} = F \cdot N \cdot \omega, \text{ л/с.} \quad (6.18)$$

где w – интенсивность подачи воздуха для перемешивания раствора извести, л/с·м², принимается согласно рекомендациям [6];

F – площадь расходного баков, м²;

N – количество расходных баков.

Данное количество воздуха будет подаваться воздуходувкой цеха коагулянта.

Дозирование раствора извести принимаем насосом-дозатором, производительность которого определяем по формуле:

$$Q_{\text{н/д}} = \frac{Q_{\text{полн}}^{\text{сут}} \cdot D_{\text{и}}}{b \cdot 1000 \cdot 10}, \text{ м}^3 / \text{сут.} \quad (6.19)$$

По найденной производительности подбирается марка и количество насосов-дозаторов с использованием [8, 9,10].

6.4.3.2.2. Известково-содовый метод

Расчет доз реагентов при известково-содовом умягчении воды.

Доза извести $D_{\text{и}}$, мг/л, в расчете на СаО определяется по формуле:

$$D_{\text{и}} = 28 \cdot \left[\frac{(\text{CO}_2)}{22} + Ж_{\text{к}} + \frac{(\text{Mg}^{2+})}{12} + \frac{D_{\text{к}}}{e_{\text{к}}} + 0,5 \right], \text{ мг / л} \quad (6.20)$$

где (CO_2) - концентрация в воде свободной двуокиси углерода, мг/л, определяется по номограмме рис. 2 приложение 5 [1];

$Ж_{\text{к}}$ – жесткость карбонатная исходной воды, мг-экв/л;

(Mg^{2+}) - содержание в воде магния, мг/л;

$D_{\text{к}}$ – доза коагулянта FeCl_3 или FeSO_4 (в расчете на безводные продукты), мг/л;

$e_{\text{к}}$ – эквивалентная масса активного вещества коагулянта, мг/мг-экв, (для FeCl_3 – 54, для FeSO_4 —76).

Доза сода $D_{\text{с}}$, мг/л, в расчете на Na_2CO_3 определяется по формуле:

$$D_{\text{с}} = 53 \cdot \left(Ж_{\text{н.к.}} + \frac{D_{\text{к}}}{e_{\text{к}}} + 1 \right), \text{ мг / л} \quad (6.21)$$

где $Ж_{\text{н.к.}}$ - жесткость некарбонатная исходной воды, мг-экв/л;

Расчет реагентного хозяйства извести.

Расчеты реагентных хозяйств извести при сухом хранении и с использованием известкового теста приведены в п. 6.4.3.2.1 данных методических указаний.

Расчет реагентного хозяйства соды.

Схема приготовления соды приведена в приложении М.

Суточный расход товарной соды определяется по формуле:

$$Q_{\text{сут}}^{\text{T}} = \frac{Q_{\text{полн}}^{\text{сут}} \cdot D_{\text{с}} \cdot 100}{1000 \cdot 1000 \cdot B}, \text{ т / сут}, \quad (6.22)$$

где $Q_{\text{полн}}^{\text{сут}}$ – полная производительность очистной станции, $\text{м}^3/\text{сут}$;

B – содержание соды в товарном продукте, %, принимается 91%.

Количество раствора 25%-ной концентрации, получаемое при растворении товарной соды, будет

$$G^{25\%} = \frac{Q_{\text{сут}}^{\text{T}} \cdot 100}{b \cdot \gamma}, \text{ м}^3 \quad (6.23)$$

где $b = 25\%$ – концентрация раствора соды в растворном баке;

$\gamma = 1 \text{ т}/\text{м}^3$ – удельный вес 25%-ного раствора соды.

Данное количество раствора будет являться суточным расходом соды $Q_{\text{сут}}^{25\%}$, $\text{м}^3/\text{сут}$.

Объем растворно-хранилищных определяем из условия хранения в них 25%-ного раствора соды в течение $T = 30$ суток.

$$W_{\text{р/х}} = Q_{\text{сут}}^{25\%} \cdot T, \text{ м}^3. \quad (6.24)$$

Принимаем количество растворно-хранилищных баков (минимум 2), размеры в плане и высота – конструктивно.

Из растворно-хранилищных баков раствор посредством насосов перекачивается в расходные баки, где его концентрация доводится до $b_{\text{р}} = 8\%$.

Емкость расходных баков составит:

$$W_{\text{расх}} = \frac{Q_{\text{сут}}^{\text{T}} \cdot 100}{b_{\text{р}} \cdot \gamma}, \text{ м}^3, \quad (6.25)$$

где $\gamma = 1 \text{ т}/\text{м}^3$ – удельный вес 8%-ного раствора коагулянта.

Принимаем количество расходных баков (минимум 2), размеры в плане и высота – конструктивно.

Для интенсификации процессов растворения и перемешивания раствора соды предусматривается подача сжатого воздуха в растворно-хранилищные баки с интенсивностью $\omega_1 = 10 \text{ л}/\text{сек} \cdot \text{м}^2$ и в расходные баки с интенсивностью $\omega_2 = 5 \text{ л}/\text{сек} \cdot \text{м}^2$.

Количество воздуха определяем по формуле:

$$Q_{\text{возд.}} = F_1 \cdot N_1 \cdot \omega_1 + F_2 \cdot N_2 \cdot \omega_2, \text{ м}^3 / \text{мин}. \quad (6.26)$$

По найденному расходу подбирается марка и количество воздуходувок с использованием [8, 9,10].

Дозирование раствора соды принимаем насосом-дозатором, производительность которого определяем по формуле:

$$Q_{н/д} = \frac{Q_{полн}^{сут} \cdot D_c}{b_p \cdot 1000 \cdot 10}, \text{ м}^3 / \text{сут} \quad (6.27)$$

По найденной производительности подбирается марка и количество насосов-дозаторов с использованием [8, 9,10].

6.4.3.3. Последовательность расчета установок для умягчения воды методом ионного обмена.

Технологические схемы установок по умягчению воды методами ионного обмена представлены в приложениях Н-Р.

Расчет ионообменных фильтров

1. Расход воды, подаваемый на установку.

1.1. Для одно- и двухступенчатого Na-катионитного метода – $Q_{сут}^{тепл}$.

1.2. Для параллельного H-Na-катионитного метода:
расход воды, подаваемый на H-катионитные фильтры

$$q_{пол}^H = q_{пол} \cdot \frac{(\Psi_{ио} - \Psi_{у})}{(A + \Psi_{ио})}, \text{ м}^3 / \text{ч}; \quad (6.28)$$

расход воды, подаваемый на Na-катионитные фильтры

$$q_{пол}^{Na} = q_{пол} - q_{пол}^H, \text{ м}^3 / \text{ч}. \quad (6.29)$$

где $q_{пол}$ – полезная производительность H-Na-катионитной установки, $\text{м}^3/\text{ч}$, принимается равным расходу воды теплоноситель $Q_{час}^{тепл}$;

$\Psi_{ио}$ – щелочность исходной воды, мг-экв/л;

$\Psi_{у}$ – требуемая щелочность умягченной воды, мг-экв/л;

A – суммарное содержание в умягченной воде анионов сильных кислот (сульфатов, хлоридов и др.), мг-экв/л.

1.3. Для последовательного H-Na-катионитного метода:

расход воды, подаваемый на H-катионитные фильтры

$$q_{пол}^H = q_{пол} \cdot \frac{(\Psi_{ио} - \Psi_{у})}{(Ж_k + 3)}, \text{ м}^3 / \text{ч}; \quad (6.30)$$

расход воды, подаваемый на Na-катионитные фильтры

$$q_{пол}^{Na} = q_{пол}, \text{ м}^3 / \text{ч} \quad (6.31)$$

где $Ж_k$ - жесткость карбонатная исходной воды, мг-экв/л;

3 – кислотность воды, мг-экв/л, принимается 0,3 – 1,0 мг-экв/л.

2. Рабочая емкость катионита.

2.1. Na-катионитного фильтра (при одноступенчатом Na-катионитном методе, для первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе, при параллельном и последовательном H-Na-катионитном методе)

$$E_{раб}^{Na} = \alpha_{э} \cdot \beta_{Na} \cdot E_{полн} - 0,5 \cdot q_{уд} \cdot Ж_{о.исх.}, \quad (6.32)$$

где $\alpha_{э}$ – коэффициент эффективности регенерации Na-катионита, принимаемый по табл.1 приложение 7 [3] в зависимости от удельного расхода соли на регенерацию

катионита (a_c , г/г-экв). Рекомендуется $a_c = 150 \div 200$ г/г-экв для Na – катионитных фильтров при одноступенчатом Na-катионитном методе и при параллельном и последовательном H-Na-катионитном метода; $a_c = 120 \div 150$ г/г-экв для первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе;

β_{Na} – коэффициент, учитывающий снижение обменной емкости катионита по Ca^{2+} и Mg^{2+} вследствие частичного задержания катионов Na^+ , принимаемый по табл.2 приложения 7 [3] в зависимости от соотношения $\frac{C_{Na}}{Ж_{o.исх}}$, в котором C_{Na} – концентрация Na в исходной воде, г-экв/м³ ($C_{Na} = (Na^+)/23$);

$E_{полн.}$ – полная обменная емкость катионита, г-экв/м³, принимается для сульфогля крупностью 0,5 – 1,1 мм - 500 г-экв/м³; для КУ-2 крупностью 0,8 – 1,2 мм – 1500-1700 г-экв/м³

$q_{уд}$ – удельный расход воды на отмывку катионита, м³/м³, рекомендуется для сульфогля 4 м³/м³; для КУ-2 – 6 м³/м³.

2.2. Na-катионитного фильтра (для второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе)

$$E_{раб}^{Na} = \alpha_{\varepsilon} \cdot \beta_{Na} \cdot E_{полн.}, \quad (6.33)$$

где α_{ε} – коэффициент эффективности регенерации Na-катионита, принимаемый по табл.1 приложение 7 [1] в зависимости от удельного расхода соли на регенерацию катионита (a_c , г/г-экв). Рекомендуется для Na – катионитовых фильтров второй ступени $a_c = 300 \div 400$ г/г-экв;

β_{Na} – коэффициент, учитывающий снижение обменной емкости катионита по Ca^{2+} и Mg^{2+} вследствие частичного задержания катионов Na^+ , принимаемый по табл.2 приложения 7 [3] в зависимости от соотношения $\frac{C_{Na}}{Ж_{o.исх}}$, в котором C_{Na} – концентрация Na в исходной воде, г-экв/м³ ($C_{Na} = (Na^+)/23$), $Ж_{o.исх} = 0,1$ мг-экв/л (жесткость воды после первой ступени).

2.3. H-катионитного фильтра (при параллельном и последовательном H-Na-катионитном методе)

$$E_{раб}^H = \alpha_n \cdot E_{полн.} - 0,5 \cdot q_{уд} \cdot C_k, \quad (6.34)$$

где α_n – коэффициент эффективности регенерации H-катионита, принимаемый по табл.4 приложение 7 [3] в зависимости от удельного расхода кислоты на регенерацию катионита (a_k , г/г-экв). Рекомендуется a_k определять по рис. 2 приложение 7 [3] в зависимости от остаточной жесткости фильтрата (г-экв/м³) и общего солесодержания исходной воды (г-экв/м³);

C_k – общее содержание в воде, катионов кальция, магния, натрия и калия, г-экв/м³.

3. Необходимый объем катионита.

3.1. Na-катионитного фильтра (при одно- и двухступенчатом Na-катионитном методе)

$$W_k^{Na} = \frac{Q_{сут} \cdot Ж_{о.исх.}}{n_p \cdot E_{раб}^{Na}}, \quad (6.35)$$

где $Q_{сут}$ – расход умягченной воды, м³/сут, принимается равным $Q_{сут}^{тепл}$;

$Ж_{о.исх.}$ – общая жесткость исходной воды, г-экв/м³, для Na – катионитовых фильтров второй ступени принимается 0,1 г-экв/м³;

n_p – число регенераций каждого фильтра в сутки, определяется по формуле

$$n_p = \frac{T}{t + t_1}, \quad (6.36)$$

где T – продолжительность работы фильтров в течение суток, ч, принимается 24 часа;

t – продолжительность межрегенерационного периода, ч, для Na – катионитовых фильтров первой ступени принимается 10 ÷ 22 часа; для Na – катионитовых фильтров второй ступени принимается 200 ÷ 300 часов;

t_1 – продолжительность регенерации, ч, принимается 1,5 ÷ 2 часа.

3.2. Na-катионитного фильтра (при параллельном и последовательном H-Na-катионитном методе)

$$W_k^{Na} = \frac{24 \cdot q_{пол}^{Na} \cdot Ж_{о.исх.}}{n_p \cdot E_{раб}^{Na}}, \quad (6.37)$$

где n_p рассчитывается по формуле (6.36) при $t = 10 ÷ 22$ часа.

3.3. H-катионитного фильтра (при параллельном и последовательном H-Na-катионитном методе)

$$W_k^H = \frac{24 \cdot q_{пол}^H \cdot (Ж_{о.исх.} + C_{Na})}{n_p \cdot E_{раб}^H}, \quad (6.38)$$

где C_{Na} – концентрация натрия в воде, г-экв/м³;

n_p рассчитывается по формуле (6.36) при $t = 10 ÷ 22$ часа.

4. Высота слоя загрузки.

$H_3 = 2,0$ м. $H_3 = 2,5$ м. (для всех типов фильтров, кроме Na-катионитного фильтра второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе).

$H_3 = 1,5$ м. (для Na-катионитного фильтра второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе).

5. Суммарная площадь фильтров.

$$F = \frac{W_k}{H_3}. \quad (6.39)$$

По формуле (6.39) считается отдельно площадь для каждого вида фильтра.

6. Диаметр фильтров и их количество.

По таблице 6.8. принимается площадь и диаметр одного фильтра (для каждого вида фильтра отдельно) и определяется требуемое количество фильтров данного вида

$$N = \frac{F}{f}. \quad (6.40)$$

Таблица 6.8 - Типовые конструкции напорных катионитовых фильтров.

D, м	1,0	1,5	2,0	2,6	3,0	3,4
H, м	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	-
	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5	2,5
f, м ²	0,8	1,76	3,14	5,31	7,0	9,07

При Na-катионитном методе количество катионитовых фильтров первой и второй ступени следует принимать: рабочих – не менее двух, резервных – один.

При H-Na-катионитном методе количество рабочих H-катионитовых и Na-катионитовых фильтров должно быть не менее двух. Количество резервных H-катионитовых: один – при количестве рабочих до 6 и два – при большем количестве. Резервные Na-катионитовые фильтры устанавливать не следует, но должна быть предусмотрена возможность использования резервных H-катионитовых фильтров в качестве Na-катионитовых.

7. Фактическая площадь и фактический объем катионита.

$$F_{\phi} = f \cdot N, \text{м}^2 \quad (6.41)$$

$$W_{\phi} = N \cdot f \cdot H_3, \text{м}^3 \quad (6.42)$$

По формулам (6.41) и (6.42) площадь и объем катионита соответственно считаются отдельно для каждого вида фильтра.

8. Расчетная скорость фильтрования воды через катионит.

Данная скорость фильтрования рассчитывается отдельно для каждого вида фильтра.

$$v_p = \frac{Q_{\text{час}}}{F_{\phi}}, \text{м/ч} \quad (6.43)$$

где $Q_{\text{час}}$ – расход воды, подаваемый на соответствующие катионитовые фильтры, м³/час.

Скорость фильтрования воды через катионит для напорных фильтров всех типов (кроме Na-катионитовых фильтров второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе) не должна превышать при общей жесткости воды: до 5 г-экв/м³ – 25 м/ч; 5 - 10 г-экв/м³ – 15 м/ч; 10 – 15 г-экв/м³ – 10 м/ч. Для Na-катионитовых фильтров второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе не должна превышать 40 м/ч.

9. Расход соли на одну регенерацию Na-катионитовых фильтров.

$$P_c = \frac{f_{\text{Na}} \cdot H_3^{\text{Na}} \cdot E_{\text{раб}}^{\text{Na}} \cdot a_c}{1000}, \text{кг} \quad (6.44)$$

где a_c – удельный расхода соли на регенерацию катионита, г/г-экв, см. п. 2.1. и п. 2.2 данного раздела

10. Расход кислоты на одну регенерацию H-катионитовых фильтров.

$$P_k = \frac{f_H \cdot H_3^H \cdot E_{\text{раб}}^H \cdot a_k}{1000}, \text{кг} \quad (6.45)$$

где a_k - удельный расход кислоты на регенерацию катионита, г/г-экв, см. п. 2.3. данного раздела.

11. Расход воды на собственные нужды установки.

11.1. На приготовление раствора соли для регенерации Na-катионитовых фильтров.

$$Q_{\text{соли}} = \frac{100 \cdot n_p \cdot N_{\text{Na}} \cdot P_c}{1000 \cdot b \cdot \gamma}, \text{ м}^3 / \text{сут} \quad (6.46)$$

где b – концентрация регенерационного раствора для Na – катионитовых фильтров первой ступени рекомендуется 5 – 8%, второй ступени - 8 – 12%;

γ - удельный вес регенерационного раствора, т/м³, принимается 1 т/м³.

11.2. На приготовление раствора кислоты для регенерации H-катионитовых фильтров.

$$Q_k = \frac{100 \cdot n_p \cdot N_H \cdot P_k}{1000 \cdot b \cdot \gamma}, \text{ м}^3 / \text{сут.} \quad (6.47)$$

где b – концентрация регенерационного раствора для H–катионитных фильтров рекомендуется 1 - 1,5%;

γ – удельный вес регенерационного раствора, т/м³, принимается 1 т/м³.

11.3. На взрыхление катионита.

$$Q_{\text{взр}}^{\text{H+Na}} = 0,06 \cdot w \cdot t \cdot (N_{\text{Na}} \cdot f_{\text{Na}} \cdot n_p + N_H \cdot f_H \cdot n_p), \text{ м}^3 / \text{сут}, \quad (6.48)$$

где w – интенсивность подачи воды для взрыхления, л/с·м², рекомендуется 4÷5 л/с·м²;

t – продолжительность взрыхления, мин, рекомендуется 20 – 30 мин;

11.4. На отмывку катионитовой загрузки.

$$Q_{\text{отм}}^{\text{H+Na}} = q_{\text{уд}} \cdot (N_{\text{Na}} \cdot f_{\text{Na}} \cdot H_3^{\text{Na}} \cdot n_p + N_H \cdot f_H \cdot H_3^{\text{H}} \cdot n_p), \text{ м}^3 / \text{сут} \quad (6.49)$$

где $q_{\text{уд}}$ – удельный расход воды на отмывку катионита, м³/м³, см. п. 2.1 данного раздела.

11.5. Суммарный расход

$$Q_{\text{собс.}} = Q_k + Q_{\text{соли}} + Q_{\text{взр.}}^{\text{H+Na}} + Q_{\text{отм.}}^{\text{H+Na}}, \text{ м}^3 / \text{сут} \quad (6.50)$$

11.6. Процент добавочной воды к расходу, подаваемому на установку

$$P_{\text{доб}} = \frac{Q_{\text{собс.}} \cdot 100}{Q_{\text{час}} \cdot 24}, \% \quad (6.51)$$

где $Q_{\text{час}} = Q_{\text{час}}^{\text{тепл}}$ – расход воды, подаваемый на установку по умягчению воды, м³/час.

Расчет регенерационных хозяйств

Расчет устройств для мокрого хранения соли, приготовления раствора соли и его перекачки.

Технологическая схема солевого хозяйства представлена в приложении С.

1. Расход соли на одну регенерацию Na-катионитовых фильтров первой ступени составляет P_c^1 , кг, второй ступени – P_c^2 , кг.

2. Суточный расход соли определится по формуле

$$S_c = \sum_1^2 P_c \cdot n \cdot N, \text{ кг} \quad (6.52)$$

где n – количество регенераций Na-катионитовых фильтров;

N – количество Na-катионитовых фильтров.

3. Емкость растворных баков определим по формуле

$$W_{p.c.} = \sum_1^2 \frac{S_c}{\gamma \cdot 10 \cdot b_p}, \text{ м}^3 \quad (6.53)$$

где b_p – концентрация насыщенного раствора соли, %, принимается 26%;

$\gamma = 1,201$ - удельный вес 26%-ного раствора соли, т/м³.

Принимается количество баков (минимальное число 2), принимаются глубина и размеры баков в плане.

4. Емкость резервуаров для мокрого хранения соли должна приниматься из расчета 1,5 м³ на 1 т. соли. При этом необходимо обеспечить m - дневной запас соли ($m = 25 - 30$ дней). Таким образом, емкость резервуаров определится по формуле

$$W_{p/x} = S_c \cdot 1,5 \cdot m, \text{ м}^3 \quad (6.54)$$

Принимается количество баков (минимальное число 2), принимаются глубина и размеры баков в плане.

5. Емкость расходных баков считается отдельно для первой и второй ступени и определяется по формуле

$$W_{расх.} = \frac{W_{p.c.} \cdot b_p}{b}, \text{ м}^3 \quad (6.55)$$

где b – концентрация разбавленного раствора соли, %, для первой ступени - 8%, для второй - 12%.

Принимается количество расходных баков первой и второй ступени (минимальное число 2), принимаются глубина и размеры баков в плане.

6. Для очистки раствора соли устраиваем напорный фильтр для очистки раствора соли диаметром 1000 мм.

7. Для перекачки 8%-ного раствора соли для регенерации фильтров 1 ступени устанавливаем два насоса (рабочий и резервный) производительностью

$$Q_{нас} = \frac{v_c \cdot f \cdot b}{b_p}, \text{ м}^3 / \text{ч} \quad (6.66)$$

где v_c – скорость движения раствора соли через катионитовую загрузку, равная 3 – 5 м/ч;

f – площадь катионитовой загрузки Na-катионитового фильтра, м².

Аналогично рассчитываются насосы для перекачки 12%-ного раствора соли для регенерации фильтров 2 ступени.

8. Емкость бака с водой для взрыхления сульфогля в Na-катионитовых фильтрах определяется с учетом возможности взрыхления катионита в одном фильтре

$$W_{б.в.} = \frac{\omega \cdot f \cdot 60 \cdot t}{1000}, \text{ м}^3 \quad (6.67)$$

где ω - интенсивность взрыхления, равная 4 – 5 л/с·м²;

t – продолжительность взрыхления, равная 20-30 мин.

Принимается количество баков для взрыхления сульфогля в фильтрах первой и второй ступени (минимальное количество баков по одному), принимаются глубина и размеры в плане.

Расчет устройств для хранения, приготовления и перекачки
раствора серной кислоты.

Технологическая схема кислотного хозяйства представлена в приложении Т.

1. Суточный расход кислоты

$$S_k = P_k \cdot n \cdot N, \text{ кг} \quad (6.68)$$

где P_k - расход кислоты на одну регенерацию Н-катионитовых фильтров;

n – количество регенераций Н-катионитовых фильтров;

N – количество Н-катионитовых фильтров.

2. Емкость цистерн для хранения концентрированной серной кислоты

$$W_{ц} = \frac{Q_{пол}^H \cdot 24 \cdot Ж_{о.исх.} \cdot a_k \cdot m \cdot 100}{1000 \cdot 1000 \cdot b_k \cdot \gamma}, \text{ м}^3 \quad (6.69)$$

где a_k – удельный расход кислоты на регенерацию катионита, г/г-экв;

m – число дней, на которое предусматривается запас кислоты, 25-30 дней;

b_k – концентрация кислоты, 100%, 75%;

γ - удельный вес кислоты, равный 100%-ной-1,83 т/м³, 75%-ной -1,67 т/м³.

3. Так как серная кислота доставляется железнодорожным транспортом, то полученное значение $W_{ц}$ округляется до величины, которая является кратной емкости железнодорожной цистерны. Это необходимо для обеспечения полного опорожнения железнодорожной тары. Грузоподъемность железнодорожной цистерны 50 т, что соответствует объему концентрированной серной кислоты $W_k = 50/1,83 = 27,4 \text{ м}^3$. Принимаем два бака-цистерны емкостью по 15 м³. Слив и перемещение серной кислоты из железнодорожной цистерны в стационарную происходит под вакуумом, который создает вакуум-насос или эжектор. Кислота поступает в мерник, а затем эжектором подается в Н- катионитные фильтры.

4. Полезная емкость бака-мерника для концентрированной кислоты

$$W_m = \frac{f \cdot H_3 \cdot E_{полн} \cdot 0,75 \cdot a_k \cdot 100}{1000 \cdot 1000 \cdot b_k \cdot \gamma}, \text{ м}^3 \quad (6.70)$$

Таблица 6.9 - Типовые размеры мерников.

W, л	39	90	150	250	500
D, мм	250	450	500	670	810
H, мм	715	845	1060	1135	1345

5. Емкость бака с водой для взрыхления сульфогля в Н-катионитных фильтрах определяем с учетом возможности взрыхления катионита в одном фильтре

$$W_{б.в.} = \frac{w \cdot f \cdot 60 \cdot t}{1000}, \text{ м}^3 \quad (6.80)$$

Принимается один бак для взрыхления, принимаются глубина и размеры в плане.

6.4.3.4 Последовательность расчета установок для обессоливания воды методом ионного обмена.

Технологические схемы установок по обессоливанию воды методами ионного обмена представлены в приложениях У-Ф.

Расчет ионообменных фильтров

Катионитовые фильтры.

1. Рабочая емкость катионита.

1.1. Н-катионитных фильтров первой степени

$$E_{\text{раб}}^{\text{H}} = \alpha_{\text{H}} \cdot \gamma \cdot E_{\text{полн}} - 0,5 \cdot q_{\text{уд}} \cdot \sum [\text{K}], \quad (6.81)$$

где α_{H} – коэффициент эффективности регенерации Н-катионита, принимаемый по табл.4 приложение 7 [1] в зависимости от удельного расхода кислоты на регенерацию катионита ($a_{\text{к}}$, г/г-экв). Рекомендуется $a_{\text{к}} = 100$ г/г-экв;

γ – коэффициент, учитывающий снижение обменной емкости катионита по Ca^{2+} и Mg^{2+} вследствие частичного задержания катионов Na^{+} , принимаемый 0,8-0,9;

$E_{\text{полн}}$ – полная обменная емкость катионита, г-экв/м³, принимается для сульфогля крупностью 0,5 – 1,1 мм - 500 г-экв/м³; для КУ-2 крупностью 0,8 – 1,2 мм – 1500-1700 г-экв/м³

$q_{\text{уд}}$ – удельный расход воды на отмывку катионита, м³/м³, рекомендуется для сульфогля 4 м³/м³; для КУ-2 – 6 м³/м³.

$\sum [\text{K}]$ – общее содержание в воде, катионов кальция, магния, натрия и калия, г-экв/м³.

1.2. Н-катионитных фильтров второй степени

$$E_{\text{раб}}^{\text{H}} = \alpha_{\text{H}} \cdot E_{\text{полн}} - 0,5 \cdot q_{\text{уд}} \cdot C_{\text{Na}}, \quad (6.82)$$

где $q_{\text{уд}}$ – удельный расход воды на отмывку катионита, м³/м³, рекомендуется для второй степени 10 м³/м³;

C_{Na} – концентрация Na в исходной воде, г-экв/м³.

2. Необходимый объем катионита.

2.1. Н-катионитных фильтров первой степени

$$W_{\text{H}}^{\text{I}} = \frac{\alpha_1 \cdot Q_{\text{сут}} \cdot \sum [\text{K}]}{n_{\text{p}} \cdot E_{\text{раб}}^{\text{H}}}, \quad (6.83)$$

где α_1 – коэффициент для учета расхода воды на собственные нужды установки, $\alpha_1 = 1,3$;

$Q_{\text{сут}} = Q_{\text{сут}}^{\text{тепл}}$ – полезный расход воды, м³/сут;

n_{p} – число регенераций каждого фильтра в сутки, определяется по формуле

$$n_{\text{p}} = \frac{T}{t + t_1}, \quad (6.84)$$

где T – продолжительность работы фильтров в течение суток, ч, принимается 24 часа;

t – продолжительность межрегенерационного периода, ч, для Н – катионитовых фильтров первой степени принимается 9 ÷ 21 часа;

t_1 – продолжительность регенерации, ч, принимается 3 часа.

2.2. Н-катионитных фильтров второй степени

$$W_{\text{H}}^{\text{II}} = \frac{\alpha_2 \cdot Q_{\text{сут}} \cdot C_{\text{Na}}}{n_{\text{p}} \cdot E_{\text{раб}}^{\text{H}}}, \quad (6.85)$$

где α_2 – коэффициент для учета расхода воды на собственные нужды установки, $\alpha_2 = 1,05 - 1,1$;

n_p рассчитывается при $t = 100$ часов.

3. Высота слоя загрузки.

$H_3 = 2,0$ м. $H_3 = 2,5$ м. (для первой ступени).

$H_3 = 1,5$ м. (для второй ступени).

4. Суммарная площадь фильтров.

$$F = \frac{W_k}{H_3}. \quad (6.86)$$

По формуле (6.86) считается отдельно площадь для фильтров первой и второй ступени.

5. Диаметр фильтра и их количество.

По таблице 6.10. принимается площадь и диаметр одного фильтра и определяется требуемое количество фильтров отдельно первой и второй ступени

$$N = \frac{F}{f}. \quad (6.87)$$

Таблица 6.10 - Типовые конструкции напорных катионитовых фильтров.

D , м	1,0	1,5	2,0	2,6	3,0	3,4
H , м	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	-
	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5	2,5
f , м ²	0,8	1,76	3,14	5,31	7,0	9,07

Количество рабочих Н-катионитовых фильтров должно быть не менее двух. Количество резервных Н-катионитовых: один – при количестве рабочих до 6 и два – при большем количестве.

6. Фактическая площадь и фактический объем катионита.

$$F_{\phi} = f \cdot N, \text{ м}^2 \quad (6.88)$$

$$W_{\phi} = N \cdot f \cdot H_3, \text{ м}^3 \quad (6.89)$$

По формулам (6.88) и (6.89) площадь и объем катионита соответственно считаются отдельно катионитовых фильтров первой и второй ступени.

7. Расчетная скорость фильтрования воды через катионит.

Данная скорость фильтрования рассчитывается отдельно для катионитовых фильтров первой и второй ступени.

$$v_p = \frac{Q_{\text{час}}}{F_{\phi}}, \text{ м / ч} \quad (6.90)$$

где $Q_{\text{час}}$ – расход воды, подаваемый на установку обессоливания воды, м³/час.

Скорость фильтрования воды через Н-катионитовые фильтры первой ступени не должна превышать 25 м/ч. Для Н-катионитовых фильтров второй ступени не должна превышать 40 – 60 м/ч.

Н-катионитные фильтры третьей ступени принимаются без расчета равнозначными фильтрам второй ступени.

Анионитовые фильтры.

1. Рабочая емкость анионита.

1.1. Анионитовые фильтры первой степени загружаются слабоосновным анионитом АН-31, АВ-17, рабочую обменную емкость которых допускается принимать 600-700 г-экв/м³.

1.2. Анионитовые фильтры второй степени загружаются сильноосновным анионитом АВ-17, рабочую кремнеемкость которых допускается принимать при истощении анионита до «проскока» в фильтрат SiO₃²⁻, мг/л:

0,1 – 420 г-экв/м³, 0,5 – 530 г-экв/м³, 1 – 560 г-экв/м³.

2. Необходимый объем анионита.

2.1. Анионитовых фильтров первой степени

$$W_{\text{An}}^I = \frac{\alpha_1 \cdot Q_{\text{сут}} \cdot C_0}{n_p \cdot E_{\text{раб}}}, \quad (6.91)$$

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

n_p – число регенераций каждого фильтра в сутки, определяется аналогично Н-катионитным фильтрам первой степени.

2.1. Анионитовых фильтров второй степени

$$W_{\text{An}}^{II} = \frac{\alpha_2 \cdot Q_{\text{сут}} \cdot C_{\text{SiO}_3^{2-}}}{n_p \cdot E_{\text{раб}}}, \text{ м}^3, \quad (6.92)$$

где $C_{\text{SiO}_3^{2-}}$ – содержание SiO₃²⁻ в исходной воде, г-экв/м³;

n_p – число регенераций каждого фильтра в сутки, определяется аналогично Н-катионитным фильтрам первой степени.

3. Высота слоя загрузки.

$H_3 = 2,0$ м. $H_3 = 2,5$ м. (для первой степени).

$H_3 = 1,5$ м. (для второй степени).

4. Суммарная площадь фильтров.

4.1. Анионитовых фильтров первой степени

$$F_I = \frac{\alpha_1 \cdot Q_{\text{сут}}}{n_p \cdot T_1 \cdot v_1}, \text{ м}^2, \quad (6.93)$$

где T_1 – продолжительность работы каждого фильтра, ч, между регенерациями

$$T_1 = \frac{24}{n_p} - \tau_p, \text{ ч} \quad (6.94)$$

где τ_p – общая продолжительность всех операций по регенерации фильтров, принимаемая 5 ч;

v_1 – расчетная скорость фильтрования, м/ч, принимаемая 4-30 м/ч.

4.2. Анионитовых фильтров второй степени

$$F_{II} = \frac{W_K}{H_3}. \quad (6.95)$$

Количество рабочих анионитовых фильтров должно быть не менее двух. Количество резервных анионитовых: один – при количестве рабочих до 6 и два – при большем количестве.

5. Фактическая площадь и фактический объем анионита.

$$F_{\phi} = f \cdot N, \text{ м}^2 \quad (6.96)$$

$$W_{\phi} = N \cdot f \cdot H_3, \text{ м}^3 \quad (6.97)$$

По формулам (6.96) и (6.97) площадь и объем анионита соответственно считаются отдельно анионитовых фильтров первой и второй ступени.

6. Расчетная скорость фильтрования воды через анионит.

Данная скорость фильтрования рассчитывается отдельно для анионитовых фильтров первой и второй ступени.

$$v_p = \frac{Q_{\text{час}}}{F_{\phi}}, \text{ м / ч} \quad (6.98)$$

Скорость фильтрования воды через анионитовые фильтры первой ступени должна быть 4-30 м/ч. Для анионитовых фильтров второй ступени не должна превышать 15-25 м/ч.

Анионитные фильтры третьей ступени принимаются без расчета равнозначными фильтрам второй ступени.

Расход воды на собственные нужды установки.

1. На приготовление регенерирующих растворов.

$$Q_p = \frac{24 \cdot Q_{\text{час}}}{10^4} \left(\frac{\sum K \cdot a_1}{b_1} + \frac{\sum A \cdot a_2}{b_2} \right), \text{ м}^3 / \text{сут} \quad (6.99)$$

где $\sum K$ – сумма катионов в фильтрате анионитовых фильтров первой ступени, г-экв/м³, принимаемая 0,3 г-экв/м³;

$\sum A$ – сумма анионов сильных кислот, г-экв/м³;

a_1 – удельный расход 100%-ой кислоты, г/г-экв;

a_2 – удельный расход щелочи или соды, г/г-экв, принимаемый для щелочи 60-70, для соды – 110-120;

b_1 и b_2 – концентрации регенерирующих растворов, %, для кислоты 1,5 %, для соды и щелочи 4 %.

2. На взрыхление загрузки.

$$Q_{\text{взр}} = 0,06 \cdot t_{\text{в}} \cdot \left(N_1 \cdot n_1 \cdot F_{\text{H}}^{\text{I}} \cdot \omega_1 + N_2 \cdot n_2 \cdot F_{\text{A}}^{\text{I}} \cdot \omega_2 + N_3 \cdot n_3 \cdot F_{\text{H}}^{\text{II}} \cdot \omega_3 + \right. \\ \left. + N_4 \cdot n_4 \cdot F_{\text{A}}^{\text{II}} \cdot \omega_4 + N_5 \cdot n_5 \cdot F_{\text{H}}^{\text{III}} \cdot \omega_5 + N_6 \cdot n_6 \cdot F_{\text{A}}^{\text{III}} \cdot \omega_6 \right), \text{ м}^3 / \text{сут}, \quad (6.100)$$

где $t_{\text{в}}$ – продолжительность взрыхления, мин, рекомендуется 15-20 мин;

n_1, n_3, n_5 – число регенераций каждого из катионитовых фильтров I, II и III ступеней за сутки, $n_5 = 0,05$;

n_2, n_4, n_6 – число регенераций каждого из анионитовых фильтров I, II и III ступеней за сутки, $n_6 = 0,05$;

w – интенсивность подачи воды для взрыхления, л/с·м², рекомендуется 4÷5 л/с·м²;

3. На отмывку загрузки.

$$Q_{отм} = n_1 \cdot W_{фН}^I \cdot q_{Н}^I + n_2 \cdot W_{фА}^I \cdot q_{А}^I + n_3 \cdot W_{фН}^{II} \cdot q_{Н}^{II} + n_4 \cdot W_{фА}^{II} \cdot q_{А}^{II} + n_5 \cdot W_{фН}^{III} \cdot q_{Н}^{III} + n_6 \cdot W_{фА}^{III} \cdot q_{А}^{III}, \text{ м}^3 / \text{сут} \quad (6.101)$$

где $W_{фН}^I, W_{фН}^{II}, W_{фН}^{III}$ - фактические объемы катионита, м^3 ;

$W_{фА}^I, W_{фА}^{II}, W_{фА}^{III}$ - фактические объемы анионита, м^3 ;

q - удельный расход воды на отмывку катионита, $\text{м}^3/\text{м}^3$,
 $q_{Н}^I = 4 - 6$, $q_{Н}^{II} = 10$, $q_{Н}^{III} = 10 - 20$, $q_{А}^I = 7 - 10$, $q_{А}^{II} = 7 - 10$, $q_{А}^{III} = 10 - 12$.

4. Суммарный расход

$$Q_{собщ.} = Q_p + Q_{взр} + Q_{отм.}, \text{ м}^3 / \text{сут} \quad (6.102)$$

5. Процент добавочной воды к расходу, подаваемому на установку

$$P_{доб} = \frac{Q_{собщ.} \cdot 100}{Q_{час} \cdot 24}, \text{ \%} \quad (6.103)$$

где $Q_{час} = Q_{час}^{тепл}$ - расход воды, подаваемый на установку по обессоливанию воды, $\text{м}^3/\text{час}$.

Уменьшение расхода воды на собственные нужды можно произвести путем повторного использования отмывочных вод для взрыхления загрузки.

Расчёт реагентного хозяйства ионитовой установки обессоливания.

Технологические схемы реагентного хозяйства ионитовой установки обессоливания представлены в приложениях М, Т.

Для регенерации катионитовых фильтров используют серную кислоту.

При частичном обессоливании воды, когда не надо удалять из воды кремниевую кислоту, анионит регенерируют кальцинированной содой. Если обессоливающая установка имеет анионитовые фильтры с сильноосновным анионитом (для извлечения из воды кремниевой кислоты), регенерация осуществляется едким натром.

1. Ёмкость цистерн для хранения запаса концентрированной кислоты и едкого натра и объем растворного бака соды определяем по формуле:

$$W_{ц} = \frac{\alpha_1 \cdot Q_{сут} \cdot \sum K \cdot a \cdot t}{10^4 \cdot b \cdot \gamma}, \quad (6.104)$$

где α_1 - коэффициент, учитывающий расход воды на собственные нужды установки;

$\sum K$ - сумма катионов (или анионов) в обессоленной воде;

a - удельный расход реагента 100%-ной концентрации, г/г-экв, для серной кислоты - 120-125, для едкого натра - 60-70, для соды - 110-120;

t - число суток, на которое рассчитан запас реагентов, сут, 20-40 сут, при расчете растворного бака для соды 1-2;

b - концентрация реагента, %, для серной кислоты - 62-92,5, для едкого натра - 42, для соды - 95;

γ - удельный вес концентрированного реагента, $\text{т}/\text{м}^3$, для серной кислоты - 1,55-1,83, для едкого натра - 1,45, для соды - 0,95;

$Q_{сут} = Q_{сут}^{тепл}$ - полезный расход обессоленной воды, $\text{м}^3/\text{сут}$;

Количество и размеры цистерн-хранилищ определяют из расчета грузоподъемности ж/д цистерны, равной 50-60 т, что соответствует объему 75%-ной серной кислоты при её плотности 1,67 т/м³ порядка 30-36 м³ или объему едкого натра порядка 34-40 м³ при его плотности 1,45 т/м³.

Количество растворных баков соды не менее 2, принимаются размеры в плане.

2. Ёмкость бака-мерника для серной кислоты и едкого натра и расходного бака соды:

$$W_M = \frac{Q_{\text{час}} \cdot \alpha_1 \cdot \sum K \cdot t \cdot a \cdot p}{10^4 \cdot b \cdot n \cdot \gamma}, \quad (6.105)$$

где t - продолжительность работы катионитового фильтра между регенерациями;

p - число регенераций, на которое принимают запас реагента в мернике, принимается 1 - 3;

n - число рабочих ионитовых фильтров.

Таблица 6.11 - Типовые размеры мерников.

W, л	39	90	150	250	500
D, мм	250	450	500	670	810
H, мм	715	845	1060	1135	1345

Количество расходных баков соды не менее 2, принимаются глубина и размеры в плане.

3. Ёмкость бака с водой для взрыхления загрузки.

Ёмкость бака с водой для взрыхления катионитовой и анионитовой загрузок для каждого типа фильтра определяется с учетом возможности взрыхления загрузки в одном фильтре

$$W_{\text{б.в.}} = \frac{\omega \cdot f \cdot 60 \cdot t}{1000}, \text{ м}^3 \quad (6.106)$$

где ω - интенсивность взрыхления, равная 4 –5 л/с·м²;

t – продолжительность взрыхления, равная 20-30 мин.

Принимается один бак для взрыхления, принимаются глубина и размеры в плане.

6.4.3.5 Расчет дегазатора.

1. Содержание углекислоты в подаваемой на дегазатор воде определяют по формуле

$$[\text{CO}_2]_{\text{п}} = [\text{CO}_2]_{\text{исх}} + 44 \cdot \text{Щ}, \text{ мг / л} \quad (6.107)$$

где Щ – щелочность исходной воды, мг-экв/л;

$[\text{CO}_2]_{\text{исх}}$ – содержание свободной углекислоты в исходной воде, мг/л, определяется по номограмме рис. 2 приложение 5 [3] или по формуле

$$[\text{CO}_2]_{\text{исх}} = [\text{CO}_2]_{\text{табл}} \cdot \beta \cdot \tau, \text{ мг / л} \quad (6.108)$$

где $[\text{CO}_2]_{\text{табл}}$ – содержание свободной углекислоты в воде при температуре 10⁰С и солесодержании 200 мг/л, мг/л, принимается по табл.6,12;

β - поправочный коэффициент на солесодержание, принимается по табл.6.13;

τ - поправочный коэффициент на температуру, принимается по табл. 6.14.

Таблица 6.12 - Содержание свободной углекислоты (в мг/л) в исходной воде

Общая щёлочность воды Ш, мг-экв/л	Содержание свободной углекислоты CO ₂ в воде при температуре 10°C, солесодержании 200 мг/л и при значениях pH															
	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8
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	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	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	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	-	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	-	-	-	88	70	56	44	36	28	23	18	14	12	10	9	6
5,5	-	-	-	97	77	62	48	39	31	25	19	15	13	11	9	6
6	-	-	-	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
7	-	-	-	-	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	-	-	-	-	-	90	70	57	44	35	28	22	18	15	12	10

Таблица 6.13 - Поправка β на солесодержание воды при определении CO₂

Солесодержание, мг/л	100	200	300	400	500	750	1000
β	1,05	1	0,96	0,94	0,92	0,87	0,83

Таблица 6.14 - Поправка τ на температуру воды при определении CO₂

Температура воды в °C	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60
τ	1,28	1,12	1	0,9	0,83	0,78	0,74	0,7	0,66	0,65

2. Площадь поперечного сечения дегазатора

$$F_{\text{дег}} = \frac{Q_{\text{час}}}{P_0}, \text{ м}^2 \quad (6.109)$$

где P_0 - плотность орошения на 1 м^2 площади дегазатора, $\text{м}^3/\text{ч}$, равная при насадке из колец Рашига $60 \text{ м}^3/\text{ч}$, при деревянной хордовой насадке $40 \text{ м}^3/\text{ч}$.

3. Принимаем дегазатор круглый в плане и определяется его диаметр.

4. Высота слоя насадки в дегазаторе назначается по табл. 6.15.

Таблица 6.15 - Высота слоя насадки в дегазаторе

Насадка	Высота слоя насадки $h_{\text{нас.}}$, м, при содержании CO_2 в воде $[\text{CO}_2]_{\text{п}}$, мг/л					
	50	100	150	200	250	300
Кольца Рашига	3	4	4,7	5,1	5,5	5,7
Хордовая из деревянных брусков	4	5,2	6	6,5	6,8	7

5. Вентилятор дегазатора должен обеспечивать подачу удельного расхода воздуха 20 м^3 на 1 м^3 воды, подаваемой в дегазатор; в данном примере $Q_{\text{возд.}} = Q_{\text{час}} \cdot 20, \text{ м}^3 / \text{ч}$.

Необходимый напор, развиваемый вентилятором, определяется с учетом потери напора в насадке из колец Рашига, которая составляет 30 мм вод. ст. на 1 м высоты слоя насадки, а также величины прочих потерь напора, составляющих $30\text{--}40 \text{ мм вод. ст.}$ Суммарная потеря напора $\sum h = H \cdot 30 + 40, \text{ мм вод.ст.}$

Гидравлический расчёт станции водоподготовки для данного примера

1. Расчет сооружений по осветлению, обесцвечиванию воды и снижению окисляемости.

Полная производительность очистной станции определяется по формуле (6.5):

$$Q_{\text{полн}}^{\text{сут}} = 648 \cdot \left(1 + \frac{30}{100}\right) + 624 \cdot \left(1 + \frac{5}{100}\right) = 1497,6 \text{ м}^3 / \text{сут}$$

Расчёт реагентного хозяйства коагулянта

В качестве коагулянтов в водоподготовке применяются соли алюминия и железа. Принимается коагулянт FeCl_3 . Доза коагулянта определяется:

– по цветности (Ц):

$$D_{\text{к}} = 4 \cdot \sqrt{\text{Ц}}, \text{ мг/л}$$

где Ц – цветность воды, град.

$$D_{\text{к}} = 4 \cdot \sqrt{110} \approx 42 \text{ мг / л.}$$

– по мутности исходной воды (табл. 7.1 [6]), $D_{\text{к}}=38 \text{ мг/л}$.

К расчету принимается наибольшее значение, т. е. $D_{\text{к}}=42 \text{ мг/л}$.

Технологическая схема коагулянтного хозяйства при мокром хранении реагента представлена в приложении И.

Расчёт сооружений коагулянтного хозяйства ведется в следующей последовательности:

1. Емкость растворного бака W_p :

$$W_p = \frac{Q_{\text{час}} \cdot n \cdot D_k}{10000 \cdot b_p \cdot \gamma}, \text{ м}^3$$

где $Q_{\text{час}}$ – полная производительность очистной станции, $\text{м}^3/\text{час}$;

n – время, на которое приготавливают раствор коагулянта, ч;

D_k – доза коагулянта в пересчете на безводный продукт, $\text{г}/\text{м}^3$;

b_p – концентрация раствора в растворном баке, % ($b_p = 10-17\%$);

γ – плотность раствора коагулянта, $\text{т}/\text{м}^3$.

$$W_p = \frac{62,4 \cdot 24 \cdot 42}{10000 \cdot 10 \cdot 1} = 0,63 \text{ м}^3$$

Количество баков должно быть не менее трех. Размеры баков принимаются конструктивно. Принимаем 3 бака, размер одного бака 1000x1000x210 мм.

2. Емкость расходных баков W :

$$W = \frac{W_p \cdot b_p}{b}, \text{ м}^3$$

где b – концентрация раствора в расходном баке, %, $b=4-10\%$.

$$W = \frac{0,63 \cdot 10}{4} = 1,58 \text{ м}^3$$

Количество баков должно быть не менее двух, размеры принимаются конструктивно. Принимаем 3 бака, размер каждого 1000x1000x530 мм.

3. Емкость баков–хранилищ определяется в следующей последовательности:

3.1. Определяется расход товарного продукта (коагулянта) из условия его хранения в баках–хранилищах в течение определенного количества суток – T (исходя из условий поставки и производительности станции T принимается 10-30 суток):

$$P = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot D_k \cdot 100 \cdot T}{1000 \cdot 1000 \cdot c}, \text{ т}$$

где c – содержание безводной активной части в товарном продукте коагулянта (может быть принята 30-40%).

$$P = \frac{1497,6 \cdot 42 \cdot 100 \cdot 25}{1000 \cdot 1000 \cdot 30} = 5,24 \text{ т.}$$

3.2. Определяется объем концентрированного раствора, получаемого при растворении расчетного количества коагулянта:

$$W = \frac{P \cdot 100}{b_p \cdot \gamma}, \text{ м}^3,$$

где γ – плотность раствора коагулянта, принимаем $\gamma=1 \text{ т}/\text{м}^3$;

b_p – концентрация раствора в растворном баке, %, ($b_p = 10-17\%$).

$$W = \frac{5,24 \cdot 100}{10 \cdot 1} = 52,4 \text{ м}^3$$

3.3. Принимается расчетное количество баков-хранилищ – $N=4$ и определяется объем одного бака:

$$W_1 = \frac{W}{N} = \frac{52,4}{4} = 13,1 \text{ м}^3$$

Принимаются размеры баков-хранилищ 3000x3000x1500 мм.

4. Суммарный расход воздуха, подаваемого в растворные и расходные баки:

$$Q_B = n_1 \cdot \omega_1 \cdot F_p + n_2 \cdot \omega_2 \cdot F, \text{ л/с}$$

где ω_1, ω_2 – интенсивности подачи воздуха в растворные и расходные баки, равные 8–10 и 3–5 л/с·м² соответственно;

F_p, F – площади в плане растворных и расходных баков, м²;

n_1, n_2 – количество растворных и расходных баков, шт.

$$Q_B = 3 \cdot 10 \cdot 1 + 3 \cdot 5 \cdot 1 = 45 \text{ л/с} = 2,7 \text{ м}^3 / \text{мин.}$$

Подбирается потребное количество воздуходувок. Принимается воздуходувка марки ВК-3 производительностью 3,48 м³/мин (1 рабочая, 1 резервная).

Подача насосов для дозирования растворов реагентов определяется по формуле:

$$q_H = \frac{Q_{\text{час}} \cdot D_k}{100 \cdot c \cdot b \cdot \gamma} = \frac{62,4 \cdot 42}{100 \cdot 30 \cdot 4 \cdot 1} = 0,22 \text{ м}^3 / \text{ч} \quad (5.14)$$

где q – расчетный расход воды станции, м³/ч;

c – содержание безводной активной части в товарном продукте коагулянта, %, (30-40%);

D_p – доза реагента, мг/л;

b – концентрация раствора реагента в расходном баке, %, (4-10%);

γ – плотность раствора реагента, т/м³.

Принимается насос-дозатор марки НД-400/10 с $Q=400$ л/ч (1 рабочий, 1 резервный).

Расчет известкового хозяйства

Технологическая схема известкового хозяйства с использованием привозного известкового теста представлена в приложении Л.

Расчёт схемы известкового хозяйства с использованием привозного известкового теста.

1. Определяется доза извести.

Дозу подщелачивающих реагентов $D_{щ}$, мг/л, необходимых для улучшения процесса хлопьеобразования, определяют по формуле п. 7.1.5 [6]:

$$D_{щ} = K_{щ} \cdot \left(\frac{1}{e} \cdot D_k - Щ_0 + 1 \right), \text{ мг/л}$$

где $D_{щ}$ – доза подщелачивающего реагента, мг/л;

D_k – максимальная, в период подщелачивания доза безводного коагулянта, мг/л;

e_k – эквивалентная масса коагулянта (безводного), мг/мг-экв, принимаемая для $Al_2(SO_4)_3$ – 57, $FeCl_3$ – 54, $Fe_2(SO_4)_3$ – 67;

$K_{щ}$ – коэффициент, принимаемый для извести (по CaO) – 28;

$Щ_0$ – минимальная щелочность воды, мг-экв/л (щелочность исходной воды).

$$D_{щ} = 28 \cdot \left(\frac{1}{54} \cdot 42 - 0,7 + 1 \right) = 30 \text{ мг / л.}$$

Т.к. $D_{щ} > 0$, то требуется подщелачивание воды.

2. Объем бака для приготовления 30%-ного известкового молока:

$$W^{30\%} = \frac{Q_{\text{час}} \cdot D_{\text{и}} \cdot n}{10000 \cdot b_{\text{и}} \cdot \gamma_{\text{и}}}, \text{ м}^3,$$

где $Q_{\text{час}}$ - полная производительность очистной станции, $\text{м}^3/\text{час}$;

$D_{\text{и}}$ - доза извести, мг/л ;

n - время, на которое заготавливают известковое молоко, принимается равным 6 - 12 ч;

$b_{\text{и}}$ - концентрация известкового молока, %, принимается равным 30%;

$\gamma_{\text{и}}$ - объемный вес известкового молока, принимается равным $1\text{т}/\text{м}^3$.

$$W^{30\%} = \frac{62,4 \cdot 30 \cdot 12}{10000 \cdot 30 \cdot 1} = 0,07 \text{ м}^3$$

Количество баков не менее двух, баки принимаются прямоугольные в плане, размеры - конструктивно. Принимается два бака объёмом по $0,04 \text{ м}^3$ каждый, размером $0,2 \times 0,2 \times 1 \text{ м}$.

3. Объем баков - хранилищ:

$$W_{\text{б/х}} = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot D_{\text{и}} \cdot n}{10000 \cdot b_{\text{и}} \cdot \gamma_{\text{и}}}, \text{ м}^3$$

где T - время хранения известкового молока, принимается 15 - 30 суток.

$$W_{\text{б/х}} = \frac{1497,6 \cdot 30 \cdot 30}{10000 \cdot 30 \cdot 1}, \text{ м}^3$$

Количество баков не менее двух, баки прямоугольные в плане, размеры принимаются произвольно. Принимается два бака объёмом по $2,2 \text{ м}^3$ и размером $1 \times 1 \times 2,2 \text{ м}$.

4. Объем растворных баков:

$$W^{5\%} = \frac{W_{\text{р}} \cdot b_{\text{р}}}{b}, \text{ м}^3$$

где $b_{\text{р}}$ - концентрация рабочего раствора известкового молока, принимается равной 5 %.

$$W^{5\%} = \frac{0,07 \cdot 30}{5} = 0,42 \text{ м}^3$$

В качестве расходных баков принимаются гидравлические мешалки марки М-1,5х1,5 ($D=1500 \text{ мм}$), количество мешалок не менее двух.

5. Количество воздуха, необходимое для перемешивания известкового молока в баках, определяется из условия интенсивности подачи $\omega=8-10 \text{ л/с} \cdot \text{м}^2$ по формуле:

$$Q_{\text{в}} = \omega \cdot (n_1 \cdot F_{\text{р}} + n_2 \cdot F), \text{ л/с}$$

$$Q_{\text{в}} = 10 \cdot (2 \cdot 0,04 + 2 \cdot 2,2) = 44,8 \text{ л/с} = 2,7 \text{ м}^3 / \text{мин}$$

Подбирается необходимое количество воздуходувок. Принимается воздуходувку марки ВК-3 производительностью $3,48 \text{ м}^3/\text{мин}$ (1 рабочая и 1 резервная).

Расчет вихревого смесителя

Площадь горизонтального сечения в верхней части смесителя определяется по формуле:

$$f_B = \frac{Q_{\text{час}}}{V_B}, \text{ м}^2$$

где $Q_{\text{час}}$ – полная производительность очистной станции, $\text{м}^3/\text{час}$;

v_B – скорость восходящего движения воды, принимается равной 90–100 м/ч.

$$f_B = \frac{62,4}{100} = 0,62 \text{ м}^2$$

Если принять верхнюю часть смесителя квадратным в плане, то стороны его будут иметь размер:

$$b_B = \sqrt{f_B} = \sqrt{0,62} = 0,8 \text{ м}$$

Диаметр входного отверстия смесителя принимается равным диаметру подводящей трубы и определяется исходя из секундного расхода воды, попадающего в смеситель, и входной скорости $V_H = 1,2-1,5$ м/с. Размер в плане нижней части смесителя будет равен диаметру входного отверстия:

$$d_H = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{час}}}{\pi \cdot v_H \cdot 3600}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 62,4}{3,14 \cdot 1,3 \cdot 3600}} = 0,13 \text{ м} \approx 150 \text{ мм.}$$

Полученный по формуле диаметр округляется до стандартного значения.

Расчёт вертикального отстойника

Применяют вертикальный отстойник на станциях реагентной очистки воды с производительностью до $5000 \text{ м}^3/\text{сут}$.

Площадь зоны осаждения вертикального отстойника определяется по формуле:

$$F = \frac{\beta_{\text{об}} \cdot Q_{\text{час}}}{3,6 \cdot v_p \cdot N_p}, \text{ м}^2,$$

где $Q_{\text{час}}$ – полная производительность очистной станции, $\text{м}^3/\text{час}$;

v_p – расчетная скорость восходящего потока, $v_p=0,08-0,6$ мм/с;

N_p – количество рабочих отстойников;

β – коэффициент, учитывающий объемное использование отстойника, величина которого принимается 1,3-1,5 (нижний предел – при отношении диаметра к высоте отстойника равном 1, верхний – при отношении равном 1,5).

$$F = \frac{1,3 \cdot 62,4}{3,6 \cdot 0,3 \cdot 3} = 25 \text{ м}^2$$

Т.к. количество отстойников менее 6, то предусматриваем 1 резервный.

Площадь камеры хлопьеобразования находится по формуле:

$$f_k = \frac{Q_{\text{час}} \cdot t}{60 \cdot H_k \cdot N}, \text{ м}^2$$

где t – время пребывания воды в камере (15-20 мин);

N – число камер хлопьеобразования; $N=N_p$;

H_k – высота камеры реакции, м.

$$H_k = 0,9 \cdot H_0, \text{ м}$$

где H_0 – высота зоны осаждения вертикального отстойника, м, $H_0=4-5$ м.

$$H_k = 0,9 \cdot 5 = 4,5 \text{ м.}$$

$$f_k = \frac{62,4 \cdot 20}{60 \cdot 4,5 \cdot 3} = 1,54 \text{ м}^2$$

Общая площадь отстойника определяется по формуле:

$$F_{\text{общ}} = F + f_k, \text{ м}^2$$

Диаметр отстойника определяется по формуле:

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{F_{\text{общ}}}{\pi}}, \text{ м}$$

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{26,54}{3,14}} = 5,8 \text{ м}$$

Отношение D/H для вертикального отстойника должно быть в пределах 1,0-1,5; $D/H=5,8/5=1,16$ условие выполняется.

Расчёт промежуточного бака

Объём промежуточного бака определяется из условия пребывания воды в нём 3-5 мин по формуле (6.6):

$$W_{\text{п.б.}} = \frac{62,4 \cdot 3}{60} = 3,12 \text{ м}^3$$

Принимаем 1 бак следующих размеров 1,5х1,5х1,4 м.

Для подачи воды на напорные фильтры принимаем насос марки К90/20.

Расчёт скорых напорных фильтров

Суммарная площадь напорных фильтров определяется по формуле (6.7):

$$F_{\text{н.ф.}} = \frac{1497,6}{24 \cdot 10 - 3,6 \cdot 2 \cdot (8 \cdot 0,017 + 4 \cdot 0,083 + 8 \cdot 0,05) - 2 \cdot 0,25 \cdot 10} = 6,55 \text{ м}^2$$

По типовым размерам фильтра принимаем диаметр и площадь одного фильтра 2000 мм и 3,14 м² соответственно. Определяем количество рабочих фильтров по формуле (6.8):

$$N = \frac{6,55}{3,14} = 2,1 \approx 2 \text{ шт.}$$

Принимаем 2 рабочих и 1 резервный фильтр.

Расчёт сорбционных фильтров

Площадь напорного сорбционного фильтра определяется по формуле (6.9)

$$F_{\text{с.ф.}} = \frac{1497,6}{24 \cdot 10 - 3,6 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 0,12 - 2 \cdot 0,25 \cdot 10} = 6,67 \text{ м}^2$$

Принимаем фильтры диаметром 2000 мм, площадью 3,14 м². Количество фильтров составит:

$$N = \frac{F}{f} = \frac{6,67}{3,14} = 2,12 \approx 2 \text{ шт.}$$

Принимаем 2 рабочих фильтра и 1 резервный.

Высота угольной загрузки по формуле (6.10):

$$H_{уз} = \frac{U_{рф} \cdot T_y}{60} = \frac{10 \cdot 15}{60} = 2,5 \text{ м.}$$

2. Умягчение воды методом двухступенчатого натрий-катионирования воды.

Na-катионирование производится в две ступени, если остаточная жесткость воды должна быть снижена до 0,01 мг-экв/л (глубокое умягчение). При расчете фильтров второй ступени жесткость поступающей воды равна 0,1 мг-экв/л.

1. Расход воды подаваемой на установку $Q_{сут}^{тепл} = 27 \text{ м}^3/\text{час} = 648 \text{ м}^3/\text{сут}$.

2. Рабочая емкость катионита рассчитывается в следующей последовательности:

2.1. Na-катионитного фильтра для первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе определяется по формуле (6.32), при этом:

$q_{уд}$ - удельный расход осветленной воды на промывку катионита, принимается $4 \text{ м}^3/\text{м}^3$ для сульфогля;

α_3 - коэффициент эффективности регенерации, учитывающий неполноту регенерации катионита, при удельном расходе соли на регенерацию $a_c = 150 \text{ г/г-экв}$ $\alpha_3 = 0,74$ для первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе;

β_{Na} - коэффициент, учитывающий снижение обменной емкости катионита по Ca^{2+} и Mg^{2+} вследствие частичного задержания катионов Na^+ . Концентрации Na^+ в исходной воде равна $C_{Na} = \frac{Na^+}{23} = \frac{5,71}{23} = 0,248$, при этом $\frac{C_{Na}}{Ж_0} = \frac{0,248}{2,94} = 0,084$, при-

нимаем $\beta_{Na} = 0,85$.

$E_{полн.}$ - полная обменная емкость катионита, г-экв/м³, принимается для сульфогля крупностью 0,5 – 1,1 мм – 500 г-экв/м^3 ;

$$E_{расч}^{Na} = 0,74 \cdot 0,85 \cdot 500 - 0,5 \cdot 4 \cdot 2,94 = 308,62 \text{ г – экв/м}^3.$$

2.2. Na-катионитного фильтра (для второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе) определяется по формуле (6.33), при этом:

α_3 - коэффициент эффективности регенерации Na-катионита, принимается при удельном расходе соли на регенерацию катионита $a_c = 300 \text{ г/г-экв}$ $\alpha_3 = 0,9$ для второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе;

β_{Na} - коэффициент, учитывающий снижение обменной емкости катионита по Ca^{2+} и Mg^{2+} вследствие частичного задержания катионов Na^+ , при $\frac{C_{Na}}{Ж_0} = \frac{0,248}{0,1} = 2,48$,

принимаем $\beta_{Na} = 0,61$.

$$E_{раб}^{Na} = 0,9 \cdot 0,61 \cdot 500 = 274,5 \text{ г – экв/м}^3.$$

3. Необходимый объем катионита.

3.1. Na-катионитного фильтра (при одно- и двухступенчатом Na-катионитном методе) определяется по формуле (6.35), при этом

n_p – число регенераций каждого фильтра в сутки, определяется по формуле (6.36), тогда:

- для первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе:

$$n_p^1 = \frac{24}{10 + 1,5} \approx 2,$$

- для второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе:

$$n_p^2 = \frac{24}{200 + 1,5} = 0,12$$

Объём катионита:

- для первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе:

$$W_k^{Na^1} = \frac{648 \cdot 2,94}{2 \cdot 308,62} = 3,1 \text{ м}^3,$$

- для второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе:

$$W_k^{Na^2} = \frac{648 \cdot 0,1}{0,12 \cdot 274,5} = 2 \text{ м}^3.$$

4. Высота слоя загрузки.

$H_3^1 = 2,0$ м. (Na-катионитного фильтра первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе).

$H_3^2 = 1,5$ м. (для Na-катионитного фильтра второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе).

5. Суммарная площадь фильтров определяется по формуле (6.39).

- для первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе:

$$F^1 = \frac{3,1}{2,0} = 1,55 \text{ м}^2,$$

- для второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе:

$$F^2 = \frac{2}{1,5} = 1,3 \text{ м}^2.$$

6. Диаметр фильтров и их количество.

По таблице 6.8. принимается площадь и диаметр одного фильтра и определяется требуемое количество фильтров по формуле (6.40):

- для первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе:

принимается фильтр диаметром 1 м, с площадью загрузки $0,8 \text{ м}^2$, тогда количество рабочих фильтров составит

$$N^1 = \frac{1,55}{0,8} = 1,94 \approx 2 \text{ шт.},$$

принимается один резервный фильтр такого же размера.

- для второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе:

принимается фильтр диаметром 1 м, с площадью загрузки 0,8 м², тогда количество рабочих фильтров составит

$$N^2 = \frac{1,3}{0,8} = 1,63 \approx 2 \text{ шт.}$$

принимаем один резервный фильтр такого же размера.

7. Фактическая площадь и фактический объем катионита определяется по следующим формулам (6.41) и (6.42) соответственно:

- для первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе:

$$F_{\phi}^1 = 0,8 \cdot 2 = 1,6 \text{ м}^2;$$

$$W_{\phi}^1 = 2 \cdot 0,8 \cdot 2 = 3,2 \text{ м}^3.$$

- для второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе:

$$F_{\phi}^2 = 0,8 \cdot 2 = 1,6 \text{ м}^2;$$

$$W_{\phi}^2 = 2 \cdot 0,8 \cdot 1,5 = 2,4 \text{ м}^3.$$

8. Расчетная скорость фильтрования воды через катионит рассчитывается по формуле (6.43):

- для первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе:

$$v_p = \frac{27}{1,6} = 16,9 \text{ м / ч} < 25 \text{ м / ч.}$$

- для второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе:

$$v_p = \frac{27}{1,6} = 16,9 \text{ м / ч} < 40 \text{ м / ч.}$$

9. Расход соли на одну регенерацию Na-катионитовых фильтров определяется по формуле (6.44):

- для первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе:

$$P_c^1 = \frac{0,8 \cdot 2,0 \cdot 308,62 \cdot 150}{1000} = 74,1 \text{ кг.}$$

- для второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе:

$$P_c^2 = \frac{0,8 \cdot 1,5 \cdot 274,5 \cdot 300}{1000} = 98,8 \text{ кг}$$

10. Расход воды на собственные нужды установки рассчитываем по следующей схеме.

10.1. На приготовление раствора соли для регенерации Na-катионитовых фильтров определяется по формуле (6.46):

- для первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе:

$$Q_{\text{соли}}^1 = \frac{100 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 74,1}{1000 \cdot 5 \cdot 1} = 5,9 \text{ м}^3 / \text{сут.}$$

- для второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе:

$$Q_{\text{соли}}^2 = \frac{100 \cdot 0,12 \cdot 2 \cdot 98,8}{1000 \cdot 8 \cdot 1} = 0,3 \text{ м}^3 / \text{сут.}$$

10.2. На взрыхление катионита определяется по формуле (6.48):

$$Q_{\text{взр}}^{\text{Na}^1+\text{Na}^2} = 0,06 \cdot w \cdot t \cdot (N_{\text{Na}}^1 \cdot f_{\text{Na}}^1 \cdot n_p^1 + N_{\text{Na}}^2 \cdot f_{\text{Na}}^2 \cdot n_p^2), \text{ м}^3 / \text{сут}$$

$$Q_{\text{взр}}^{\text{Na}^1+\text{Na}^2} = 0,06 \cdot 4 \cdot 20 \cdot (2 \cdot 0,8 \cdot 2 + 2 \cdot 0,8 \cdot 0,12) = 16,3 \text{ м}^3 / \text{сут.}$$

10.3. На отмывку катионитовой загрузки определяется по формуле (6.49):

$$Q_{\text{отм}}^{\text{Na}^1+\text{Na}^2} = q_{\text{уд}} \cdot (N_{\text{Na}}^1 \cdot f_{\text{Na}}^1 \cdot H_3^{\text{Na}^1} \cdot n_p^1 + N_{\text{Na}}^2 \cdot f_{\text{Na}}^2 \cdot H_3^{\text{Na}^2} \cdot n_p^2), \text{ м}^3 / \text{сут}$$

$$Q_{\text{отм}}^{\text{Na}^1+\text{Na}^2} = 4 \cdot (2 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot 2 + 2 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 0,12) = 26,8 \text{ м}^3 / \text{сут.}$$

10.4. Суммарный расход определяем по формуле (6.50):

$$Q_{\text{собс.}} = Q_{\text{соли}}^1 + Q_{\text{соли}}^2 + Q_{\text{взр.}}^{\text{Na}^1+\text{Na}^2} + Q_{\text{отм.}}^{\text{Na}^1+\text{Na}^2}, \text{ м}^3 / \text{сут}$$

$$Q_{\text{собс.}} = 5,9 + 0,3 + 16,3 + 26,8 = 49,3 \text{ м}^3 / \text{сут.}$$

10.5. Процент добавочной воды к расходу, подаваемому на установку, определяется по формуле (6.51):

$$P_{\text{доб}} = \frac{49,3 \cdot 100}{27 \cdot 24} = 7,6\% < 30\%$$

Расчет устройств для мокрого хранения соли, приготовления раствора соли и его перекачки

1. Расход соли на одну регенерацию Na-катионитовых фильтров первой степени составляет $P_c^1=74,1$ кг, второй степени – $P_c^2=98,8$ кг.

2. Суточный расход соли определится по формуле (6.52):

$$S_c = P_c^1 \cdot n_p^1 \cdot N_{\text{Na}}^1 + P_c^2 \cdot n_p^2 \cdot N_{\text{Na}}^2, \text{ кг}$$

$$S_c = 74,1 \cdot 2 \cdot 2 + 98,8 \cdot 0,12 \cdot 2 = 296,4 + 23,7 = 320,1 \text{ кг.}$$

3. Емкость растворных баков определится по формуле (6.53):

$$W_{\text{р.с.}} = \frac{296,4}{1,201 \cdot 10 \cdot 26} + \frac{23,7}{1,201 \cdot 10 \cdot 26} = 0,95 + 0,08 = 1,03 \text{ м}^3$$

Принимается количество баков 2, принимаются размеры баков в плане и глубина - 1000x1000x520(h).

4. Емкость резервуаров для мокрого хранения соли должна приниматься из расчета $1,5 \text{ м}^3$ на 1 т. соли. При этом необходимо обеспечить m – дневной запас соли ($m=25-30$ дней). Таким образом, емкость резервуаров определится по формуле (6.54):

$$W_{\text{р/х}} = 0,3201 \cdot 1,5 \cdot 25 = 12 \text{ м}^3.$$

Принимается количество баков 2 шт, принимаются размеры баков в плане и глубина - 1800x1800x1900(h).

5. Емкость расходных баков считается отдельно для первой и второй степени и определяется по формуле (6.55):

- для первой степени

$$W_{\text{расх.}}^1 = \frac{0,95 \cdot 26}{8} = 3,1 \text{ м}^3$$

Принимается количество расходных баков 2, принимаются размеры баков в плане и глубина - 1500x1500x700(h)

- для второй степени

$$W_{\text{расх.}}^2 = \frac{0,08 \cdot 26}{12} = 0,17 \text{ м}^3$$

Принимается количество расходных баков 2, принимаются размеры баков в плане и глубина - 1000x1000x100(h).

6. Для очистки раствора соли устраиваем напорный фильтр диаметром 1000 мм.

7. Для перекачки 8%-ного раствора соли для регенерации фильтров 1 ступени устанавливаем два насоса (рабочий и резервный) с производительностью определяемой по формуле (6.66)

$$Q_{\text{нас}}^1 = \frac{5 \cdot 0,8 \cdot 8}{26} = 1,23 \text{ м}^3 / \text{ч.}$$

Аналогично рассчитываются насосы для перекачки 12%-ного раствора соли для регенерации фильтров 2 ступени.

$$Q_{\text{нас}}^2 = \frac{5 \cdot 0,8 \cdot 12}{26} = 1,85 \text{ м}^3 / \text{ч.}$$

8. Емкость бака с водой для взрыхления сульфогля в Na-катионитовых фильтрах определяется с учётом возможности взрыхления катионита в одном фильтре по формуле (6.67):

- для первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе:

$$W_{\text{б.в.}}^1 = \frac{4 \cdot 0,8 \cdot 60 \cdot 20}{1000} = 3,9 \text{ м}^3.$$

Принимается один бак для взрыхления сульфогля в фильтрах первой ступени, принимаются размеры в плане и глубина 2000x2000x1000(h).

- для второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе:

$$W_{\text{б.в.}}^2 = \frac{4 \cdot 0,8 \cdot 60 \cdot 20}{1000} = 3,9 \text{ м}^3$$

Принимается один бак для взрыхления сульфогля в фильтрах первой ступени, принимаются размеры в плане и глубина 2000x2000x1000(h).

2.8 Разработка компоновочного плана здания станции

[#Практический раздел](#)

Компоновочный план разрабатывается по размерам сооружений водоподготовки, учитывая следующие основные принципы:

- здание прямоугольное в плане;
- расстояние между колоннами равно 3, 6, 9 м;
- необходимо устройство ворот для подвоза оборудования и реагентов в здание;
- обеспечение свободного прохода к очистным сооружениям и к запорно-регулирующей арматуре;
- расстояние между рабочим оборудованием рекомендуется принимать не менее 1 м;
- размещение сооружений в плане должно обеспечивать минимальную протяженность связывающих трубопроводов.

В здании водоподготовки воды предусматриваем размещение комплексов сооружений по предварительному осветлению и обесцвечиванию воды (включающая коагулянтное и известковое хозяйство), сорбционные фильтры, умягчение воды методом двухступенчатого натрий-катионирования воды. Указывается подвод и отвод к сооружениям трубопроводов. Рабочее оборудование указывается условно в виде фундаментов под него.

2.9 Выбор охладительного устройства в оборотной системе водоснабжения

[#Практический_раздел](#)

При оборотном водоснабжении на промышленном предприятии охладительное устройство должно обеспечить охлаждение циркуляционной воды до температур, отвечающих оптимальным технико-экономическим показателям работы объекта.

Выбор типа охладителей производится путем технико-экономического сравнения различных типов с учетом показателей работы снабжаемого водой оборудования и требований технологических процессов промышленных предприятий к температуре охлаждающей воды. При сравнении учитываются также гидрологические, метеорологические, геологические и топографические условия, качество и стоимость добавочной воды, наличие строительных материалов.

В качестве охлаждающих устройств используются водохранилища-охладители, брызгальные устройства, градирни – открытые, башенные, вентиляторные, а также радиаторные охладители. Основные данные по типовым проектам капельных, башенных и вентиляторных градирен приведены в таблицах 16.1-16.3[5] соответственно, а также в приложении Д.

Подбор охладительного устройства для данного примера

Для охлаждения воды в системе оборотного водоснабжения принимаются вентиляторные градирни, которые обеспечивают наиболее глубокое и устойчивое охлаждение воды. Подбор градирни осуществляется по приложению Д. Подбор градирни осуществляется на основании расхода оборотной воды $Q=27\text{ м}^3/\text{ч}$, подаваемой на градирню. Минимальное количество секций градирни – 2.

Принимаем 2 вентиляторные градирни марки **Росинка 10/20**, размерами 1 секции 1700×1100×2000 (длина×ширина×высота, мм) и производительностью 10-20 м³/ч.

Список использованной литературы

[#Практический раздел](#)

1. ГОСТ 21.205-93. Условные обозначения элементов санитарно-технических систем.
2. СНиП II-89-80. Генеральные планы промышленных предприятий. Нормы проектирования. – М.: Стройиздат, 1981. – 33 с.
3. ТКП 45-4.01-197-2010 (02250) Наружные водопроводные сети и сооружения. Правила проектирования. – Мн.: Министерство архитектуры и строительства, 2011.
4. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. – М.: Стройиздат, 1984. – 116 с.
5. Справочник проектировщика. Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий. Под ред. И.А. Назарова. – М.: Стройиздат, 1977. – 288 с.
6. ТКП 45-4.01-31-2009. Сооружения водоподготовки. Строительные нормы и правила. – Мн.: Министерство архитектуры и строительства, 2009. – 57 с.
7. В.Ф. Кожин. Очистка питьевой и технической воды. – М., БАСТЕТ, 2008.
8. Методические указания для выполнения практических занятий по дисциплине “Оборудование сооружений по очистке природных и сточных вод” для студентов специальности 1 - 70 04 03 “Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов” // Т.И. Акулич, Л.Н Власюк – Брест, УО «БрГТУ», 2011 г.
9. Трубы, арматура и оборудование водопроводно-канализационных сооружений. А.С.Москвитин, В.И.Махров, Е.В.Авдеев [и др.]; под ред. А.С. Москвитина – М.: Стройиздат, 1970. – 528 с., ил. – (Справочник по специальным работам).
10. Оборудование водопроводно-канализационных сооружений. А.С. Москвитин, Б.А. Москвитин, Г.М. Мирончик, Р.Г. Шапиро; под ред. А.С. Москвитина – М.: Стройиздат, 1979. – 430 с., ил. – (Справочник монтажника).
11. ТКП 45-4.01-32-2010 (02250) Наружные водопроводные сети и сооружения. Строительные нормы проектирования. – Мн.: Министерство архитектуры и строительства, 2011.
12. 8. ТКП 45-4.01-258-2012 Водоснабжение промышленных предприятий. Строительные нормы проектирования. – Мн.: Министерство архитектуры и строительства, 2012.

Выписка из ГОСТ 21.205-93 «Условные обозначения элементов санитарно-технических систем»

12. Буквенно-цифровые обозначения трубопроводов санитарно-технических систем (наружных сетей водоснабжения и канализации, теплоснабжения, внутренних водопровода и канализации, горячего водоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования) приведены в таблице 8.

Таблица 8

Наименование	Буквенно-цифровое обозначение
1 Водопровод:	
а) общее обозначение	В0
б) хозяйственно-питьевой*	В1
в) противопожарный*	В2
г) производственный:*	В3
— общее обозначение	
— оборотной воды, подающей	В4
— оборотной воды, обратный	В5
— умягченной воды	В6
— речной воды	В7
— речной осветленной воды	В8
— подземной воды	В9
2 Канализация:	
а) общее обозначение	К0
б) бытовая	К1
в) дождевая	К2
г) производственная:	К3
— общее обозначение	
— механически загрязненных вод	К4
— иловая	К5
— шламосодержащих вод	К6
— химически загрязненных вод	К7
— кислых вод	К8
— щелочных вод	К9
— кислотощелочных вод	К10
— цианосодержащих вод	К11
— хромосодержащих вод	К12

* В том случае, когда хозяйственно-питьевой или производственный водопровод является одновременно и противопожарным, ему присваивают обозначение хозяйственно-питьевого или производственного водопровода, а назначение разъясняют на чертежах.

14. Для трубопроводов систем водопровода и канализации, не предусмотренных таблицей 8, следует принимать обозначения с порядковой нумерацией в продолжение указанных в таблице 8.

15. Если требуется показать, что участок сети канализации является напорным, то буквенно-цифровое обозначение дополняют прописной буквой "Н", например: К4Н.

Выписка из СНиП II-89-80 «Генеральные планы промышленных предприятий»

4. РАЗМЕЩЕНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ

4.1. Для предприятий и промышленных узлов следует проектировать единую систему инженерных сетей, размещаемых в технических полосах, обеспечивающих занятие наименьших участков территории и увязку со зданиями и сооружениями.

4.2. Выбор способа размещения сетей (надземный, надземный или подземный) должен предусматриваться в соответствии с результатами технико-экономических расчетов.

В предзаводских зонах предприятий и общественных центрах промышленных узлов следует предусматривать подземное размещение инженерных сетей.

4.3. Для сетей различного назначения следует, как правило, предусматривать совместное размещение в общих траншеях, тоннелях, каналах, на низких опорах, шпалах или на эстакадах с соблюдением соответствующих санитарных и противопожарных норм и правил безопасности эксплуатации сетей.

Допускается совместное подземное размещение трубопроводов оборотного водоснабжения, тепловых сетей и газопроводов с технологическими трубопроводами, независимо от параметров теплоносителя и Параметров среды в технологических трубопроводах.

4.4. При проектировании инженерных сетей на площадках предприятий, размещаемых в особых природных и климатических условиях, следует также выполнять требования, предусмотренные главами СНиП по проектированию водоснабжения, канализации, газоснабжения и тепловых сетей.

4.5. Размещение наружных сетей с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями и газами под зданиями и сооружениями не допускается.

4.6. Выбор способа размещения силовых кабельных линий следует предусматривать в соответствии с требованиями «Правил устройства электроустановок» (ПУЭ), утвержденных Минэнерго СССР и «Инструкцией по проектированию электроснабжения промышленных предприятий».

4.7. При размещении тепловых сетей допускается пересечение производственных и вспомогательных зданий промышленных предприятий.

ПОДЗЕМНЫЕ СЕТИ

4.8. Подземные сети, как правило, надлежит прокладывать вне проезжей части автомобильных дорог.

На территории реконструируемых предприятий допускается размещение подземных сетей под автомобильными дорогами.

Примечания: 1. Вентиляционные шахты, входы и другие устройства каналов и тоннелей должны размещаться вне проезжей части и в местах, свободных от застройки.

2. При бесканальной прокладке допускается размещение сетей в пределах обочин.

4.9. В Северной строительной-климатической зоне инженерные сети, как правило, следует прокладывать совместно в тоннелях и каналах, предотвращая изменение температурного режима грунтов оснований ближайших зданий и сооружений.

Примечание: Водопроводные, канализационные и дренажные сети следует размещать в зоне температурного влияния тепловых сетей.

4.10. В каналах и тоннелях допускается размещение газопроводов горючих газов (природных, попутных нефтяных, искусственных смешанных и сжиженных углеводородных) с давлением газа до 0,6 МПа (6 кгс/см²) совместно с другими трубопроводами и кабелями связи при условии устройства вентиляции и освещения в каналах и тоннелях в соответствии с санитарными нормами.

Не допускается совместное размещение в канале и тоннеле: газопроводов горючих газов с кабелями силовыми и освещения за исключением кабелей для освещения самого канала или тоннеля; трубопроводов тепловых сетей с газопроводами сжиженного газа, кислородопроводами, азотопроводами, трубопроводами холода, трубопроводами с легковоспламеняющимися, летучими химическими едкими и ядовитыми веществами и со стоками бытовой канализации; трубопроводов легковоспламеняющихся и горючих жидкостей с силовыми кабелями и кабелями связи, с сетями противопожарного водопровода и самотечной канализации; кислородопроводов с газопроводами горючих газов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей с трубопроводами ядовитых жидкостей и с силовыми кабелями.

Примечания: 1. Допускается совместное размещение в общих каналах и тоннелях трубопроводов легковоспламеняющихся и горючих жидкостей с напорными сетями водопровода (кроме противопожарного) и напорной канализации.

2. Каналы и тоннели, предназначенные для размещения трубопроводов с пожаро-, взрывоопасными и токсичными материалами (жидкостями), должны иметь выходы не реже, чем через 60 м и в его концах.

4.11. Расстояния по горизонтали (в свету) от подземных инженерных сетей до зданий и сооружений следует принимать не менее указанных в табл. 9.

Расстояния по горизонтали (в свету) между инженерными подземными сетями при их параллельном размещении следует принимать не менее указанных в табл. 10.

4.12. При прокладке кабельной линии параллельно высоковольтной линии (ВЛ) напряжением 110 кВ и выше расстояние по горизонтали (в свету) от кабеля до крайнего провода должно быть не менее 10 м.

В условиях реконструкции предприятий расстояние от кабельных линий до подземных частей и заземлителей отдельных опор ВЛ напряжением выше 1000 В допускается принимать не менее 2 м, при этом расстояние по горизонтали (в свету) до крайнего провода ВЛ не нормируется.

4.13. При пересечении инженерных сетей расстояния по вертикали (в свету) должны быть не менее:

а) между трубопроводами или электрокабелями и железнодорожными и трамвайными путями, считая от подошвы рельса, или автомобильными дорогами, считая от верха покрытия проезжей части до верха трубы (или ее футляра) или электрокабеля при открытом способе производства работ - 1 м; при закрытом способе производства работ (продавливание, горизонтальное бурение или щитовая проходка) - 1,5 м.

б) между трубопроводами и электрическими кабелями, размещаемыми в каналах или тоннелях, и железными дорогами расстояние по вертикали, считая от верха перекрытия каналов или тоннелей до подошвы рельсов железных дорог, - 1 м, до дна кювета или других водоотводящих сооружений или основания насыпи железнодорожного земляного полотна - 0,5 м;

в) между трубопроводами и силовыми кабелями до 35 кВ и кабелями связи - 0,5 м;

г) между силовыми кабелями 110 - 220 кВ и трубопроводами - 1 м;

д) в условиях реконструкции предприятий при условии соблюдения требований ПУЭ расстояние между кабелями всех напряжений и трубопроводами допускается уменьшать до 0,25 м;

е) между трубопроводами различного назначения (за исключением канализационных, пересекающих водопроводные и трубопроводов для ядовитых и дурно пахнущих жидкостей) - 0,2 м;

ж) трубопроводы, транспортирующие воду питьевого качества, следует размещать выше канализационных или трубопроводов, транспортирующих ядовитые и дурно пахнущие жидкости, на 0,4 м;

допускается размещать стальные, заключенные в футляры трубопроводы, транспортирующие воду питьевого качества ниже канализационных, при

этом расстояние от стенок канализационных труб до обреза футляра должно быть не менее 5 м в каждую сторону в глинистых грунтах и 10 м - в крупнообломочных и песчаных грунтах, а канализационные трубопроводы следует предусматривать из чугунных труб;

и) вводы хозяйственно-питьевого водопровода при диаметре труб до 150 мм допускается предусматривать ниже канализационных без устройства футляра, если расстояние между стенками пересекающихся труб - 0,5 м;

к) при бесканальной прокладке трубопроводов водяных тепловых сетей открытой системы теплоснабжения или сетей горячего водоснабжения расстояния от этих трубопроводов до расположенных ниже и выше канализационных трубопроводов должны приниматься - 0,4 м.

4.14. При размещении инженерных сетей по вертикали на площадках промышленных предприятий и территориях промышленных узлов следует соблюдать нормы глав СНиП по проектированию водоснабжения, канализации, газоснабжения, тепловых сетей, сооружений промышленных предприятий, ПУЭ.

4.15. Газопроводы при пересечении с каналами или тоннелями различного назначения следует размещать над или под этими сооружениями в футлярах, выходящих на 2 м в обе стороны от наружных стенок каналов или тоннелей. Допускается прокладка в футляре подземных газопроводов давлением до 0,6 МПа (6 кгс/см²) сквозь тоннели различного назначения.

4.16. Пересечения трубопроводов с железнодорожными и трамвайными путями, а также с автодорогами должны предусматриваться, как правило, под углом 90°. В отдельных случаях при соответствующем обосновании допускается уменьшение угла пересечения до 45°

Расстояние от газопроводов и тепловых сетей до начала острьяков, хвоста крестовин и мест присоединения к рельсам отсасывающих кабелей должно приниматься не менее 3 м для трамвайных путей и 10 м для железных дорог.

4.17. Пересечение кабельных линий, прокладываемых непосредственно в земле, с путями электрифицированного рельсового транспорта должно предусматриваться под углом 75-90° к оси пути. Место пересечения должно отстоять от начала острьяков, хвоста крестовин и мест присоединения к рельсам отсасывающих кабелей на расстоянии не менее 10 м для железных дорог и не менее 3 м для трамвайных путей.

В случае перехода кабельной линии в воздушную кабель должен выходить на поверхность на расстоянии не менее 3,5 м от подошвы насыпи

или от кромки полотна железной дороги или автомобильной дороги.

Инженерные сети	Расстояние по горизонтали (в свету), м, от подземных сетей до								
	фундаментов зданий и сооружений	фундаментов ограждения, опор, галерей, эстакад трубопроводов, контактной сети и связи	оси пути железных дорог колес 1520 мм, но не менее глубины траншеи до подошвы насыпи и выемки	оси трамвайных путей	автодороги		фундаментов опор воздушных линий электропередачи		
					бортового камня, кромки проезжей части, укрепленной полосой обочины	наружной бровки моста или подошвы насыпи	до 1 кв и наружного освещения	свыше 1 до 35 кв	свыше 35 кв
1. Водопровод и напорная канализация	5	3	4	2,75	2	1	1	2	3
2. Самотечная канализация и водостоки	3	1,5	4	2,75	1,5	1	1	2	3
3. Дренажи	3	1	4	2,75	1,5	1	1	2	3
4. Газопроводы горючих газов:									
а) низкого давления до 0,005 МПа (0,05 кгс/см ²)	2	1	3,75	2,75	1,5	1	1	5	10
б) среднего давления свыше 0,005 (0,05) до 0,3 МПа (3 кгс/см ²)	4	1	4,75	2,75	1,5	1	1	5	10
в) высокого давления свыше 0,3 (3) до 0,6 МПа (6 кгс/см ²)	7	1	7,75	3,75	2,5	1	1	5	10
г) высокого давления свыше 0,6 (6) до 1,2 МПа (12 кгс/см ²)	10	1	10,75	3,75	2,5	1	1	5	10
5. Тепловые сети (от наружной стенки канала, тоннеля или оболочки бесканальной прокладки)	2 (см. примеч. 4)	1,5	4	2,75	1,5	1	1	2	3
6. Кабели силовые всех напряжений и кабели связи	0,6	0,5	3,25	2,75	1,5	1	0,5*	5*	10*
7. Каналы, тоннели	2	1,5	4	2,75	1,5	1	1	2	3

* Относятся только к расстояниям от силовых кабелей. Расстояние от кабелей связи надлежит принимать по специальным нормам, утвержденным Министерством связи СССР.

Примечания: 1. Для электрифицированных железных дорог расстояния от оси железнодорожных путей до силовых кабелей, кабелей связи и трубопроводов тепловых сетей надлежит принимать не менее 10,75 м.

В условиях реконструкции предприятий допускается уменьшение указанных в п. 6 настоящей таблицы расстояний от железных дорог, трамвайных путей и автодорог до величины, согласованной с организациями, эксплуатирующими дороги. При этом кабели на всем протяжении сближения с железными дорогами и трамвайными путями должны прокладываться в блоках или трубах. В случае сближения кабелей с электрифицированными железными дорогами и трамвайными путями трубы должны быть изолирующими (асбестоцементные, пропитанные гудроном или битумом и др.).

2. Расстояние от водопровода и напорной канализации до наружной поверхности подземных резервуаров может быть уменьшено до 3 м, а до фундаментов зданий и других сооружений до 3 м при условии прокладки водопровода в футляре. Расстояние от водопровода и напорной канализации до фундаментов путепроводов и тоннелей для автомобильных дорог допускается принимать равным 2 м при условии прокладки указанных трубопроводов на глубине выше 0,5 м оснований путепроводов и тоннелей.

3. В Северной строительной-климатической зоне расстояния от сетей по поз. 1, 2, 3 и 5 при строительстве с сохранением вечномерзлого состояния грунтов основания надлежит принимать по теплотехническому расчету, но не менее:

при бесканальной прокладке трубопроводов — 10 м;

при прокладке трубопроводов в каналах — 6 м;

при строительстве, когда грунты основания используются в талом состоянии, — согласно табл. 9.

4. Расстояние от тепловых сетей при бесканальной прокладке до зданий и сооружений следует принимать равным 5 м.

5. При заложении сетей ниже подошвы фундаментов зданий и сооружений расстояния, указанные в таблице, следует увеличивать в зависимости от вида грунтов или укреплять фундаменты. В стесненных условиях допускается уменьшение расстояний от сетей до фундаментов при условии принятия мер, исключающих возможность повреждения фундаментов при аварии на сетях.

Инженерные сети	Расстояние по горизонтали (в свету), м. между											
	водопроводом	канализационной	Дренажем или водостоками	Газопроводами горючих газов				кабелями силовыми всех напряжений	кабелями связи	тепловыми сетями		каналами, тоннелями
				низкого давления до 0,005 МПа (0,05 кгс/см ²)	среднего давления св. 0,005 (0,05) до 0,3 МПа (3 кгс/см ²)	высокого давления св. 0,3 (3) до 0,6 МПа (6 кгс/см ²)	высокого давления св. 0,6 (6) до 1,2 МПа (12 кгс/см ²)			наружная стенка канала, тоннеля	оболочка бесканальной прокладки	
1. Водопровод	1,5	(см. примеч. 2)	1,5	1	1	1,5	2	0,5*	0,5	1,5	1,5	1,5
2. Канализация	(см. примеч. 2)	0,4	0,4	1	1,5	2	5	0,5*	0,5	1	1	1
3. Дренажные и водосточные	1,5	0,4	0,4	1	1,5	2	5	0,5*	0,5	1	1	1
4. Газопроводы горючих газов:												
а) низкого давления до 0,005 МПа (0,05 кгс/см ²)	1	1	1	(см. примеч. 3)			—	1	1	2	1	2
б) среднего давления свыше 0,005 (0,05) до 0,3 МПа (3 кгс/см ²)	1	1,5	1,5	(см. примеч. 3)			—	1	1	2	1	2
в) высокого давления свыше 0,3 (3) до 0,6 МПа (6 кгс/см ²)	1,5	2	2	(см. примеч. 3)			—	1	1	2	1,5	2
г) высокого давления свыше 0,6 (6,0) до 1,2 МПа (12 кгс/см ²)	2	5	5	(см. примеч. 3)			—	2	1	4	2	4
5. Кабели силовые всех напряжений	0,5*	0,5*	0,5*	1	1	1	2	0,1—0,5*	0,5	2	2	2
6. Кабели связи	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	0,5	—	1	1	1
7. Тепловые сети:												
а) наружная стенка канала, тоннеля	1,5	1	1	2	2	2	4	2	1	—	—	2
б) оболочка бесканальной прокладки	1,5	1	1	1	1	1,5	2	2	1	—	—	2
8. Каналы, тоннели	1,5	1	1	2	2	2	4	2	1	2	2	—

* В соответствии с требованиями ПУЭ.

Примечания: 1. В условии реконструкции предприятий расстояние между силовыми кабелями до 35 кВ и трубопроводами негорючих жидкостей и негорючих газов допускается уменьшать до 0,25 м, при этом силовые кабели на всем протяжении сближения с подземными сетями должны предусматриваться в трубах.

Для силовых кабелей напряжением 110—220 кВ на участке сближения длиной не более 50 м допускается уменьшение расстояния по горизонтали в свету до трубопроводов, за исключением трубопроводов с горючими жидкостями и газами до 0,5 м, при условии устройства между кабелями и трубопроводами защитной стенки, исключающей возможность механических повреждений.

При невозможности обеспечить между трубопроводами тепловых сетей и электрокабелями расстояний, указанных в табл. 10, необходимо предусматривать теплоизоляцию трубопроводов из расчета, что дополнительный нагрев грунта в любое время года не превышает 10°С для кабелей напряжением до 10 кВ и 5°С для кабелей напряжением 20—220 кВ.

Размещение кабелей над и под трубопроводами в вертикальной плоскости не допускается.

2. Расстояния от канализации до хозяйственно-питьевого водопровода должны приниматься: до водопровода из железобетонных и асбестоцементных труб, прокладываемых в глинистых грунтах, — не менее 5 м, в крупнообломочных и песчаных грунтах — не менее 10 м; до водопровода из чугунных труб диаметром до 200 мм — не менее 1,5 м, диаметром более 200 мм — не менее 3 м; до водопровода из пластмассовых труб — не менее 1,5 м.

При размещении трубопроводов хозяйственно-питьевого водопровода ниже трубопроводов канализации расстояния между ними, равные 1,5 и 3 м, должны увеличиваться на разницу в отметках заложения трубопроводов.

Расстояние между сетями канализации и производственного водопровода независимо от материала и диаметра труб, а также от номенклатуры и характеристики грунтов должно быть не менее 1,5 м.

3. При совместном размещении в одной траншее двух и более газопроводов горючих газов расстояния между ними в свету должны быть для труб диаметром:

до 300 мм — не менее 0,4 м; более 300 мм — не менее 0,5 м.

4. В таблице указаны расстояния до стальных газопроводов.

Размещение подземных газопроводов из неметаллических труб следует предусматривать в соответствии с главой СНиП по проектированию внутренних и наружных устройств газоснабжения.

5. При размещении сетей в общей траншее расстояния между ними допускается принимать исходя из размеров и размещения камер, колодцев и других устройств, необходимости и обеспечения монтажа и ремонта сетей, а также требований, изложенных в примеч. 1—4.

6. Минимальное расстояние по горизонтали от подземного газопровода:

до напорных сетей канализации допускается принимать как до сетей водопровода;

до наружной стенки колодцев и камер допускается принимать не менее 0,3 м;

до тепловых сетей бесканальной прокладки с попутным дренажом следует принимать аналогично канальной прокладке.

7. В условиях реконструкции предприятий расстояние от газопроводов горючих газов с давлением до 0,6 МПа (6 кгс/см²) до водостоков и самотечной канализации допускается сокращать на 50%.

8. При размещении инженерных сетей на разной глубине заложения приведенные в таблице расстояния должны увеличиваться в зависимости от разности в отметках заложения и номенклатуры и характеристики грунтов.

9. Наименьшие расстояния от хозяйственно-бытовой или производственной канализации до водяных тепловых сетей в открытых системах теплоснабжения и тепловых сетей горячего водоснабжения при их бесканальной прокладке следует принимать при диаметре труб тепловых сетей:

200 мм и менее — 1,5 м; более 200 мм — 3 м.

При расположении сетей канализации выше тепловых сетей указанные расстояния следует увеличивать на разность в отметках заложения.

Типовые проекты резервуаров

Типовой проект	Вместимость, м ³	Размеры, м	Материал
901-4-10	100	3,7×6,5	Железобетонный монолитный цилиндрический
901-4-11	250	3,7×10	То же
901-4-15	500	5,1×12	
901-4-16	1000	5,1×18	
901-4-17	2 000	5,1×24	
901-4-18	150	3,82×8	
901-4-21	100	3,6×6	Цилиндрический из сборных железобетонных конструкций
901-4-22	250	3,6×10	То же
901-4-23	500	4,8×12	
4-18-840	100	3,5×6×6	Железобетонный прямоугольный из сборных унифицированных конструкций заводского изготовления
4-18-841	250	3,5×12×6	То же
4-18-842	500	3,6×12×12	
4-18-850	1000	4,8×18×12	
4-18-851	2 000	4,8×24×18	
4-18-852	3 000	4,8×24×30	
4-18-858	6 000	4,8×36×36	
4-18-854	10 000	4,8×48×48	
4-18-855	20 000	4,8×64×64	
901-4-8с	100	2,5×7,6	Открытый пожарный резервуар из бутобетона
901-4-8С	150	2,5×9,3	То же, из кирпича
901-4-13	100	3,8×5,8	Кирпичный цилиндрический
901-4-14	150	2,8×8,2	То же

Примечание. Для цилиндрических резервуаров указаны высота и диаметр.

Технические характеристики консольных насосов типа К

Марка	Параметры		Электродвигатель		Габаритные размеры, мм			Вес, кг	
	Подача, м ³ /ч	Напор, м	Мощность, кВт	Частота об/мин	L	B	H	насос	агрегат
К8/18 (1,5 К6)	6,0- 8 -12	19- 18 -14	1.5	3000	788	257	320	47	64,5
К 50-32-125	8,6- 12,5 -17	22- 20 -17	2,2	3000	790	348	312	32	80
К 20/18	10,5- 20 -22,5	22- 18 -17	2,2	3000	818	208	340	34,5	68
К 65-50-125	14,4- 25 -32,4	22- 20 -18	3,0	3000	770	368	325	37	100
К 20/30 (2 К6)	13- 20 -28	33- 30 -24	4,0	3000	832	300	345	56	92
К 65-50-160	15- 25 -34	34- 32 -28	5,5	3000	865	397	338	46	115
К 45/30 (2К9)	28- 45 -58	35- 30 -25	7,5	3000	1030	332	415	77	133
К 80-65-160	32- 50 -68	34- 32 -26	7,5	3000	920	350	370	50	136
К 80-65-160А	31- 45 -56	29- 26 -21	5.5	3000	920	350	370	50	125
К45/55 (3К6)	45	55	15	3000	1215	390	422	96	226
К 80-50-200	36- 50 -68	54- 50 -44	15	3000	1127	458	455	52	230
К 80-50-200А	29,5- 45 -57	44- 40 -36	11	3000	990	458	425	52	172
К 90/20	56- 90 -110	26- 20 -16	7,5	3000	1030	332	415	63	104
К90/35(4К12)	90	35	15	3000	1215	390	410	101	231
К 100-80-160	65- 100 -132	36- 32 -28	15	3000	1235	458	455	78	250
К 100-80-160А	60- 90 -120	30- 25 -20	11	3000	1105	458	425	78	192
К 90/55 (4К8)	90	55	30	3000	1430	515	585	112	400
К 100-65-200	60- 100 -140	56- 50 -42	30	3000	1290	498	510	82	370
К100-65-200А	60- 90 -120	45- 40 -30	18,5	3000	1265	490	475	82	295
К 90/85 (4К6)	63- 90 -117	95- 85 -67	45	3000	1600	663	730	120	340
К 100-65-250	74- 100 -145	82- 80 -67	45	3000	1390	568	605	117	485
К 100-65-250 А	60- 90 -120	70- 65 -55	37	3000	1390	568	605	117	460
К 160/20 (6К12)	126- 160 -188	23- 20 -17	15	1500	1425	505	520	135	220
К150-125-250	120- 200 -245	21- 20 -18	18.5	1500	1325	475	455	140	375
К 160/30 (6К8)	120- 160 -210	34- 30 -24	30	1500	1515	515	555	150	420
К 150-125-315	130- 200 -250	35- 32 -27	30	1500	1375	540	510	145	422
К 290/18(8К18)	215- 290 -330	20- 18 -16	22	1500	1515	515	555	295	420
К 200-150-250	220- 315 -280	22- 20 -18	30	1500	1400	525	640	135	425
К 290/30 (8К12)	200- 290 -360	34- 30 -26	37	1500	1645	575	630	353	550
К 290/30А	195- 250 -300	27- 24 -20	30	1500	1555	515	585	353	460
К 200-150-315	230- 315 -370	34- 32 -28	45	1500	1665	600	720	345	570

Примечания.

1. В скобках приведены обозначения насосов, действовавшие до 1982 года.

2. В таблице указаны оптимальные значения подачи и напора (выделены жирным шрифтом) и предельные значения подачи и напора.

3 Раздел контроля знаний

(► Структура ЭУМК)

Перечень вопросов, выносимых на экзамен по учебной дисциплине «Водоснабжение промышленных предприятий»

1. Роль воды в промышленности и энергетике. Современный комплекс водного хозяйства промышленного предприятия.
2. Водопотребление на промышленном предприятии.
3. Требования, предъявляемые потребителями к качеству потребляемой воды на хозяйственные, питьевые и производственные нужды.
4. Системы водоснабжения на площадке промпредприятия.
5. Обратные системы производственного водоснабжения.
6. Замкнутые системы водоснабжения.
7. Схемы водоснабжения на промышленном предприятии. Общие принципы проектирования и устройства внутриплощадочных водопроводных сетей.
8. Системы противопожарного водоснабжения на промышленном предприятии.
9. Определение расчётных расходов воды на внутреннее пожаротушение на предприятиях.
10. Классификация систем охлаждения оборотного водоснабжения на промышленном предприятии.
11. Охлаждающие устройства систем промышленного водоснабжения.
12. Балансовые схемы водоснабжения и водоотведения промпредприятий.
13. Методы обработки воды на промпредприятии и основные технологические процессы. Принцип выбора метода обработки воды на промышленном предприятии.
14. Умягчение воды. Классификация методов умягчения воды и условия их применения.
15. Реагентные методы умягчения воды. Классификация методов реагентного умягчения. Известковый метод реагентного умягчения. Основы процесса. Расчетные формулы для определения доз реагентов.
16. Известково-содовый метод реагентного умягчения. Основы процесса. Расчетные формулы для определения доз реагентов.
17. Едконатриевый метод реагентного умягчения. Фосфатный и бариевый методы. Основы процессов. Расчетные формулы для определения доз реагентов.
18. Технологические схемы реагентного умягчения воды поверхностных источников.
19. Технологические схемы реагентного умягчения воды, не содержащей примесей, обуславливающих мутность и цветность.
20. Термический метод умягчения.
21. Умягчение воды методом ионного обмена. Основы процесса.
22. Катиониты и их свойства.
23. Технологические схемы умягчения воды ионным обменом.
24. Конструкции ионообменных фильтров, их регенерация, расчет.

25. Расчет ионообменного катионитового фильтра.
26. Вспомогательные устройства катионитовых установок (регенерация).
27. Обессоливание воды. Методы опреснения и обессоливания воды, их классификация.
28. Опреснение и обессоливание воды дистилляцией.
29. Обессоливание воды методом ионного обмена. Основы процесса.
30. Ионообменный метод опреснения и обессоливания. Основы процесса.
31. Характеристика сильноосновных и слабоосновных анионитов.
32. Технологические схемы ионообменного метода обессоливания воды.
33. Фильтры смешанного действия в трехступенчатой схеме обессоливания воды методом ионного обмена. Регламент цикла регенераций ФСД.
34. Расчет ионообменного анионитового фильтра.
35. Опреснение воды гиперфильтрацией (обратным осмосом).
36. Дегазация воды. Общие сведения. Классификация методов.
37. Физические методы дегазации. Типы дегазаторов.
38. Химические методы дегазации.
39. Обескремнивание воды. Общие сведения. Классификация методов.
40. Реагентные методы обескремнивания воды.
41. Обескремнивание воды фильтрованием через активированные загрузки.
42. Обескремнивание воды ионным обменом.
43. Обработка воды для борьбы с коррозией и зарастанием труб и оборудования систем водоснабжения. Виды и причины зарастания труб и оборудования. Стабильность воды.
44. Стабилизационная обработка воды в прямоточных системах водоснабжения.
44. Стабилизационная обработка воды в оборотных системах водоснабжения.
45. Стабилизационная обработка воды для предотвращения образования отложений карбоната кальция.
46. Обработка охлаждающей оборотной воды. Обработка воды для предотвращения сульфатных отложений. Использование очищенных сточных вод в оборотных охлаждающих системах.
47. Обработка воды для предотвращения механических отложений. Обработка воды для предотвращения биологических обрастаний.

4 Вспомогательный раздел

(► Структура ЭУМК)

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине «Водоснабжение промышленных предприятий»

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

3. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор БрГТУ

_____ М.В. Нерода

«__» _____ 2022 г.

Регистрационный № УД- _____ /уч.

Водоснабжение промышленных предприятий

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине для специальности:

1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов»

2022 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-70 04 03-2019 и типового учебного плана J 70-1-004/пр-тип. для специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» (код 2142-017 по ОКРБ 014-2017).

СОСТАВИТЕЛЬ:

Г.А. Волкова, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, канд. техн. наук, доцент,
С.В. Андреюк, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, канд. техн. наук

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

И.В. Дацкевич, начальник производственно-технического отдела КПУП «Брестводоканал»;
С.А. Новик, главный специалист отдела комплексного проектирования № 2 УП «Институт Брестстройпроект», магистр техн. наук

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов
Заведующий кафедрой _____ канд. техн. наук, доцент С.Г. Белов,
протокол № ___ от _____ 2022;

Методической комиссией факультета инженерных систем и экологии
Председатель методической комиссии _____ канд. техн. наук, доцент
О.П. Мешик,
протокол № ___ от _____ 2022;

Научно-методическим советом БрГТУ (протокол № ___ от _____ 2022).

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

[#Учебная программа](#)

«Водоснабжение промышленных предприятий» – инженерная дисциплина, в которой изучаются современные методы проектирования инженерных сетей, оборудования зданий и сооружений для эффективного водоснабжения промышленных предприятий.

Целью преподавания дисциплины является подготовка будущих специалистов, умеющих

- производить правильный подбор средств и программного обеспечения для проектирования систем и схем водоснабжения объектов;
- выбрать рациональную схему для правильного и грамотного оформления и компоновки графической документации;
- производить проектирование, расчет внутрисплощадочных водопроводных сетей и сооружений;
- принимать правильные компоновочные решения всего водопроводного комплекса.

Задачи изучения дисциплины:

Приобретение навыков осуществлять проектирование, строительство, эксплуатацию систем водоснабжения и водоотведения населенных мест и промышленных предприятий.

Специалист, освоивший содержание образовательной программы по специальности, должен обладать следующими базовыми профессиональными компетенциями в соответствии с ОСВО 1-70 04 03-2019:

- знать устройство водозаборных сооружений, системы и схемы водоснабжения промышленных предприятий;
- знать основы трассировки, проектирования и расчета водопроводных сетей;
- знать основные технологические схемы и сооружения по улучшению качества природных вод, основы изысканий и проектирования;
- знать основные направления и методы интенсификации работы сооружений специальной водоподготовки.

Перечень дисциплин, знание которых необходимо для изучения курса:

«Водопроводные сети», «Водоподготовка», «Оборудование сооружений по очистке природных и сточных вод», «Насосные и воздухоудельные станции».

Для закрепления теоретического материала предусмотрено проведение практических занятий по ключевым темам, выполнение курсовой работы.

В соответствии с учебными планами на изучение учебной дисциплины «Водоснабжение промышленных предприятий» отводится:

Курс	Се- местр	Общее ко- личество часов по плану (з.е.)	Аудиторных часов			Форма те- кущей ат- тестации
			Лек- ции	Практи- ческие занятия	Лабораторные занятия	
<i>Дневная форма получения образования</i>						
4	7	136 (3 з.е.)	34	16	16	Экзамен
		40 (1 з.е.)	Курсовая работа			
<i>Заочная форма получения образования</i>						
4	8	136 (3 з.е.)	8	4	4	Экзамен
		40 (1 з.е.)	Курсовая работа			
<i>Заочная, интегрированная с программами среднего специального образования, сокращенная форма получения образования</i>						
4	7	136 (3 з.е.)	4	6	6	Экзамен
		40 (1 з.е.)	Курсовая работа			

2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

[#Учебная_программа](#)

2.1. ЛЕКЦИОННЫЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

2.1.1. Водопотребление на промышленном предприятии.

Введение. Цели и задачи изучения дисциплины «Водоснабжение промышленных предприятий». Роль воды в промышленности и энергетике. Использование водных ресурсов в промышленности. Терминология.

Современный комплекс водного хозяйства промышленного предприятия.

Водопотребление. Определение расчетных расходов. Использование технической воды в промышленности. Требования к источнику водоснабжения. Требования к качеству технической воды. Определение расчетных расходов для производственных нужд промышленного предприятия.

Использование хозяйственно-питьевой воды. Основные показатели качества хозяйственно-питьевой воды. Определение расчетных расходов для хозяйственно-питьевых, противопожарных нужд промышленного предприятия.

Системы и схемы водоснабжения промышленных предприятий.

Общие сведения о системах водоснабжения. Система водоснабжения: основные понятия и определения. Классификация систем водоснабжения. Основные элементы систем водоснабжения. Условия расчета сооружений систем производственного водоснабжения.

Схемы систем производственного водоснабжения. Прямоточная схема систем производственного водоснабжения. Схема систем производственного водоснабжения с повторным использованием воды. Обратные схемы систем производственного водоснабжения. Эффективность использования воды на промпредприятиях.

2.1.2. Проектирование и гидравлический расчет элементов внутриплощадочных сетей хозяйственно-питьевого, противопожарного и производственного водоснабжения на площадке промышленного предприятия.

Системы и схемы водоснабжения на площадке промышленного предприятия. Особенности системы и схемы хозяйственно-питьевого водоснабжения. Системы противопожарного водоснабжения.

Общие принципы проектирования и устройства внутриплощадочных водопроводных сетей. Трассировка водопроводных сетей на площадке промышленного предприятия. Схема тупиковой внутриплощадочной сети на площадке промпредприятия. Схема кольцевой внутриплощадочной сети на площадке промпредприятия.

Гидравлический расчет элементов внутриплощадочных сетей хозяйственно-питьевого, противопожарного и производственного водоснабжения на площадке промышленного предприятия. Задачи гидравлического расчета водопроводных сетей. Методика расчета тупиковой водопроводной сети. Методика расчета кольцевой водопроводной сети. Определение объемов запасно-регулирующих резервуаров.

2.1.3. Охлаждение оборотной воды. Охлаждающие устройства систем производственного водоснабжения.

Оборотная схема системы производственного водоснабжения. Охлаждение оборотной воды. Процессы охлаждения воды в охладителях. Параметры, характеризующие работу охладителей.

Классификация охладителей оборотной воды и принцип работы.

Водохранилища-охладители. Брызгальные устройства. Брызгальные бассейны. Градирни.

Баланс воды в системах оборотного водоснабжения. Водный баланс охладителей. Потери воды в охладителях.

2.1.4. Методы обработки воды на промпредприятии и основные технологические процессы. Принцип выбора метода обработки воды.

2.1.4.1. Умягчение воды.

Классификация методов умягчения воды и область их применения. Реагентные методы умягчения воды: известковый, известково-содовый, едко-натриевый, бариевый, фосфатный. Технологические схемы и конструктивные особенности установок для реагентного умягчения. Умягчение воды методом ионного обмена (катионитовый метод умягчения). Основы процесса, катиониты и их свойства. Технологические схемы умягчения воды ионным обменом. Конструкции ионнообменных фильтров. Проектирование и расчет. Термический метод умягчения. Термохимический метод умягчения. Натрий-хлор-ионитовый, известково-доломитовый методы умягчения. Вспомогательные устройства катионитовых установок (солевое и кислотное хозяйство).

2.1.4.2. Обессоливание воды.

Классификация методов обессоливания воды. Обессоливание и опреснение воды дистилляцией, конструкции испарительных установок. Обессоливание воды методом ионного обмена. Основы процесса обессоливания. Характеристика анионитов. Технологические схемы обессоливания воды ионным обменом. Конструкции и расчет установок для обессоливания воды. Фильтры смешанного действия. Обессоливание воды электродиализом (сущность процесса, схемы аппаратов и установок). Метод обессоливания обратным осмосом, сущность процесса, область применения, аппараты для осуществления процесса обратного осмоса.

2.1.4.3. Дегазация воды.

Общие сведения, классификация методов удаления из воды растворенных газов. Физические методы дегазации. Типы дегазаторов. Методика расчета дегазато-

ров. Химические методы дегазации. Технология и аппаратура для удаления из воды свободной углекислоты, сероводорода, метана, растворенного кислорода.

2.1.4.4. Обескремнивание воды.

Классификация методов. Обескремнивание воды реагентными методами: известью, солями железа, солями алюминия, магниевыми реагентами. Обескремнивание воды ионным обменом. Фильтрационное обескремнивание. Обескремнивание воды анионитами. Обескремнивание электрокоагуляцией. Сущность методов, технологические схемы, сооружения, проектирование и расчет установок.

2.1.4.5. Стабилизационная обработка воды.

Понятие агрессивности и коррозионности воды. Стабильность воды. Расчет показателей стабильности воды. Способы оценки стабильности воды. Стабилизационная обработка воды в прямоточных системах водоснабжения. Стабилизационная обработка воды в оборотных системах водоснабжения.

2.1.4.6. Обработка охлаждающей оборотной воды. Использование очищенных сточных вод в оборотных охлаждающих системах.

Водный режим в системах оборотного водоснабжения. Продувка системы оборотного водоснабжения. Обработка воды для борьбы с образованием накипи. Обработка воды в системах производственного водоснабжения для предотвращения отложений и биообрастаний в трубопроводах и на поверхности оборудования (сульфатные, карбонатные и механические отложения). Удаление из воды растворенного кислорода. Обработка охлаждающей воды хлорированием.

Требования к качеству воды, используемой повторно в промышленности. Использование очищенных сточных вод в оборотных охлаждающих системах.

2.2. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

2.2.1. Определение расчетных расходов для хозяйственно-питьевых, производственных, противопожарных нужд промышленного предприятия. Разработка балансовых схем водоснабжения и водоотведения промышленных предприятий. Расчет баланса воды в системе оборотного водоснабжения.

2.2.2. Проектирование внутриплощадочных сетей и сооружений водоснабжения промышленного предприятия. Генплан площадки промышленного предприятия.

Проектирование и гидравлический расчет элементов внутриплощадочной сети хозяйственно-питьевого водоснабжения на площадке промышленного предприятия.

Проектирование и гидравлический расчет элементов внутриплощадочной сети производственного водоснабжения на площадке промышленного предприятия.

Проектирование и гидравлический расчет элементов внутриплощадочной сети оборотного водоснабжения на площадке промышленного предприятия.

Определение объемов запасно-регулирующих резервуаров. Определение параметров и подбор насосного оборудования.

2.2.3. Проектирование и расчёт сооружений по осветлению, обесцвечиванию и умягчению реагентным методом. Проектирование и расчёт сооружений по глубокому умягчению.

2.3. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

2.3.1. Методы обработки воды на промпредприятии и основные технологические процессы. Принцип выбора метода обработки воды.

2.3.2. Умягчение воды. Реагентные методы умягчения воды: известковый, известково-содовый, едко-натриевый, бариевый, фосфатный. Умягчение воды методом ионного обмена (катионитовый метод умягчения).

2.3.3. Дегазация. Физические методы дегазации.

2.3.4. Стабилизационная обработка воды. Оценка стабильности воды. Стабилизационная обработка воды в прямоточных и в оборотных системах водоснабжения.

2.4. КУРСОВАЯ РАБОТА И ЕЕ ХАРАКТЕРИСТИКА

Курсовая работа выполняется на тему «Система водоснабжения промышленного предприятия – 40 (1 з.е.)

Курсовая работа состоит из пояснительной записки (25-30 стр.) и графического материала (1 листа формата А1). В состав пояснительной записки входят следующие разделы: анализ категорий водопотребителей на промпредприятии и требований к качеству воды; разработка балансовой схемы водоснабжения и водоотведения промышленного предприятия; выбор и обоснование системы и схемы водоснабжения промпредприятия; проектирование системы хозяйственно-питьевого водоснабжения промышленного предприятия (выбор и обоснование схемы подключения внутримплощадочной сети хозяйственно-питьевого водоснабжения к городскому коллектору; трассировка и гидравлический расчет хозяйственно-питьевого водопровода на два расчетных случая; определение параметров насосного оборудования водопроводно-насосной станции и объемов регулирующих резервуаров); проектирование и расчет системы производственного водоснабжения промпредприятия по прямоточной и оборотной схемах (трассировка и гидравлический расчет сети производственного водоснабжения; определение параметров насосного оборудования станции водоподготовки и объемов регулирующих резервуаров; проектирование станции специальной водоподготовки; выбор охладительного оборудования).

Графический материал включает: генеральный план промышленного предприятия с сетями водоснабжения, технологическая схема специальной водоподготовки, балансовая схема производственного водоснабжения.

2.5. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИМИСЯ. СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗНАНИЙ

Система контроля включает следующие уровни: контроль выполнения практических занятий, контроль выполнения курсовой работы. Самостоятельная работа студентов включает в себя подготовку к лекционным и практическим занятиям, выполнение курсовой работы, сдачу зачета.

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельное обучение

1. Обследование состояния систем и сооружений водоснабжения промышленного предприятия [3.1.1, 3.1.4, 3.1.5] – 6 час.
2. Методологическое обоснование реконструкции систем водоснабжения промышленного предприятия [3.1.1, 3.1.4, 3.1.5] – 6 час.
3. Классификация автоматических систем пожаротушения. Спринклерные и дренчерные противопожарные установки, применяемые для внутреннего пожаротушения промышленного предприятия [3.1.2] – 8 час.
4. Классификация охлаждающих устройств по способу передачи тепла. Системы водяного охлаждения: водохранилища-охладители, пруды-охладители, брызгальные бассейны, градирни. Показатели, характеризующие работу охладителей [3.1.5] – 6 час.
5. Специальные методы обработки воды для промпредприятий отдельных отраслей промышленности [3.1.5, 3.2.6] – 6 час.
6. Расчёт установок для реагентного умягчения воды [3.1.6, 3.2.6] – 6 час.
7. Обессоливание воды электродиализом. Расчёт электродиализной опреснительной установки. Опреснение воды с применением искусственного замораживания [3.1.5, 3.2.6] – 6 час.
8. Тепловой расчет охладителей [3.1.5] – 8 час.
9. Обескремнивание воды электрокоагуляцией [3.1.5] – 6 час.
10. Понятия агрессивности, коррозионности и стабильности воды. Расчёт показателя стабильности. Способы оценки стабильности воды. Магнитная и акустическая обработка воды с целью предотвращения образования отложений карбоната кальция. [3.2.7] – 6 час.
11. Использование очищенных сточных вод в оборотных охлаждающих системах. Хлорирование охлаждающей воды. Обработка воды для предупреждения коррозии теплообменных аппаратов и трубопроводов систем водяного охлаждения. Методы обработки добавочной воды [3.2.7] – 6 час.

2.6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов самостоятельной работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Водопотребление на промышленном предприятии.	2	2		—		6	Экзамен Курсовая работа
2	Системы и схемы водоснабжения промышленных предприятий	2	—		—		6	
3	Проектирование и гидравлический расчет элементов внутриплощадочных сетей хозяйственно-питьевого, противопожарного и производственного водоснабжения на площадке промышленного предприятия.	6	4		—		8	
4	Охлаждение оборотной воды. Охлаждающие устройства систем производственного водоснабжения.	4	2		—		6	
5	Методы обработки воды на промпредприятии и основные технологические процессы. Принцип выбора метода обработки воды.	2	1		2		6	
6	Умягчение воды.	6	3		6		6	
7	Обессоливание воды.	4	1		—		6	
8	Дегазация.	2	1		4		8	
9	Обескремнивание.	2	1		—		6	
10	Стабилизационная обработка воды.	2	1		4		6	
11	Обработка охлаждающей оборотной воды. Использование очищенных сточных вод в оборотных охлаждающих системах.	2	—		—		6	
	Итого	34	16		16		70	

Заочная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов самостоятельной работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Водопотребление на промпредприятии. Системы и схемы водоснабжения.	2	1		—		24	Экзамен Курсовая работа
3	Проектирование и гидравлический расчет элементов внутриплощадочных сетей на площадке промышленного предприятия.	2	1		—		24	
4	Охлаждение оборотной воды. Охлаждающие устройства систем производственного водоснабжения. Дегазация.	2	1		—		24	
5	Методы обработки воды на промпредприятии и основные технологические процессы. Умягчение воды, обессоливание воды, стабилизационная обработка воды. Использование очищенных сточных вод.	2	1		4		24	
Итого		8	4		4		120	

*Заочная, интегрированная с программами среднего специального образования,
сокращенная форма получения образования*

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов самостоятельной работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Водопотребление на промпредприятии. Системы и схемы водоснабжения.	1	1		—		24	Экзамен Курсовая работа
3	Проектирование и гидравлический расчет элементов внутриплощадочных сетей на площадке промышленного предприятия.	1	2		—		24	
4	Охлаждение оборотной воды. Охлаждающие устройства систем производственного водоснабжения. Дегазация.	1	1		—		24	
5	Методы обработки воды на промпредприятии и основные технологические процессы. Умягчение воды, обессоливание воды, стабилизационная обработка воды. Использование очищенных сточных вод.	1	2		6		24	
Итого		4	6		6		120	

3. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

[#Учебная программа](#)

3.1 Основная литература

- 3.1.1. СН 4.01.01-2019 Строительные нормы Республики Беларусь «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения». Министерство архитектуры и строительства РБ. – Минск, 2019.
- 3.1.2. СН 2.02.02-2019 Строительные нормы Республики Беларусь «Противопожарное водоснабжение». Министерство архитектуры и строительства РБ. – Минск, 2019.
- 3.1.3. СН 4.01.03-2019 Строительные нормы Республики Беларусь «Системы внутреннего водоснабжения и канализации зданий». Министерство архитектуры и строительства РБ. – Минск, 2019.
- 3.1.4. Водопроводные сети : учебное пособие / Э. И. Михневич, С. В. Андреюк. – Минск : ИВЦ Минфина, 2021. – 256 с.
- 3.1.5. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: издание 2-ое, переработанное и дополненное. Учебное пособие. Том 1,2,3. – М.: Издательство АСВ, 2004.- 256 с.
- 3.1.6. Пособие П1-2019 «Проектирование сооружений водоподготовки» к ТКП 45–4.01–320–2018, Министерство архитектуры и строительства РБ. – Минск, 2020 г.

3.2 Дополнительная литература

- 3.2.1. Методические указания для выполнения курсовой работы и практических занятий по дисциплине «Водоснабжение промышленных предприятий» для студентов специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» / Брест. гос. техн. ун-т ; сост.: В. В. Мороз, Т. И. Акулич, С. В. Андреюк. – Брест, 2017. – 83 с.
- 3.2.2. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Водопроводные сети» к расчету и проектированию водопроводных сетей по программе ЕРАNET для студентов специальности 700403 – «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» / Брест. гос. техн. ун-т ; сост.: Б. Н. Житенев, С. В. Андреюк. – Брест, 2021. – 75 с.
- 3.2.3. СН 4.01.02-2019 Строительные нормы Республики Беларусь «Канализация. Наружные сети и сооружения». Министерство архитектуры и строительства РБ. – Минск, 2019.
- 3.2.4. Шевелев, Ф. А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб : Справочное пособие / Ф. А. Шевелев, А. Ф. Шевелев. – М. : БАСТЕТ, 2014. – 382 с.
- 3.2.5. ЭкоНиП 17.01.06-001-2017 Экологические нормы и правила Республики Беларусь «Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности». Утв. Пост. Мин. прир. рес. и охр. окр. среды РБ от 18 июля 2017 г. № 5-Т.
- 3.2.6. Кожин, В. Ф. Очистка питьевой и технической воды. Примеры и расчеты. – М., ООО «БАСТЕТ», 2008. – 304 с.
- 3.2.7. Николадзе, Г. И. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения / Г. И. Николадзе, Д. М. Минц, А. А. Кастальский // М., «Высшая школа» (переизд.), 2014. – 367 с.

3.3 Вопросы к экзамену по дисциплине

1. Роль воды в промышленности и энергетике. Современный комплекс водного хозяйства промышленного предприятия.
2. Водопотребление на промышленном предприятии.
3. Требования, предъявляемые потребителями к качеству потребляемой воды на хозяйственные, питьевые и производственные нужды.
4. Системы водоснабжения на площадке промпредприятия.
5. Обратные системы производственного водоснабжения.
6. Замкнутые системы водоснабжения.
7. Схемы водоснабжения на промышленном предприятии. Общие принципы проектирования и устройства внутриплощадочных водопроводных сетей.
8. Системы противопожарного водоснабжения на промышленном предприятии.
9. Определение расчётных расходов воды на внутреннее пожаротушение на предприятиях.
10. Классификация систем охлаждения оборотного водоснабжения на промышленном предприятии.
11. Охлаждающие устройства систем промышленного водоснабжения.
12. Балансовые схемы водоснабжения и водоотведения промпредприятий.
13. Методы обработки воды на промпредприятии и основные технологические процессы. Принцип выбора метода обработки воды на промышленном предприятии.
14. Умягчение воды. Классификация методов умягчения воды и условия их применения.
15. Реагентные методы умягчения воды. Классификация методов реагентного умягчения. Известковый метод реагентного умягчения. Основы процесса. Расчетные формулы для определения доз реагентов.
16. Известково-содовый метод реагентного умягчения. Основы процесса. Расчетные формулы для определения доз реагентов.
17. Едконатриевый метод реагентного умягчения. Фосфатный и бариевый методы. Основы процессов. Расчетные формулы для определения доз реагентов.
18. Технологические схемы реагентного умягчения воды поверхностных источников.
19. Технологические схемы реагентного умягчения воды, не содержащей примесей, обуславливающих мутность и цветность.
20. Термический метод умягчения.
21. Умягчение воды методом ионного обмена. Основы процесса.
22. Катиониты и их свойства.
23. Технологические схемы умягчения воды ионным обменом.
24. Конструкции ионообменных фильтров, их регенерация, расчет.
25. Расчет ионообменного катионитового фильтра.
26. Вспомогательные устройства катионитовых установок (регенерация).
27. Обессоливание воды. Методы опреснения и обессоливания воды, их классификация.
28. Опреснение и обессоливание воды дистилляцией.
29. Обессоливание воды методом ионного обмена. Основы процесса.
30. Ионообменный метод опреснения и обессоливания. Основы процесса.
31. Характеристика сильноосновных и слабоосновных анионитов.
32. Технологические схемы ионообменного метода обессоливания воды.

33. Фильтры смешанного действия в трехступенчатой схеме обессоливания воды методом ионного обмена. Регламент цикла регенераций ФСД.
34. Расчет ионообменного анионитового фильтра.
35. Опреснение воды гиперфльтрацией (обратным осмосом).
36. Дегазация воды. Общие сведения. Классификация методов.
37. Физические методы дегазации. Типы дегазаторов.
38. Химические методы дегазации.
39. Обескремнивание воды. Общие сведения. Классификация методов.
40. Реагентные методы обескремнивания воды.
41. Обескремнивание воды фильтрованием через активированные загрузки.
42. Обескремнивание воды ионным обменом.
43. Обработка воды для борьбы с коррозией и зарастанием труб и оборудования систем водоснабжения. Виды и причины зарастания труб и оборудования. Стабильность воды.
44. Стабилизационная обработка воды в прямоточных системах водоснабжения.
44. Стабилизационная обработка воды в оборотных системах водоснабжения.
45. Стабилизационная обработка воды для предотвращения образования отложений карбоната кальция.
46. Обработка охлаждающей оборотной воды. Обработка воды для предотвращения сульфатных отложений. Использование очищенных сточных вод в оборотных охлаждающих системах.
47. Обработка воды для предотвращения механических отложений. Обработка воды для предотвращения биологических обрастаний.