

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА ВОДОСНАБЖЕНИЯ, ВОДООТВЕДЕНИЯ
И ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

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»
специализации 1 - 70 04 03 01
«Системы водоснабжения и водоотведения»*

Брест 2017

УДК 628.1

Методические указания подготовлены для студентов вузов специальности 1 - 70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов», изучающих курс «Водоснабжение промышленных предприятий».

Курсовая работа выполняется на тему «Система водоснабжения промышленного предприятия». В данных методических указаниях рассматриваются вопросы проектирования и расчета системы водоснабжения промышленного предприятия. Приведен материал по выбору системы и схемы водоснабжения промышленного предприятия, по разработке балансовой схемы водоснабжения и водоотведения предприятия, рассмотрена последовательность гидравлического расчета хозяйственно-питьевой и производственной сетей водоснабжения. Методические указания включают материал по проектированию станции водоподготовки для производственных целей. В методических указаниях рассмотрен пример расчета системы водоснабжения промпредприятия.

Составители: В.В. Мороз, старший преподаватель
Т.И. Акулич, старший преподаватель
С.В. Андреюк, старший преподаватель

Рецензент: главный инженер проектов ДП «Бресткоммунпроект» Р.И. Вовк

Учреждение образования
© «Брестский государственный технический университет», 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Состав и объем курсовой работы «Система водоснабжения промышленного предприятия».....	4
2. Анализ категорий водопотребителей на промпредприятии и требований к качеству воды.....	6
3. Разработка балансовой схемы водоснабжения и водоотведения промпредприятия.....	7
4. Выбор и обоснование системы и схемы водоснабжения промпредприятия.....	8
5. Проектирование системы хозяйственно-питьевого водоснабжения промпредприятия.....	10
5.1. Выбор и обоснование схемы подключения внутримплощадочной сети хозяйственно-питьевого водоснабжения к городскому коллектору.....	10
5.2. Трассировка и гидравлический расчет хозяйственно-питьевого водопровода на два расчетных случая.....	10
5.3. Определение объемов запасно-регулирующих резервуаров.....	19
5.4. Определение параметров насосного оборудования водопроводной насосной станции и подбор насосного оборудования.....	21
6. Проектирование систем производственного водоснабжения промпредприятия.....	25
6.1. Трассировка и гидравлический расчет сетей производственного водоснабжения (по прямоточной и оборотной схемах).....	25
6.2. Определение объемов запасно-регулирующих резервуаров, резервуаров нагретой и охлажденной воды.....	27
6.3. Определение параметров насосного оборудования водопроводных насосных станций технической воды, оборотного водоснабжения.....	29
6.4. Проектирование станции водоподготовки.....	31
6.4.1. Выбор и обоснование методов обработки воды для принятой системы водоснабжения.....	31
6.4.2. Разработка технологической схемы водоподготовки.....	34
6.4.3. Гидравлический расчет сооружений станции водоподготовки.....	34
6.4.4. Разработка компоновочного плана здания станции водоподготовки.....	66
6.5. Выбор охладительного устройства в оборотной системе водоснабжения.....	67
Список использованной литературы.....	68
Приложения.....	69

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение водой промпредприятий является одной из важных народно-хозяйственных задач. В подавляющем большинстве отраслей промышленности вода используется в технологических процессах производства. 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.

Кроме воды для технологических нужд, на каждом предприятии требуется вода для хозяйственно-питьевых целей рабочих и служащих, а также для целей пожаротушения.

Методы использования воды, определение требуемых для производства количеств и качеств воды всецело зависят от характера технологического процесса.

1. СОСТАВ И ОБЪЁМ КУРСОВОЙ РАБОТЫ «СИСТЕМА ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ»

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. pH;

Перманганатная окисляемость, мг O₂/л;

Щелочность, мг-экв/л;

Жесткость карбонатная, мг-экв/л;

Жесткость общая, мг-экв/л;

Содержание катионов и анионов в воде, мг/л:

катионы: Ca²⁺; Mg²⁺; Na⁺;

анионы: HCO₃⁻; SO₄²⁻; Cl⁻; SiO₃²⁻;

Общее солесодержание, мг/л.

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

Первый поток: Вода – теплоноситель;

Полезный расход, м³/час;

Требуемое давление, МПа;

Мутность, мг/л;

Цветность, град;

Водородный показатель, ед. pH;

Перманганатная окисляемость, мг O₂/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, м³/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.

Объем пояснительной записки в среднем составляет 30 страниц.

В начале записки прилагается 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 pH – 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 pH – 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 pH – 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. АНАЛИЗ КАТЕГОРИЙ ВОДОПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА ПРОМПРЕДПРИЯТИИ И ТРЕБОВАНИЙ К КАЧЕСТВУ ВОДЫ

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 образования 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.

3. РАЗРАБОТКА БАЛАНСОВОЙ СХЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ ПРОМПРЕДПРИЯТИЯ

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 водо-

подводящих 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], положение А.

4. ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ И СХЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРОМПРЕДПРИЯТИЯ

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 раздельными или объединенными.

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

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.

Оборотное водоснабжение. И 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.

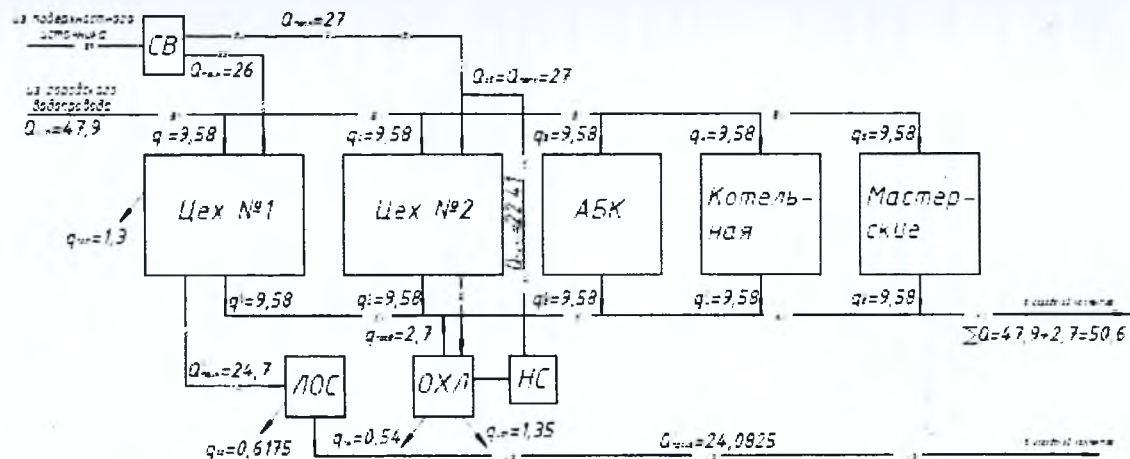


Рисунок 1. Балансовая схема водоснабжения и водоотведения

Условные обозначения

- хозяйственно-питьевой трубопровод
- трубопровод технической воды
- трубопровод обратной воды подающий
- обратный трубопровод обратной воды
- трубопровод обратной воды на охлаждение
- трубопровод реной воды
- бытовая канализация
- производственная канализация

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

Примечание

Все расходы указаны в м³/час

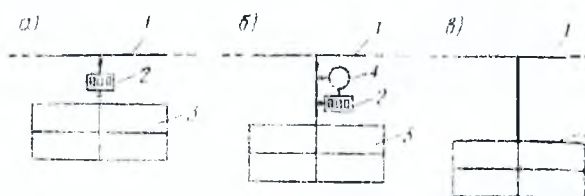
5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРОМПРЕДПРИЯТИЯ

5.1. Выбор и обоснование схемы подключения внутривнеплощадочной 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 внутривнеплощадочных сетей х/п водоснабжения предприятия к внеплощадочным (городским) водопроводам (рис. 2).



а – через насосы – повысители напора;

б – то же и регулируемую ёмкость; в – без дополнительных устройств

1 – магистраль городской водопроводной сети; 2 – насосная станция;

3 – внутривнеплощадочная водопроводная сеть; 4 – регулирующая ёмкость

Рисунок 2 – Схемы подключения внутривнеплощадочной водопроводной сети к городскому водопроводу

Выбор схемы подключения осуществляется на основании выполнения гидравлического расчета внутривнеплощадочной 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.

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. Внутривнеплощадочная сеть хозяйственно-питьевого водоснабжения для повышения ее надежности устраивается кольцевой.

5.2.1. 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 [11]:

- 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 принимается в соответствии с требованиями [2, 11, 13], отдельные фрагменты из [13] приведены в приложении Б.

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 – 0,7-5 м (в зависимости от материала труб, вида грунта и давления [11]), между канализацией и канализацией – 0,4 м;

расстояния от канализации до хоз.-питьевого водопровода должны приниматься: до водопровода из железобетонных и асбестоцементных труб – 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) – о расчету на прочность, но не менее 0,6 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 по [2] 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, внутризаводских автодорог – 9 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 и внутризаводских автодорог – 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 Е).

5.2.2. 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.

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

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-й 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_i и давления p_i по длине на каждом участке по формуле:

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

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

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	1000/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:

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

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:

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

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 заданию 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 вышеизложенной 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):

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

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

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

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

Проверяем условие по формуле (5.2):

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

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

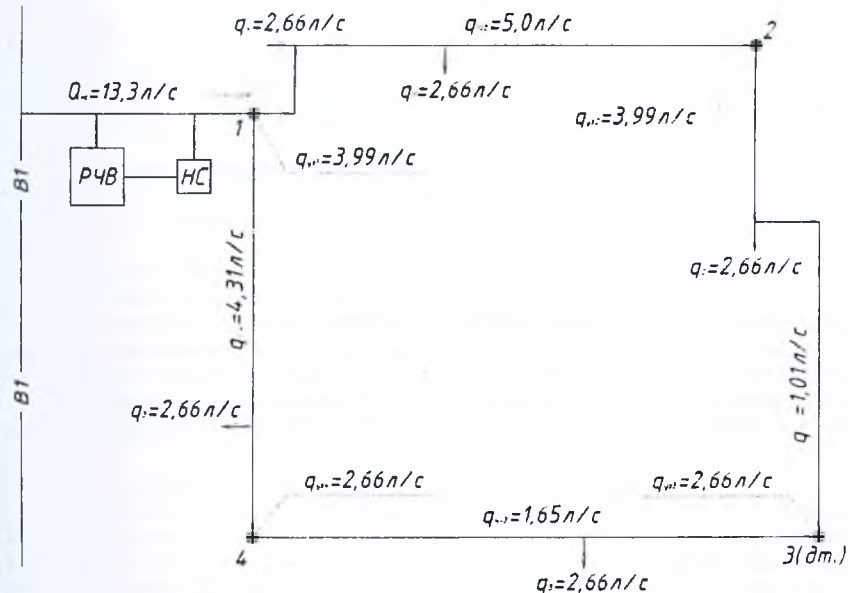


Рисунок 3 – Схема кольцевой сети хозяйственно-питьевого водопровода для расчета узловых расходов

3. Назначается диктующая точка (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-й 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 [4]. 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 напора, м	Потери 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	
$\Sigma = -0,15 \pm 0,5 \text{ м}$								

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.

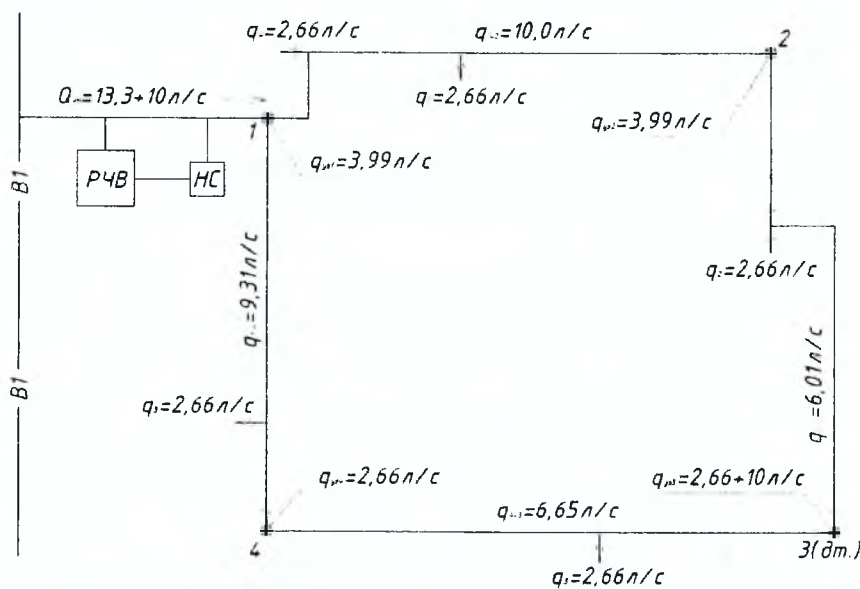


Рисунок 4 – Схема предварительного потокораспределения для случая тушения расчетного количества пожаров в час максимального водопотребления из сети

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

5.3. Определение объемов запасно-регулирующих резервуаров

Общая вместимость запасно-регулирующего резервуара $W_{\text{общ}}$ определяется по формуле

$$W_{\text{общ}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{ос}} + W_{\text{на}}, \quad (5.8)$$

где $W_{\text{рег}}$ – регулирующий запас воды, м³, наибольшая регулирующая ёмкость запасного резервуара составляет 12-24% максимального суточного расхода воды

$$W_{\text{рег}} = \frac{Q_{\text{сут}}^{\text{пит}} \cdot (12 \div 24)}{100}, \quad (5.9)$$

$W_{\text{ос}}$ – запас воды на нужды очистной станции, м³, зависит от методов очистки воды и составляет 2-30% от суточного расхода воды

$$W_{\text{ос}} = \frac{Q_{\text{сут}}^{\text{пит}} \cdot (2 \div 30)}{100}, \quad (5.10)$$

если подача воды осуществляется из городского водопровода, то $W_{\text{ос}}=0$,

$W_{\text{нз}}$ – неприкосновенный противопожарный запас воды, м³, состоит из запаса воды на тушение пожара $W_{\text{пож}}$ и запаса воды для хозяйственно-питьевых (производственных) нужд на время тушения пожара $W_{\text{х-п}}$

$$W_{\text{нз}} = W_{\text{пож}} + W_{\text{х-п}}, \quad (5.11)$$

где $W_{\text{пож}}$ – объем неприкосновенного запаса воды в резервуаре, м³, определяется из расчета тушения пожара в течение 3 ч

$$W_{\text{пож}} = \frac{3600 \cdot 3 \cdot q_{\text{пож}}}{1000}, \quad (5.12)$$

где $q_{\text{пож}}$ – расход воды на тушение расчетного количества пожаров, л/с;

$W_{\text{х-п}}$ – неприкосновенный хозяйственно-питьевой запас воды на время тушения пожара в течение трех смежных часов максимального водопотребления, м³

$$W_{\text{х-п}} = q_{\text{ч, макс}} + q_{\text{ч, см.}} + q_{\text{ч, см.}} \quad (5.13)$$

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 , м²), рабочую высоту слоя воды (H_p , м), а также объем неприкосновенного противопожарного запаса в одном резервуаре ($W_{\text{нз}}^1$, м³) и высоту неприкосновенного запаса в одном резервуаре $H_{\text{нз}}^1 = \frac{W_{\text{нз}}^1}{S}$, 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 равным среднему часовому расходу

$$W_{\text{х-п}} = 47,9 + 46,5 + 46,5 = 140,9 \text{ м}^3$$

Объем неприкосновенного запаса воды в резервуаре определяем по формуле (5.12).

$$W_{\text{пож}} = \frac{3600 \cdot 3 \cdot 10}{1000} = 108 \text{ м}^3.$$

Неприкосновенный противопожарный запас воды по формуле (5.11) составит

$$W_{\text{н.з.}} = 108 + 140,9 = 248,9 \text{ м}^3.$$

Запас воды на нужды очистной станции при подаче воды из городского водопровода

$$W_{\text{ос}} = 0$$

Регулирующий запас воды определяем по формуле (5.9), принимая, что регулирующая ёмкость запасного резервуара составляет 20% максимального суточного расхода воды

$$W_{\text{рег}} = \frac{47,9 \cdot 24 \cdot 12}{100} = 137,95 \text{ м}^3$$

Общая вместимость запасно-регулирующего резервуара по формуле (5.8) составит

$$W_{\text{общ}} = 137,95 + 248,9 = 387 \text{ м}^3$$

Зная расчетную вместимость резервуара, подбирается типовой проект резервуар по приложению В.

Принимаем 4 резервуара по типовому проекту 4-18-840, объем 100 м^3 , с размерами $H \times B \times L = 3,5 \times 6 \times 6 \text{ м}$. При данных размерах площадь одного резервуара составляет $S = 36 \text{ м}^2$, рабочая высота $H_p = 387 / (4 \cdot 36) = 2,7 \text{ м}$.

Объем неприкосновенного противопожарного запаса в одном резервуаре составляет

$$W_{\text{нз}}^1 = \frac{W_{\text{нз}}}{N} = \frac{248,9}{4} = 62,2 \text{ м}^3, \text{ а высота неприкосновенного запаса}$$

$$H_{\text{нз}}^1 = \frac{W_{\text{нз}}^1}{S} = \frac{62,2}{36} = 1,7 \text{ м}.$$

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

$$P_1 = P_{\text{тр(д.т.)}} + \sum P_c + P_v + P_{\text{н.с.}} + P_{\text{вс}} + (Z_{\text{э(д.т.)}} - Z_{\text{рв}}) \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6}, \text{ МПа (5.14)}$$

где $P_{\text{тр(д.т.)}}$ – требуемое давление, МПа, определяется по формуле

$$P_{\text{тр(д.т.)}} = 0,1 + 0,04 \cdot (n - 1), \quad (5.15)$$

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;

$p_{H.C.}$ – потери давления в коммуникациях насосной станции, МПа, принимаются 0,025-0,03 МПа;

$p_{B.C.}$ – 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;

$Z_{PЧВ}$ – отметка неприкосновенного уровня воды в запасно-регулирующем резервуаре, м, определяется по формуле

$$Z_{PЧВ} = Z_{з(РЧВ)} + 0,5 - H_p + H_{HЗ}^I, \text{ м}, \quad (5.16)$$

где $Z_{з(РЧВ)}$ – отметка земли РЧВ, м, принимается по генплану;

H_p – рабочая высота запасно-регулирующего резервуара, м;

$H_{HЗ}^I$ – высота неприкосновенного запаса в одном резервуаре, м.

После определения давления P_1 производится его сравнение с гарантийным избыточным давлением в городской сети. Если $P_{гар} \geq P_1$ ($H_{гар} \geq H_1$) 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 $P_{гар} < P_1$ ($H_{гар} < H_1$), 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

$$P_2 = P_{изб} + \sum P_C + p_B + p_{H.C.} + p_{B.C.} + (Z_{з(д.т.)} - Z_{HЗ.РЧВ}) \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6}, \text{ МПа} \quad (5.17)$$

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;

$p_{H.C.}$ – потери давления в коммуникациях насосной станции, МПа, принимаются 0,025-0,03 МПа;

$p_{B.C.}$ – 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):

$$P_1 = P_{тр(д.т.)} + \sum p_c + p_b + p_{н.с.} + p_{вс} + (Z_{з(д.т.)} - Z_{рчв}) \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6}$$

В данной формуле

$P_{тр(д.т.)}$ – определяется по формуле (5.15) при этажности застройки $n=2$ (по заданию)

$$P_{тр(д.т.)} = 0,1 + 0,04 \cdot (2 - 1) = 0,14 \text{ МПа}$$

$\sum p_c$ – 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;

$H_{на}^1$ – высота неприкосновенного запаса в одном резервуаре, м, по п.4.3.

$H_{на}^1 = 1,7$ 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 $P_{зэр} < P$ ($0,17 \text{ МПа} < 0,18 \text{ МПа}$), 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 $47,9 \text{ м}^3/\text{час}$ и давлением $0,18 \text{ МПа}$ (напором 18 м). По приложению Г принимаем к установке насосы марки К 65-50-125 с подачей $24 \text{ м}^3/\text{час}$ и давлением $0,18 \text{ МПа}$ (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 $0,1 \text{ МПа}$;

$\sum p_c$ – суммарные потери давления в водопроводной сети от диктующей точки до камеры переключений (узел 1), МПа, составляют ($0,0144 + 0,0057$) = $0,0201 \text{ МПа}$ (таблица 5.4);

p_b – потери давления в водоводах, МПа, составляют $0,0012 \text{ МПа}$ (таблица 5.5);

$p_{н.с.}$ – потери давления в коммуникациях насосной станции, МПа, принимаем $0,025 \text{ МПа}$;

$p_{вс.}$ – потери давления во всасывающих линиях насоса, МПа, принимаем $0,005 \text{ МПа}$;

$Z_{з(д.т.)}$ – отметка земли диктующей точки, м, по генплану $Z_{з(д.т.)} = 93,0 \text{ м}$;

$Z_{дн.рчв}$ – 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 $P_2 = 0,16 \text{ МПа} < P_1 = 0,18 \text{ МПа}$. 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 $36 \text{ м}^3/\text{час}$ и давлением $0,18 \text{ МПа}$ (напором 18 м). По приложению Г принимаем к установке насосы марки К20/18 с подачей $20 \text{ м}^3/\text{час}$ и напором 18 м (2 рабочих, 1 резервный).

6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРОМПРЕДПРИЯТИЯ

6.1. Трассировка и гидравлический расчет сети производственного водоснабжения (по прямоточной и оборотной схемам)

На территории промпредприятия для производственных целей проектируется система производственного водоснабжения. Согласно исходным данным 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 Е).

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 $Q_{В3} = 26 \text{ м}^3/\text{ч} = 7,22 \text{ л/с}$ (подается в цех№1);
 - расход воды теплоноситель $Q_{В4} = 27 \text{ м}^3/\text{ч} = 7,5 \text{ л/с}$ (подается в цех№2);
 - расход воды нагретой оборотной на охлаждение $Q_{В6} = 27 \text{ м}^3/\text{ч} = 7,5 \text{ л/с}$ (подается в резервуар нагретой воды и далее – на градирню);
 - расход воды охлажденной оборотной $Q_{В5.1} = 22,41 \text{ м}^3/\text{ч} = 6,225 \text{ л/с}$ (подается в резервуар охлажденной воды);
 - расход воды охлажденной оборотной $Q_{В5} = 27 \text{ м}^3/\text{ч} = 7,5 \text{ л/с}$ (подается на НС оборотного водоснабжения и далее – в цех№2);
 - расход воды подпиточной $Q_{В4.1} = 4,59 \text{ м}^3/\text{ч} = 1,275 \text{ л/с}$ (подается в резервуар охлажденной воды или в резервуар под градирней).

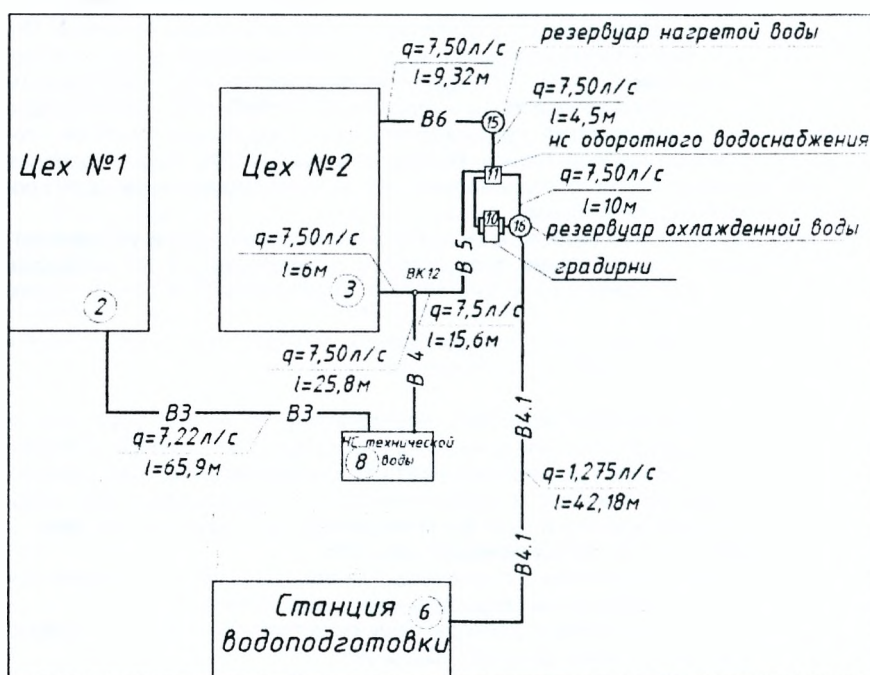


Рисунок 5 – Расчётная схема сетей В3, В4, В5, В6, В4.1.

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

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-теплоносителя 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-теплоносителя, м³/сут.

Принимается количество резервуаров (минимальное количество – 1 резервуар), определяется расчетная вместимость одного резервуара и подбирается объём и размеры типового резервуара по приложению В.

Общая вместимость запасно-регулирующего резервуара, предназначенного для хранения воды-теплоносителя 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-теплоносителя $k_1=30$ %;

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 расчётная вместимость одного резервуара и подбирается объём и размеры типового резервуара по приложению В.

Объёмы резервуаров для сбора нагретой и охлажденной воды определяются ёмкостью не менее пятиминутного расхода оборотной воды соответственно по формулам (6.1.1), (6.1.2):

$$W_{\text{нагр}} = \frac{Q_{\text{час}}^{\text{тепл}} \cdot T}{60}, \text{ м}^3, \quad (6.1.1)$$

$$W_{\text{охл}} = \frac{Q_{\text{час}}^{\text{тепл}} \cdot T}{60}, \text{ м}^3, \quad (6.1.2)$$

где $Q_{\text{час}}^{\text{тепл}}$ – часовой расход воды-теплоносителя, м³/ч;

T – время пребывания воды в резервуаре, мин., принимается 5+30 мин.

В качестве резервуаров могут быть использованы типовые конструкции или индивидуальные проекты.

Определение объёмов запасно-регулирующих резервуаров для данного примера.

Объём резервуара для хранения воды-теплоносителя определяем по формуле (6.1):

$$W_{\text{тепл}} = \frac{27 \cdot 24 \cdot 20}{100} = 129,6 \text{ м}^3.$$

По приложению В принимаем 1 резервуар по типовому проекту 4-18-841, объёмом 250 м³, с размерами 3,5×12×6 м, глубина воды в резервуаре $H_p = 3,4$ м.

Общая вместимость запасно-регулирующего резервуара, предназначенного для хранения воды-теплоносителя и воды на технологические нужды, $W_{\text{общ}}$, определяем по формуле (6.2):

$$W_{\text{общ}} = \frac{26 \cdot 24 \cdot 20}{100} + \frac{27 \cdot 24 \cdot 30}{100} + \frac{26 \cdot 24 \cdot 5}{100} = 350,4 \text{ м}^3.$$

По приложению В принимаем 1 резервуар по типовому проекту 4-18-842, объёмом 500 м³, с размерами 3,6×12×12 м, глубина воды в резервуаре $H_p = 3,4$ м.

Объём резервуара для сбора нагретой воды определяем по формуле (6.1.1), принимая время пребывания воды в резервуаре $T = 10$ мин.:

$$W_{\text{нагр}} = \frac{27 \cdot 10}{60} = 4,5, \text{ м}^3.$$

Сбор нагретой воды осуществляется в резервуаре из сборного железобетона по типовому проекту 902-09-11.84 «Колодцы водопроводные» диаметром 2000 мм рабочим объёмом 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.

Объём резервуара для сбора охлажденной воды определяем по формуле (6.1.2), принимая время пребывания воды в резервуаре $T = 10$ мин.:

$$W_{\text{охл}} = \frac{27 \cdot 10}{60} = 4,5, \text{ м}^3.$$

Сбор охлажденной воды осуществляется в резервуаре из сборного железобетона по типовому проекту 902-09-11.84 «Колодцы водопроводные» диа-

метром 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.

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:

$$P = P_{тр} + \sum p_c + p_{н.с.} + p_{вс} + (Z_3 - Z_{дн.рчв}) \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6} \quad (6.3)$$

где $P_{тр}$ – 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);

$p_{н.с.}$ – 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_3 – отметка земли здания водопотребителя, м, принимается по генплану;

$Z_{дн.рчв}$ – отметка дна в запасно-регулирующем резервуаре, м, определяется по формуле:

$$Z_{дн.рчв} = Z_{з(рчв)} + 0,5 - H_p \quad (6.4)$$

где $Z_{з(рчв)}$ – 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-теплоносителя (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

$$P_{пр}^{в3} = 0,25 + 0,0053 + 0,025 + 0,005 + (93 - 90,1) \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} = 0,314 \text{ МПа}$$

Давление насосов сети В4:

По формуле (6.4) определим отметку дна в запасно-регулирующем резервуаре

$$Z_{дн.рчв} = 93 + 0,5 - 3,4 = 90,1 \text{ м}$$

По формуле (6.3) определим давление насосов сети В4

$$P_{np}^{B4} = 0,26 + (0,0022 + 0,0005) + 0,025 + 0,005 + (93 - 90,1) \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} = 0,322 \text{ МПа}$$

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 (1 рабочий 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 (1 рабочий и 1 резервный).

Давление насосов водопроводной насосной станции оборотного водоснабжения при подаче воды на охлаждение определяется по формуле:

$$P = P_{тр} + \sum p_c + p_{н.с.} + p_{вс} + (Z_3 - Z_{дн.рчв}) \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6} \quad (6.3.1)$$

где $P_{тр}$ – необходимое (требуемое) избыточное давление перед охлаждающим оборудованием (градирней), МПа, принимается по техническим характеристикам оборудования (градирни) с использованием приложения Д;

$\sum p_c$ – суммарные потери давления в водопроводной сети от насосной станции оборотного водоснабжения до охладителя (градирни), МПа, принимаются по результатам гидравлического расчета (таблица 5.1);

$p_{нс}$ – 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-охладителя (градирни), м, принимается по генплану;

$Z_{дн.рчв}$ – отметка дна в резервуаре нагретой воды, м, определяется по формуле:

$$Z_{дн.рчв} = Z_{з(рчв)} - H, \quad (6.4.1)$$

где $Z_{з(рчв)}$ – 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:

$$P = P_{тр} + \sum p_c + p_{н.с.} + p_{вс} + (Z_3 - Z_{дн.рчв}) \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-6}, \quad (6.3.2)$$

где $P_{тр}$ – необходимое (требуемое) избыточное давление перед оборудованием, установленным в цехе, МПа, принимается по техническим характеристикам оборудования, по заданию – требуемое давление сети производственного водоснабжения В4, МПа;

$\sum p_c$ – суммарные потери давления в водопроводной сети от насосной станции оборотного водоснабжения до водопотребителя (цеха), МПа, принимаются по результатам гидравлического расчета (таблица 5.1);

$p_{нс}$ – 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

$$P_{пр}^{B6} = 0,1 + 0,0009 + 0,025 + 0,0004 + (93 - 91,2) \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} = 0,144 \text{ МПа}$$

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

$$P_{пр}^{B5} = 0,26 + (0,0013 + 0,0005) + 0,025 + 0,0009 + (93 - 91,2) \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} = 0,306 \text{ МПа}$$

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).

6.4. Проектирование станции водоподготовки

6.4.1. 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 поверхностный источник. Для выбора метода очистки воды поверхностного источника перед её 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 содержанием. Качество воды, требуемое потребителям, характеризуется невысокой мутностью, цветностью и окисляемостью, также в зависимости от потока ограничивается жесткость, щелочность или содержание 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 раздела 7.4 [12] и приложения А [12], а также на основании таблицы 6.3.

Выбор метода глубокого обессоливания воды следует проводить в соответствии с требованиями раздела 7.5 [12] и приложения Б [12], 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)	$M_{исх} < 30$ мг-экв/л. $M_{исх} < 500$ мг/л.	$J_{ост} = (0,4...0,8) + J_{п.к.}$, мг-экв/л. $Щ_{ост} = 0,8-1,2$ мг-экв/л.
Известково-содовый метод	$M_{исх} < 30$ мг-экв/л. $M_{исх} < 500$ мг/л.	$J_{ост} = 0,5-1,0$ мг-экв/л. $Щ_{ост} = 0,8-1,2$ 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. $Ц_{исх} < 30$ град. $J_{исх} < 15$ мг-экв/л.	$J_{ост} = 0,05-0,1$ мг-экв/л.
Натрий-катионирование двухступенчатое	$M_{исх} < 5-8$ мг/л. $Ц_{исх} < 30$ град. $J_{исх} < 14$ мг-экв/л.	$J_{ост} = 0,01$ мг-экв/л.
Водород-натрий катионирование параллельное	$M_{исх} < 5-8$ мг/л. $Ц_{исх} < 30$ град. $(Cl^- + SO_4^{2-}) < 4$, мг-экв/л. $Na^+ < 2$, мг-экв/л.	$J_{ост} = 0,1$ мг-экв/л. $Щ_{ост} = 0,4$ мг-экв/л.
Водород-натрий катионирование последовательное с "голодной" регенерацией водород-катионитных фильтров	$M_{исх} < 5-8$ мг/л. $Ц_{исх} < 30$ град.	$J_{ост} = 0,01$ мг-экв/л. $Щ_{ост} = 0,7$ 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. Окисляемость < 7 мг/л.	Общее солесодержание не более 20 мг/л. Содержание кремнекислоты – не снижается.
Обессоливание воды ионным обменом по двухступенчатой схеме	$M_{исх} < 8$ мг/л. $\Sigma_{исх} < 30$ град. $(Cl^- + SO_4^{2-}) < 5$, мг-экв/л.	Общее солесодержание не более 0,5 мг/л. Содержание кремнекислоты – не более 0,1 мг/л.
Обессоливание воды ионным обменом по трехступенчатой схеме		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	обесцвечивание	20	обесцвечивание
pH		7,5	6,5-8,5	—	6,5-8,5	—
Окисляемость	мг/л	6,7	5	снижение окисляемости	5	снижение окисляемости
$\Sigma_{общ}$	мг-экв/л	0,7	—	—	—	—
J_k	мг-экв/л	0,7	—	—	—	—
$J_{общ}$	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 коагулянтом; 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.

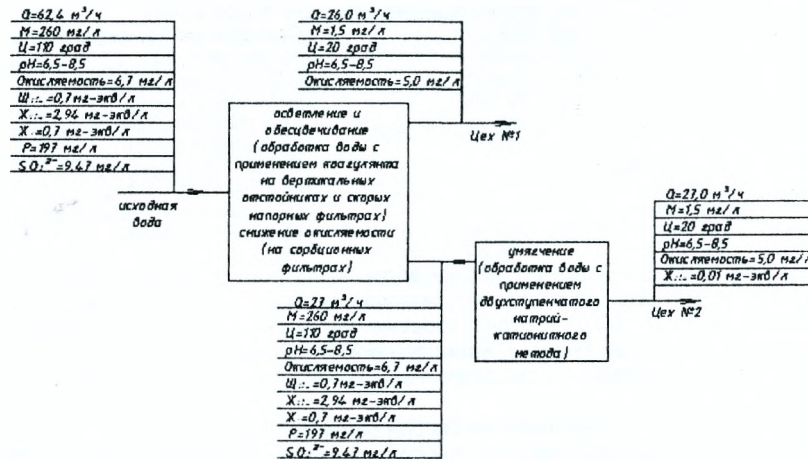


Рисунок 6 – Блок-схема очистки воды

6.4.2. 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 реagentные хозяйства требуемых reagentов, вспомогательное оборудование и коммуникации. Для разработки технологической схемы рекомендуется пользоваться схемами, приведенными в приложениях К-Х.

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 Ж.

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 – смесителях, куда добавляется коагулянт и при необходимости известь, камера хлопьеобразования, отстой-

ник 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 производится по формуле:

$$Q_{\text{полн}}^{\text{сут}} = Q_{\text{сут}}^{\text{тепл}} \cdot \left(1 + \frac{K_1}{100}\right) + Q_{\text{сут}}^{\text{техн}} \cdot \left(1 + \frac{K_2}{100}\right), \text{ м}^3 / \text{сут} \quad (6.5)$$

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-теплоносителя $K_1=30$ %;

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 в течение времени $t=3-5$ мин.

$$W_{\text{п.б}} = \frac{Q_{\text{полн}}^{\text{час}} \cdot t}{60}, \text{ м}^3 \quad (6.6)$$

где $Q_{\text{полн}}^{\text{час}}$ – полная производительность очистной станции, $\text{м}^3/\text{час}$.

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.

$$F_{\text{н.ф.}} = \frac{Q_{\text{полн}}^{\text{сут}}}{T \cdot V_{\text{рн}} - 3,6 \cdot n \cdot (w_1 \cdot t_1 + w_2 \cdot t_2 + w_3 \cdot t_3) - n \cdot t_4 \cdot V_{\text{рн}}}, \text{ м}^2 \quad (6.7)$$

где T – продолжительность работы станции в течение суток, $T=24$ ч;

$V_{\text{рн}}$ – расчётная скорость фильтрования, $V_{\text{рн}}=10-12$ $\text{м}^3/\text{ч}$;

n – количество промывок фильтра в сутки, $n=2+3$;

w_1, t_1 – соответственно интенсивность и продолжительность соответственно первоначальному взрыхлению загрузки, $w_1=8$ $\text{л}/\text{с} \cdot \text{м}^2$, $t_1=0,017$ ч;

w_2, t_2 – соответственно интенсивность и продолжительность промывки фильтра $w_2=4$ $\text{л}/\text{с} \cdot \text{м}^2$, $t_2=0,083$ ч;

w_3, t_3 – соответственно интенсивность и продолжительность отмывки фильтра, $w_3=8$ $\text{л}/\text{с} \cdot \text{м}^2$, $t_3=0,05$ 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:

$$N = \frac{F}{f}, \text{ шт.} \quad (6.8)$$

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

Расчёт напорного сорбционного фильтра

Площадь напорного сорбционного фильтра определяется по формуле

$$F_{с.ф.} = \frac{Q_{\text{полн}}^{\text{сут}}}{T \cdot v_{р.ф.} - 3,6 \cdot n \cdot w \cdot t_1 - n \cdot t_2 \cdot v_{р.ф.}} \quad (6.9)$$

где T – продолжительность работы станции в течение суток, ч;
 n – количество промывок в течение суток, принимается 1-2;
 $v_{р.ф.}$ – 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

$$H_{у.з.} = \frac{v_{р.ф.} \cdot \tau_y}{60}, \text{ м} \quad (6.10)$$

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. Расчёт комплекса сооружений по реагентному умягчению воды

6.4.3.2.1. Известковый метод

Расчёт доз реагентов при известковом умягчении воды

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

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

$$D_и = 28 \cdot \left[\frac{(CO_2)}{22} + Ж_к + \frac{D_к}{e_к} + 0,3 \right], \text{ мг / л ;} \quad (6.11)$$

б) при соотношения концентрации в воде ионов кальция и карбонатной жесткости $\frac{(Ca^{2+})}{20} < Ж_к$

$$D_и = 28 \cdot \left[\frac{(CO_2)}{22} + 2 \cdot Ж_к - \frac{(Ca^{2+})}{20} + \frac{D_к}{e_к} + 1 \right], \text{ мг / л ,} \quad (6.12)$$

где (CO_2) – концентрация в воде свободной двуокиси углерода, мг/л, определяется по приложению Г [12] или по п. 6.4.3.5 данных методических указаний);

$Ж_к$ – жесткость карбонатная исходной воды, мг-экв/л;

(Ca^{2+}) – содержание в воде кальция, мг/л;

$D_к$ – доза коагулянта $FeCl_3$ или $FeSO_4$ (в расчете на безводные продукты), мг/л;

$e_к$ – эквивалентная масса активного вещества коагулянта, мг/мг-экв, (для $FeCl_3$ – 54, для $FeSO_4$ —76).

Расчет реагентного хозяйства извести (сухое хранение)

Схема приготовления известкового молока при сухом хранении приведена в приложении Л.

Суточный расход извести (в пересчете на CaO) равен

$$G_{сут} = \frac{Q_{полн}^{сут} \cdot D_и}{1000 \cdot 1000}, \text{ т / сут. ,} \quad (6.13)$$

где $Q_{полн}^{сут}$ – полная производительность очистной станции, м³/сут.

Суточный расход товарной извести составит

$$G_{сут}^{тов} = \frac{G_{сут} \cdot 100}{B_и}, \text{ т / сут. ,} \quad (6.14)$$

где $B_и$ – 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 самотёком перетекает в железобетонные баки, где готовится известковое молоко 5%-ной концентрации.

Требуемая ёмкость баков составит

$$W_6 = \frac{G_{сут} \cdot n \cdot 100}{24 \cdot b \cdot \gamma}, \text{ м}^3, \quad (6.15)$$

где b – концентрация рабочего раствора известкового молока, %, $b = 5\%$;
 $\gamma = 1,039 \text{ т/м}^3$ – удельный вес 5%-го раствора известкового молока, т/м^3 .

В качестве баков принимаются циркуляционные мешалки определенной ёмкости.

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].

Расчёт реагентного хозяйства извести из известкового теста

Примем схему приготовления известкового раствора из 50%-го известкового теста, включающую в себя растворные, расходные баки, циркуляционный насос, насос-дозатор и воздуходувку (приложение М).

Ёмкость растворного бака определяется по формуле

$$W_p = \frac{Q_{\text{полн}}^{\text{нас}} \cdot n \cdot D_{\text{и}}}{10000 \cdot b_p \cdot \gamma}, \text{м}^3, \quad (6.16)$$

где $Q_{\text{полн}}^{\text{нас}}$ – полная производительность очистной станции, $\text{м}^3/\text{ч}$;

n – время, на которое заготавливается раствор извести, ч, принимается $6 \div 12$ ч;

$b_p = 30\%$ – концентрация раствора извести в растворном баке;

$\gamma = 1,22 \text{ т/м}^3$ – удельный вес 30%-го раствора извести.

Принимаем количество растворных баков (минимум 2), размеры в плане и высота принимается конструктивно.

Ёмкость 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:

$$Q_{\text{возд}} = F \cdot N \cdot w, \text{л/с}, \quad (6.18)$$

где w – интенсивность подачи воздуха для перемешивания раствора извести, $\text{л/с}\cdot\text{м}^2$, принимается согласно рекомендациям [6];

F – площадь расходного бака, м^2 ;

N – количество расходных баков.

Данное количество воздуха будет подаваться воздуходувкой цеха коагулянта.

Дозирование раствора извести принимаем насосом-дозатором, производительность которого определяем по формуле:

$$Q_{н/д} = \frac{Q_{полн}^{сут} \cdot D_{и}}{b \cdot 1000 \cdot 10}, \text{ м}^3 / \text{сут.} \quad (6.19)$$

По найденной производительности подбирается марка и количество насосов-дозаторов с использованием [8, 9, 10].

6.4.3.2.2. Известково-содовый метод

Расчёт доз реагентов при известково-содовом умягчении воды

Доза извести $D_{и}$, мг/л, в расчёте на CaO определяется по формуле:

$$D_{и} = 28 \cdot \left[\frac{(\text{CO}_2)}{22} + J_{к} + \frac{(\text{Mg}^{2+})}{12} + \frac{D_{к}}{e_{к}} + 0,5 \right], \text{ мг / л.} \quad (6.20)$$

где (CO_2) – концентрация в воде свободной двуокиси углерода, мг/л, определяется по приложению Г [12] или по п. 6.4.3.5 данных методических указаний);

$J_{к}$ – жёсткость карбонатная исходной воды, мг-экв/л;

(Mg^{2+}) – содержание в воде магния, мг/л;

$D_{к}$ – доза коагулянта FeCl_3 или FeSO_4 (в расчёте на безводные продукты), мг/л;

$e_{к}$ – эквивалентная масса активного вещества коагулянта, мг/мг-экв, (для FeCl_3 – 54, для FeSO_4 —76).

Доза соды $D_{с}$, мг/л, в расчёте на Na_2CO_3 определяется по формуле:

$$D_{с} = 53 \cdot \left(J_{н.к.} + \frac{D_{к}}{e_{к}} + 1 \right), \text{ мг / л.} \quad (6.21)$$

где $J_{н.к.}$ – жёсткость некарбонатная исходной воды, мг-экв/л;

Расчет реагентного хозяйства извести

Расчёты 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 Н.

Суточный расход товарной соды определяется по формуле:

$$Q_{сут}^{\Gamma} = \frac{Q_{полн}^{сут} \cdot D_{с} \cdot 100}{1000 \cdot 1000 \cdot B}, \text{ т / сут.}, \quad (6.22)$$

где $Q_{полн}^{сут}$ – полная производительность очистной станции, м³/сут;

B – содержание соды в товарном продукте, %, принимается 91%.

Количество раствора 25%-й концентрации, получаемое при растворении товарной соды, будет

$$G^{25\%} = \frac{Q_{сут}^{\Gamma} \cdot 100}{b \cdot \gamma}, \text{ м}^3, \quad (6.23)$$

где $b = 25\%$ – концентрация раствора соды в растворном баке;

$\gamma = 1 \text{ т/м}^3$ – удельный вес 25%-го раствора соды.

Данное количество раствора будет являться суточным расходом соды $Q_{сут}^{25\%}$, м³/сут.

Объём растворно-хранилищных баков определяем из условия хранения в них 25%-го раствора соды в течение $T = 30$ суток.

$$W_{р/х} = Q_{сут}^{25\%} \cdot T, \text{ м}^3. \quad (6.24)$$

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 $b_p = 8\%$.

Ёмкость расходных баков составит:

$$W_{расх} = \frac{Q_{сут}^T \cdot 100}{b_p \cdot \gamma}, \text{ м}^3, \quad (6.25)$$

где $\gamma = 1 \text{ т/м}^3$ – удельный вес 8%-го 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 $\omega_1 = 10 \text{ л/сек}\cdot\text{м}^2$ и в расходные баки с интенсивностью $\omega_2 = 5 \text{ л/сек}\cdot\text{м}^2$.

Количество воздуха определяем по формуле:

$$Q_{возд} = F_1 \cdot N_1 \cdot \omega_1 + F_2 \cdot N_2 \cdot \omega_2, \text{ м}^3 / \text{мин}. \quad (6.26)$$

По найденному расходу подбирается марка и количество воздуходувок с использованием [8, 9, 10].

Дозирование раствора соды принимаем насосом-дозатором, производительность которого определяем по формуле:

$$Q_{нд} = \frac{Q_{сут}^{25\%} \cdot D_c}{b_p \cdot 1000 \cdot 10}, \text{ м}^3 / \text{сут}. \quad (6.27)$$

По найденной производительности подбирается марка и количество насосов-дозаторов с использованием [8, 9, 10].

6.4.3.3. Последовательность расчёта установок для умягчения воды методом ионного обмена

Технологические схемы установок по умягчению воды методами ионного обмена представлены в приложениях О-С.

Расчёт 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

$$q_{\text{пол}}^{\text{H}} = q_{\text{пол}} \cdot \frac{(\text{Щ}_0 - \text{Щ}_y)}{(A + \text{Щ}_0)}, \text{м}^3 / \text{ч}; \quad (6.28)$$

расход воды, подаваемый на Na-катионитные фильтры

$$q_{\text{пол}}^{\text{Na}} = q_{\text{пол}} - q_{\text{пол}}^{\text{H}}, \text{м}^3 / \text{ч} \quad (6.29)$$

где $q_{\text{пол}}$ – полезная производительность H-Na-катионитной установки, $\text{м}^3/\text{ч}$, принимается равным расходу воды теплоноситель $Q_{\text{тепл}}$;

Щ_0 – щелочность исходной воды, мг-экв/л;

Щ_y – 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

$$q_{\text{пол}}^{\text{H}} = q_{\text{пол}} \cdot \frac{(\text{Щ}_0 - \text{Щ}_y)}{(\text{Ж}_k + 3)}, \text{м}^3 / \text{ч}; \quad (6.30)$$

расход воды, подаваемый на Na-катионитные фильтры

$$q_{\text{пол}}^{\text{Na}} = q_{\text{пол}}, \text{м}^3 / \text{ч}, \quad (6.31)$$

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 ёмкость 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)

$$E_{\text{раб}}^{\text{Na}} = \alpha_3 \cdot \beta_{\text{Na}} \cdot E_{\text{полн}} - 0,5 \cdot q_{\text{уд}} \cdot \text{Ж}_{\text{о.исх}}, \quad (6.32)$$

где α_3 – коэффициент эффективности регенерации Na-катионита, принимаемый по табл. А2 приложения А [12] 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 методе; $a_c = 120 \div 150$ 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^+ , принимае-

мый по табл. А3 приложения А [12] в зависимости от соотношения $\frac{C_{\text{Na}}}{\text{Ж}_{\text{о.исх}}}$, в котором C_{Na} – концентрация Na в исходной воде, г-экв/м³ ($C_{\text{Na}} = (\text{Na}^+)/23$);

$E_{\text{полн}}$ – 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.

2.2. Na-катионитного фильтра (для второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе)

$$E_{\text{раб}}^{\text{Na}} = \alpha_3 \cdot \beta_{\text{Na}} \cdot E_{\text{полн}}, \quad (6.33)$$

где α_3 – коэффициент эффективности регенерации Na-катионита, принимаемый по табл. А2 приложения А [12] 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. А3 приложения А [12] в зависимости от соотношения $\frac{C_{\text{Na}}}{Ж_{\text{о.исх}}}$, в котором C_{Na} – концентрация Na в исходной воде, г-экв/м³ ($C_{\text{Na}} = (\text{Na}^+)/23$), $Ж_{\text{о.исх}} = 0,1$ мг-экв/л (жесткость воды после первой ступени).

2.3. H-катионитного фильтра (при параллельном и последовательном H-Na-катионитном методе)

$$E_{\text{раб}}^{\text{H}} = \alpha_{\text{H}} \cdot E_{\text{полн}} - 0,5 \cdot q_{\text{уд}} \cdot C_{\text{K}}, \quad (6.34)$$

где α_{H} – коэффициент эффективности регенерации H-катионита, принимаемый по табл. А7 приложения А [12] в зависимости от удельного расхода кислоты на регенерацию катионита ($a_{\text{кис}}$, г/г-экв). Рекомендуется $a_{\text{кис}}$ определять по табл. А8 приложения А [12] в зависимости от остаточной жесткости фильтра (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)

$$W_{\text{K}}^{\text{Na}} = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot Ж_{\text{о.исх}}}{n_{\text{p}} \cdot E_{\text{раб}}^{\text{Na}}}, \quad (6.35)$$

где $Q_{\text{сут}}$ – расход умягченной воды, м³/сут, принимается равным $Q_{\text{сут}}^{\text{тепл}}$;

$Ж_{\text{о.исх}}$ – 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

$$n_{\text{p}} = \frac{T}{t + t_1}, \quad (6.36)$$

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)

$$W_*^{Na} = \frac{24 \cdot q_{пол}^{Na} \cdot Ж_{о.иск}}{n_p \cdot E_{раб}^{Na}}, \quad (6.37)$$

где n_p рассчитывается по формуле (6.36) при $t = 10 \div 22$ часа.

3.3. H-катионитного фильтра (при параллельном и последовательном H-Na-катионитном методе)

$$W_*^H = \frac{24 \cdot q_{пол}^H \cdot (Ж_{о.иск} + C_{Na})}{n_p \cdot E_{раб}^H}, \quad (6.38)$$

где C_{Na} – концентрация натрия в воде, г-экв/м³;

n_p рассчитывается по формуле (6.36) при $t = 10 \div 22$ часа.

4. Высота слоя загрузки

$H_2 = 2,0$ 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

$$F = \frac{W_*}{H_3}, \quad (6.39)$$

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	-
f, м ²	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 объём 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 объём 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

$$P_k = \frac{f_{\text{H}} \cdot H_3^{\text{H}} \cdot E_{\text{раб}}^{\text{H}} \cdot a_k}{1000}, \text{кг}, \quad (6.45)$$

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.

$$Q_{\text{взр}}^{\text{H+Na}} = 0,06 \cdot w \cdot t \cdot (N_{\text{Na}} \cdot f_{\text{Na}} \cdot n_p + N_{\text{H}} \cdot f_{\text{H}} \cdot n_p), \text{ м}^3 / \text{сут.}, \quad (6.48)$$

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.

$$Q_{\text{отм}}^{\text{H+Na}} = q_{\text{уд}} \cdot (N_{\text{Na}} \cdot f_{\text{Na}} \cdot H_3^{\text{Na}} \cdot n_p + N_{\text{H}} \cdot f_{\text{H}} \cdot H_3^{\text{H}} \cdot n_p), \text{ м}^3 / \text{сут.}, \quad (6.49)$$

где $q_{\text{уд}}$ – удельный расход воды на отмывку катионита, м³/м³, см. п. 2.1 данного раздела.

11.5. Суммарный расход

$$Q_{\text{собщ}} = Q_k + Q_{\text{соли}} + Q_{\text{взр}}^{\text{H+Na}} + Q_{\text{отм}}^{\text{H+Na}}, \text{ м}^3 / \text{сут.}, \quad (6.50)$$

11.6. Процент добавочной воды к расходу, подаваемому на установку

$$P_{\text{доб}} = \frac{Q_{\text{собщ}} \cdot 100}{Q_{\text{чвс}} \cdot 24}, \%, \quad (6.51)$$

где $Q_{\text{чвс}} = Q_{\text{чвс}}^{\text{тепл}}$ – расход воды, подаваемый на установку по умягчению воды, м³/час.

Расчёт регенерационных хозяйств

Расчет устройств для мокрого хранения соли, приготовления раствора соли и его перекачки.

Технологическая схема солевого хозяйства представлена в приложении Т.

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. Ёмкость 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%-го раствора соли, т/м³.

Принимается количество баков (минимальное число 2), принимаются глубина и размеры баков в плане.

4. Ёмкость 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, ёмкость 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. Ёмкость 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%-го раствора соли для регенерации фильтров 1 ступени устанавливаем два насоса (рабочий и резервный) производительностью

$$Q_{нас} = \frac{v_c \cdot f \cdot b}{b_p}, \text{ м}^3 / \text{ч}, \quad (6.56)$$

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%-го раствора соли для регенерации фильтров 2 ступени.

8. Ёмкость бака с водой для взрыхления сульфогля в Na-катионитовых фильтрах определяется с учетом возможности взрыхления катионита в одном фильтре

$$W_{б.в.} = \frac{\omega \cdot f \cdot 60 \cdot t}{1000}, \text{ м}^3, \quad (6.57)$$

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.

Расчёт устройств для хранения, приготовления и перекачки раствора серной кислоты.

Технологическая схема кислотного хозяйства представлена в приложении У.

1. Суточный расход кислоты

$$S_k = P_k \cdot n \cdot N, \text{ кг}, \quad (6.58)$$

где P_k – расход кислоты на одну регенерацию Н-катионитовых фильтров;
 n – количество регенераций Н-катионитовых фильтров;
 N – количество Н-катионитовых фильтров.

2. Ёмкость цистерн для хранения концентрированной серной кислоты

$$W_{ц} = \frac{Q_{\text{пол}}^H \cdot 24 \cdot \text{Ж}_{\text{о.исх.}} \cdot a_k \cdot m \cdot 100}{1000 \cdot 1000 \cdot b_k \cdot \gamma}, \text{ м}^3, \quad (6.59)$$

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%-й - 1,83 т/м³, 75%-й - 1,67 т/м³.

3. Так как серная кислота доставляется железнодорожным транспортом, то полученное значение $W_{ц}$ округляется до величины, которая является кратной ёмкости железнодорожной цистерны. Это необходимо для обеспечения полного опорожнения железнодорожной тары. Грузоподъёмность железнодорожной цистерны 50 т, что соответствует объёму концентрированной серной кислоты $W_k = 50/1,83 = 27,4 \text{ м}^3$. Принимаем два бака-цистерны ёмкостью 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 подаётся в Н- катионитные фильтры.

4. Полезная ёмкость бака-мерника для концентрированной кислоты

$$W_{\text{м}} = \frac{f \cdot H_{\text{в}} \cdot E_{\text{полн}} \cdot 0,75 \cdot a_k \cdot 100}{1000 \cdot 1000 \cdot b_k \cdot \gamma}, \text{ м}^3. \quad (6.60)$$

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. Ёмкость бака с водой для взрыхления сульфогля в Н-катионитных фильтрах определяем с учетом возможности взрыхления катионита в одном фильтре

$$W_{\text{б.в.}} = \frac{w \cdot f \cdot 60 \cdot t}{1000}, \text{ м}^3, \quad (6.61)$$

Принимается один бак для взрыхления, принимаются глубина и размеры в плане.

6.4.3.4 Последовательность расчёта установок для обессоливания воды методом ионного обмена

Технологические схемы установок по обессоливанию воды методами ионного обмена представлены в приложениях Ф-Х.

Расчёт ионообменных фильтров Катионитовые фильтры.

1. Рабочая ёмкость катионита.

1.1. Н-катионитных фильтров первой ступени

$$E_{\text{раб}}^{\text{H}} = \alpha_{\text{H}} \cdot \gamma \cdot E_{\text{полн}} - 0,5 \cdot q_{\text{уд}} \cdot \sum[\text{K}], \quad (6.62)$$

где α_{H} – коэффициент эффективности регенерации Н-катионита, принимаемый по табл. А7 приложения А [12] в зависимости от удельного расхода кислоты на регенерацию катионита ($a_{\text{кис}}$, г/г-экв). Рекомендуется $a_{\text{кис}} = 100$ 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 ёмкость катионита, г-экв/м³, принимается для сульфугогля 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 сульфугогля 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 ступени

$$E_{\text{раб}}^{\text{H}} = \alpha_{\text{H}} \cdot E_{\text{полн}} - 0,5 \cdot q_{\text{уд}} \cdot C_{\text{Na}}, \quad (6.63)$$

где $q_{\text{уд}}$ – удельный расход воды на отмывку катионита, м³/м³, рекомендуется для второй ступени 10 м³/м³;

C_{Na} – концентрация Na в исходной воде, г-экв/м³.

2. Необходимый объем катионита.

2.1. Н-катионитных фильтров первой ступени

$$W_{\text{H}}^{\text{I}} = \frac{\alpha_1 \cdot Q_{\text{сут}} \cdot \sum[\text{K}]}{n_{\text{р}} \cdot E_{\text{раб}}^{\text{H}}}, \quad (6.64)$$

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.;

$n_{\text{р}}$ – число регенераций каждого фильтра в сутки, определяется по формуле

$$n_p = \frac{T}{t + t_1}, \quad (6.65)$$

где T – продолжительность работы фильтров в течение суток, ч, принимается 24 часа;

t – продолжительность межрегенерационного периода, ч, для H – катионитовых фильтров первой ступени принимается $9 \div 21$ часа;

t_1 – продолжительность регенерации, ч, принимается 3 часа.

2.2. H -катионитных фильтров второй ступени:

$$W_{H2}^{II} = \frac{\alpha_2 \cdot Q_{\text{сут}} \cdot C_{\text{Na}}}{n_p \cdot E_{\text{раб}}^{H2}}, \quad (6.66)$$

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.

$H_2 = 2,0$ м. $H_3 = 2,5$ м. (для первой ступени).

$H_3 = 1,5$ м. (для второй ступени).

4. Суммарная площадь фильтров.

$$F = \frac{W_k}{H_2}. \quad (6.67)$$

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

$$N = \frac{F}{f}. \quad (6.68)$$

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 H -катионитовых фильтров должно быть не менее двух. Количество резервных H -катионитовых: один – при количестве рабочих до 6 и два – при большем количестве.

6. Фактическая площадь и фактический объем катионита.

$$F_{\phi} = f \cdot N, \text{ м}^2 \quad (6.69)$$

$$W_{\phi} = N \cdot f \cdot H_2, \text{ м}^3 \quad (6.70)$$

По формулам (6.88) и (6.89) площадь и объем катионита соответственно считаются отдельно катионитовых фильтров первой и второй ступени.

7. Расчётная скорость фильтрования воды через катионит.

Данная скорость фильтрования рассчитывается отдельно для катионитовых фильтров первой и второй ступени.

$$v_p = \frac{Q_{\text{час}}}{F_{\phi}}, \text{ м/ч}, \quad (6.71)$$

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 расчёта равнозначными фильтрам второй ступени.

Анионитовые фильтры

1. Рабочая ёмкость анионита.

1.1. Анионитовые фильтры первой ступени загружаются слабоосновным анионитом АН-31, АВ-17, рабочую обменную ёмкость которых допускается принимать 600-700 г-экв/м³.

1.2. Анионитовые фильтры второй ступени загружаются сильноосновным анионитом АВ-17, рабочую кремнеёмкость 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 ступени:

$$W_{\text{An}}^I = \frac{\alpha_1 \cdot Q_{\text{сут}} \cdot C_0}{n_p \cdot E_{\text{раб}}}, \quad (6.72)$$

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 ступени.

2.1. Анионитовых фильтров второй ступени

$$W_{\text{An}}^{II} = \frac{\alpha_2 \cdot Q_{\text{сут}} \cdot C_{\text{SiO}_3^{2-}}}{n_p \cdot E_{\text{раб}}}, \text{ м}^3, \quad (6.73)$$

где C_{SiO} – содержание SiO₃²⁻ в исходной воде, г-экв/м³;

n_p – число регенераций каждого фильтра в сутки, определяется аналогично Н-катионитным фильтрам первой ступени.

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.

4.1. Анионитовых фильтров первой ступени

$$F_1 = \frac{\alpha_1 \cdot Q_{\text{сут}}}{n_p \cdot T_1 \cdot v_1}, \text{ м}^2, \quad (6.74)$$

где T_1 – продолжительность работы каждого фильтра, ч, между регенерациями

$$T_1 = \frac{24}{n_p} - \tau_p, \text{ ч}, \quad (6.75)$$

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 ступени

$$F_{II} = \frac{W_k}{H_3}. \quad (6.76)$$

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.

$$F_\phi = f \cdot N, \text{ м}^2 \quad (6.77)$$

$$W_\phi = N \cdot f \cdot H_3, \text{ м}^3 \quad (6.78)$$

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.

$$v_p = \frac{Q_{\text{час}}}{F_\phi}, \text{ м / ч} \quad (6.79)$$

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 расчёта равнозначными фильтрам второй ступени.

Расход воды на собственные нужды установки.

1. На приготовление регенерирующих растворов.

$$Q_p = \frac{24 \cdot Q_{\text{час}}}{10^4} \left(\frac{\sum K \cdot a_1}{b_1} + \frac{\sum A \cdot a_2}{b_2} \right), \text{ м}^3 / \text{сут.}, \quad (6.80)$$

где ΣK – сумма катионов в фильтрате анионитовых фильтров первой ступени, г-экв/м³, принимаемая 0,3 г-экв/м³;

ΣA – сумма анионов сильных кислот, г-экв/м³;

a_1 – удельный расход 100%-й 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.

$$Q_{\text{взр}} = 0,06 \cdot t_{\text{в}} \cdot \left(N_1 \cdot n_1 \cdot F_{\text{H}}^I \cdot \omega_1 + N_2 \cdot n_2 \cdot F_{\text{A}}^I \cdot \omega_2 + N_3 \cdot n_3 \cdot F_{\text{H}}^{II} \cdot \omega_3 + N_4 \cdot n_4 \cdot F_{\text{A}}^{II} \cdot \omega_4 + N_5 \cdot n_5 \cdot F_{\text{H}}^{III} \cdot \omega_5 + N_6 \cdot n_6 \cdot F_{\text{A}}^{III} \cdot \omega_6 \right), \text{ м}^3 / \text{сут}, \quad (6.81)$$

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.

$$Q_{\text{отм}} = n_1 \cdot W_{\text{ФН}}^I \cdot q_{\text{H}}^I + n_2 \cdot W_{\text{ФА}}^I \cdot q_{\text{A}}^I + n_3 \cdot W_{\text{ФН}}^{II} \cdot q_{\text{H}}^{II} + n_4 \cdot W_{\text{ФА}}^{II} \cdot q_{\text{A}}^{II} + n_5 \cdot W_{\text{ФН}}^{III} \cdot q_{\text{H}}^{III} + n_6 \cdot W_{\text{ФА}}^{III} \cdot q_{\text{A}}^{III}, \text{ м}^3 / \text{сут} \quad (6.82)$$

где $W_{\text{ФН}}^I, W_{\text{ФН}}^{II}, W_{\text{ФН}}^{III}$ – фактические объёмы катионита, м³;

$W_{\text{ФА}}^I, W_{\text{ФА}}^{II}, W_{\text{ФА}}^{III}$ – фактические объёмы анионита, м³;

q – удельный расход воды на отмывку катионита, м³/м³, $q_{\text{H}}^I = 4 - 6, q_{\text{H}}^{II} = 10, q_{\text{H}}^{III} = 10 - 20, q_{\text{A}}^I = 7 - 10, q_{\text{A}}^{II} = 7 - 10, q_{\text{A}}^{III} = 10 - 12$.

4. Суммарный расход

$$Q_{\text{собщ}} = Q_{\text{р}} + Q_{\text{взр}} + Q_{\text{отм}}, \text{ м}^3 / \text{сут}. \quad (6.83)$$

5. Процент добавочной воды к расходу, подаваемому на установку

$$P_{\text{доб}} = \frac{Q_{\text{собщ}} \cdot 100}{Q_{\text{час}} \cdot 24}, \%, \quad (6.84)$$

где $Q_{\text{час}} = Q_{\text{час}}^{\text{тепл}}$ – расход воды, подаваемый на установку по обессоливанию воды, м³/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 Н, У.

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 объём растворного бака соды определяем по формуле:

$$W_{\text{ц}} = \frac{\alpha_1 \cdot Q_{\text{сут}} \cdot \sum K \cdot a \cdot \tau}{10^4 \cdot b \cdot \gamma}, \quad (6.85)$$

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%-й концентрации, г/г-экв, для серной кислоты – 120-125, для едкого натра – 60-70, для соды – 110-120;
 τ – 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, т/м³, для серной кислоты – 1,55-1,83, для едкого натра – 1,45, для соды – 0,95;
 $Q_{\text{сут}} = Q_{\text{сут}}^{\text{тепл}}$ – полезный расход обессоленной воды, м³/сут;

Количество и размеры цистерн-хранилищ определяют из расчета грузоподъемности ж/д цистерны, равной 50-60 т, что соответствует объему 75%-й 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:

$$W_{\text{м}} = \frac{Q_{\text{час}} \cdot \alpha_1 \cdot \sum K \cdot t \cdot a \cdot p}{10^4 \cdot b \cdot n \cdot \gamma}, \quad (6.86)$$

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 загрузки для каждого типа фильтра определяется с учетом возможности взрыхления загрузки в одном фильтре

$$W_{\text{ба}} = \frac{w \cdot f \cdot 60 \cdot t}{1000}, \text{ м}^3, \quad (6.87)$$

где w – 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 Расчёт дегазатора

1. Содержание углекислоты в подаваемой на дегазатор воде определяют по формуле

$$[\text{CO}_2]_{\text{п}} = [\text{CO}_2]_{\text{исх}} + 44 \cdot \text{Щ}, \text{ мг / л}, \quad (6.88)$$

где Щ – щёлочность исходной воды, мг-экв/л;

$[\text{CO}_2]_{\text{исх}}$ – содержание свободной углекислоты в исходной воде, мг/л, определяется по приложению Г [12] или по формуле

$$[\text{CO}_2]_{\text{исх}} = [\text{CO}_2]_{\text{табл}} \cdot \beta \cdot \tau, \text{ мг / л} \quad (6.89)$$

где $[\text{CO}_2]_{\text{табл}}$ – содержание свободной углекислоты в воде при температуре 10°C 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 Щ, 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	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
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	

Продолжение таблицы 6.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
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 °С	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 P₀ – плотность орошения на 1 м² площади дегазатора, м³/ч, равная при насадке из колец Рашига 60 м³/ч, при деревянной хордовой насадке 40 м³/ч.

3. Принимаем дегазатор круглый в плане и определяем 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 _{нас.} , м, при содержании CO ₂ в воде [CO ₂] _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 м³ на 1 м³ 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 учётом 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 30–40 мм вод. ст. Суммарная потеря напора $\sum h = H \cdot 30 + 40$, мм вод. ст.

Гидравлический расчёт станции водоподготовки для данного примера

1. Расчёт 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):

$$D_k = 4 \cdot \sqrt{Ц}, \text{ мг/л},$$

где Ц – цветность воды, град.

$$D_k = 4 \cdot \sqrt{110} \approx 42 \text{ мг/л};$$

– по мутности исходной воды (табл. 7.1 [6]), $D_k=38$ мг/л.

К расчёту принимается наибольшее значение, т. е. $D_k=42$ мг/л.

Технологическая схема коагулянтного хозяйства при мокром хранении реагента представлена в приложении К.

Расчёт сооружений коагулянтного хозяйства ведётся в следующей последовательности:

1. Ёмкость 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 пересчёте 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 $1000 \times 1000 \times 210$ мм.

2. Ёмкость 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. Ёмкость 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 объём концентрированного раствора, получаемого при растворении расчётного количества коагулянта:

$$W = \frac{P \cdot 100}{b_p \cdot \gamma}, \text{ м}^3,$$

где γ – плотность раствора коагулянта, принимаем $\gamma=1 \text{ т/м}^3$;
 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 расчётное количество баков-хранилищ – $N=4$ и определяется объём 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:

$$Q_a = n_1 \cdot \omega_1 \cdot F_p + n_2 \cdot \omega_2 \cdot F, \text{ л/с},$$

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.

$$Q_a = 3 \cdot 10 \cdot 1 + 3 \cdot 5 \cdot 1 = 45 \text{ л/с} = 2,7 \text{ м}^3 / \text{мин.}$$

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:

$$q_n = \frac{Q_{\text{час}} \cdot D_k}{100 \cdot c \cdot b \cdot \gamma} = \frac{62,4 \cdot 42}{100 \cdot 30 \cdot 4 \cdot 1} = 0,22 \text{ м}^3/\text{ч} , \quad (5.14)$$

где q – расчётный 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 (1рабочий, 1 резервный).

Расчёт известкового хозяйства

Технологическая схема известкового хозяйства с использованием привозного известкового теста представлена в приложении М.

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]:

$$D_{щ} = K_{щ} \cdot \left(\frac{1}{e} \cdot D_k - \text{Щ}_0 + 1 \right), \text{ мг/л} ,$$

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 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ – 57, FeCl_3 – 54, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ – 67;

$K_{щ}$ – коэффициент, принимаемый для извести (по CaO) – 28;

Щ_0 – минимальная щёлочность воды, мг-экв/л (щёлочность 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. Объём бака для приготовления 30%-го известкового молока:

$$W^{30\%} = \frac{Q_{\text{час}} \cdot D_u \cdot n}{10000 \cdot b_u \cdot \gamma_u}, \text{ м}^3 ,$$

где $Q_{\text{час}}$ – полная производительность очистной станции, м³/час;

D_u – доза извести, мг/л;

n – время, на которое заготавливают известковое молоко, принимается равным 6-12 ч;

b_u – концентрация известкового молока, %, принимается равным 30%;

γ_u –объемный вес известкового молока, принимается равным 1т/м³.

$$W^{30\%} = \frac{62,4 \cdot 30 \cdot 12}{10000 \cdot 30 \cdot 1} = 0,07 \text{ м}^3$$

Количество баков не менее двух, баки принимаются прямоугольные в плане, размеры - конструктивно. Принимается два бака объемом по 0,04 м³ каждый, размером 0,2×0,2×1 м.

3. Объем баков - хранилищ:

$$W_{б/х} = \frac{Q_{сут} \cdot D_{и} \cdot n}{10000 \cdot b_u \cdot \gamma_u}, \text{ м}^3$$

где T – время хранения известкового молока, принимается 15 - 30 суток.

$$W_{б/х} = \frac{1497,6 \cdot 30 \cdot 30}{10000 \cdot 30 \cdot 1}, \text{ м}^3$$

Количество баков не менее двух, баки прямоугольные в плане, размеры принимаются произвольно. Принимается два бака объемом по 2,2 м³ и размером 1×1×2,2 м.

4. Объем растворных баков:

$$W^{5\%} = \frac{W_p \cdot b_p}{b}, \text{ м}^3$$

где b_p – 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 мм), количество мешалок не менее двух.

5. Количество воздуха, необходимое для перемешивания известкового молока в баках, определяется из условия интенсивности подачи ω=8-10 л/с·м² по формуле:

$$Q_a = \omega \cdot (n_1 \cdot F_p + n_2 \cdot F), \text{ л / с}$$

$$Q_a = 10 \cdot (2 \cdot 0,04 + 2 \cdot 2,2) = 44,8 \text{ л / с} = 2,7 \text{ м}^3 / \text{мин}$$

Подбирается необходимое количество воздуходувок. Принимается воздуходувку марки ВК-3 производительностью 3,48 м³/мин (1 рабочая и 1 резервная).

Расчёт вихревого смесителя

Площадь горизонтального сечения в верхней части смесителя определяется по формуле:

$$f_a = \frac{Q_{час}}{v_a}, \text{ м}^2$$

где Q_{час} – полная производительность очистной станции, м³/час;

v_a – 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 сторона его будет 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 $V_n = 1,2-1,5$ м/с. Размер в плане нижней части смесителя будет равен диаметру входного отверстия:

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{час}}}{\pi \cdot v_n \cdot 3600}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 62,4}{3,14 \cdot 1,3 \cdot 3600}} = 0,13 \text{ м} \approx 150 \text{ мм}.$$

Полученный по формуле диаметр округляется до стандартного значения.

Расчёт вертикального отстойника

Применяют вертикальный отстойник на станциях реагентной очистки воды с производительностью до 5000 м³/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, м³/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:

$$F_{\text{общ}} = F + f_{\text{н}}, \text{ м}^2$$

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 3-5мин 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):

$$H_{yg} = \frac{U_{рф} \cdot T_y}{60} = \frac{10 \cdot 15}{60} = 2,5 \text{ м.}$$

2. Умягчение воды методом двухступенчатого натрий-катионирования воды.

Na-катионирование производится в две ступени, если остаточная жёсткость воды должна быть снижена до 0,01 мг-экв/л (глубокое умягчение). При расчёте фильтров второй ступени жёсткость 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 ёмкость 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_s – коэффициент эффективности регенерации, учитывающий неполноту регенерации катионита, при удельном расходе соли на регенерацию $a_c = 150 \text{ г/г-экв}$ $\alpha_s = 0,74$ для первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе;

β_{Na} – коэффициент, учитывающий снижение обменной ёмкости катионита по Ca^{2+} и Mg^{2+} вследствие частичного задержания катионов Na^+ . Концентрации Na^+ в исходной воде равна $C_{Na} = \frac{\text{Na}^+}{23} = \frac{5,71}{23} = 0,248$, при этом

$$\frac{C_{Na}}{Ж_0} = \frac{0,248}{2,94} = 0,084, \text{ принимаем } \beta_{Na} = 0,85.$$

$E_{полн}$ – полная обменная ёмкость 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_s – коэффициент эффективности регенерации Na-катионита, принимается при удельном расходе соли на регенерацию катионита $a_c = 300 \text{ г/г-экв}$ $\alpha_s = 0,9$ для второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе;

β_{Na} – коэффициент, учитывающий снижение обменной ёмкости катионита по Ca^{2+} и Mg^{2+} вследствие частичного задержания катионов Na^+ , при

$$\frac{C_{Na}}{Ж_0} = \frac{0,248}{0,1} = 2,48, \text{ принимаем } \beta_{Na} = 0,61.$$

$$E_{раб}^{Na} = 0,9 \cdot 0,61 \cdot 500 = 274,5 \text{ г – экв/м}^3.$$

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:

$$n_p^2 = \frac{24}{200 + 1,5} = 0,12.$$

Объем 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.

$H_s^1 = 2,0$ м (Na-катионитного фильтра первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе).

$H_s^2 = 1,5$ 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 $0,8 \text{ м}^2$, 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):

$$Q_{\text{взр}}^{\text{Na}^1+\text{Na}^2} = 0,06 \cdot w \cdot t \cdot (N_{\text{Na}}^1 \cdot f_{\text{Na}}^1 \cdot \eta_p^1 + N_{\text{Na}}^2 \cdot f_{\text{Na}}^2 \cdot \eta_p^2), \text{ м}^3 / \text{сут}.$$

$$Q_{\text{взр}}^{\text{Na}^1+\text{Na}^2} = 0,06 \cdot 4 \cdot 20 \cdot (2 \cdot 0,8 \cdot 2 + 2 \cdot 0,8 \cdot 0,12) = 16,3 \text{ м}^3 / \text{сут}.$$

10.3. На отмывку катионитовой загрузки определяется по формуле (6.49):

$$Q_{\text{отм}}^{\text{Na}^1+\text{Na}^2} = q_{\text{уд}} \cdot (N_{\text{Na}}^1 \cdot f_{\text{Na}}^1 \cdot H_3^{\text{Na}^1} \cdot \eta_p^1 + N_{\text{Na}}^2 \cdot f_{\text{Na}}^2 \cdot H_3^{\text{Na}^2} \cdot \eta_p^2), \text{ м}^3 / \text{сут}.$$

$$Q_{\text{отм}}^{\text{Na}^1+\text{Na}^2} = 4 \cdot (2 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot 2 + 2 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 0,12) = 26,8 \text{ м}^3 / \text{сут}.$$

10.4. Суммарный расход определяем по формуле (6.50):

$$Q_{\text{собщ.}} = Q_{\text{соли}}^1 + Q_{\text{соли}}^2 + Q_{\text{взр}}^{\text{Na}^1+\text{Na}^2} + Q_{\text{отм}}^{\text{Na}^1+\text{Na}^2}, \text{ м}^3 / \text{сут}.$$

$$Q_{\text{собщ.}} = 5,9 + 0,3 + 16,3 + 26,8 = 49,3 \text{ м}^3 / \text{сут}.$$

10.5. Процент добавочной воды к расходу, подаваемому на установку, определится по формуле (6.51):

$$P_{\text{доб}} = \frac{49,3 \cdot 100}{27 \cdot 24} = 7,6\% < 30\%.$$

Расчёт устройств для мокрого хранения соли, приготовления раствора соли и его перекачки

1. Расход соли на одну регенерацию Na-катионитовых фильтров первой ступени составляет $P_c^1 = 74,1$ кг, второй ступени – $P_c^2 = 98,8$ кг.

2. Суточный расход соли определится по формуле (6.52):

$$S_c = P_c^1 \cdot \eta_p^1 \cdot N_{\text{Na}}^1 + P_c^2 \cdot \eta_p^2 \cdot N_{\text{Na}}^2, \text{ кг}$$

$$S_c = 74,1 \cdot 2 \cdot 2 + 98,8 \cdot 0,12 \cdot 2 = 296,4 + 23,7 = 320,1 \text{ кг}.$$

3. Ёмкость 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 - 1000х1000х520(г).

4. Ёмкость 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, ёмкость 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 - 1800х1800х1900(г).

5. Ёмкость расходных баков считается отдельно для первой и второй ступени и определяется по формуле (6.55):

– для первой ступени

$$W_{\text{расх}}^1 = \frac{0,95 \cdot 26}{8} = 3,1 \text{ м}^3.$$

Принимается количество расходных баков 2, принимаются размеры баков в плане и глубина - 1500x1500x700(h);

– для второй ступени

$$W_{\text{расх}}^2 = \frac{0,08 \cdot 26}{12} = 0,17 \text{ м}^3.$$

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%-го 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%-го 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. Ёмкость 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).

6.4.4. Разработка компоновочного плана здания станции

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. Резервуары осветленной и глубоко умягченной воды размещаем по длине в непосредственной близости к зданию станции водоподготовки промышленного предприятия.

Пример компоновочного плана здания станции водоподготовки приведен в приложении Ц.

6.5. Выбор охладительного устройства в оборотной системе водоснабжения

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 учётом 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 $1700 \times 1100 \times 2000$ (длина×ширина×высота, мм) и производительностью $10\text{-}20\text{ м}^3/\text{ч}$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Условные обозначения элементов санитарно-технических систем: ГОСТ 21.205-93.
2. Генеральные планы промышленных предприятий. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-3.01-155-2009 (02250). – Мн.: Министерство архитектуры и строительства, 2009.
3. Наружные водопроводные сети и сооружения. Правила проектирования: ТКП 45-4.01-197-2010 (02250). – Минск: Министерство архитектуры и строительства, 2011.
4. Шевелев, Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб / Ф.А. Шевелев, А.Ф. Шевелев. – 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. – Минск: Министерство архитектуры и строительства, 2009. – 57 с.
7. Кожин, В.Ф. 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.
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. Наружные водопроводные сети и сооружения. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-4.01-32-2010 (02250). – Минск: Министерство архитектуры и строительства, 2011.
12. Водоснабжение промышленных предприятий. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-4.01-258-2012. – Минск: Министерство архитектуры и строительства, 2012.
13. Градостроительство. Населенные пункты. Нормы планировки и застройки: ТКП 45-3.01-116-2008. – Минск: Министерство архитектуры и строительства, 2009.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

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 водопроводов 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, подающий	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.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Выписка из ТКП 45-3.01-116-2008 Градостроительство.
Населенные пункты. Нормы планировки и застройки [13]

Расстояния по горизонтали от ближайших подземных инженерных сетей до зданий и сооружений следует принимать по таблице 12.4.

Расстояния по горизонтали между соседними подземными инженерными сетями, при их параллельном размещении, следует принимать по таблице 12.5.

Таблица 12.4

Наименование подземных инженерных сетей	Расстояние по горизонтали (в свету) от подземных сетей, м. до									
	Фундаменты зданий и сооружений	Фундаменты предприятий, складов, гаражей, автомоек и гаражей, заборов, заградительных устройств	оси крайнего пути				фундаменты опор воздушных линий электропередачи напряжением, кВ			
			для объектов с глубиной залегания до 150 мм от поверхности грунта, для объектов с глубиной залегания до 300 мм от поверхности грунта и для объектов с глубиной залегания до 750 мм от поверхности	для объектов с глубиной залегания до 150 мм от поверхности грунта	для объектов с глубиной залегания до 300 мм от поверхности грунта	для объектов с глубиной залегания до 750 мм от поверхности	до 10 кВ (включая)	до 20 кВ (включая)	до 35 кВ (включая)	до 110 кВ (включая)
Водопровод и напорная канализация	5,0	3,0	4,0	2,8	2,0	1	1,0	2	2	
Самотечная (бытовая и дождевая) канализация	3,0	1,5	4,0	2,8	1,5	1	1,0	2	2	
Дренаж	3,0	1,0	4,0	2,8	1,5	1	1,0	2	2	
Слупутствующий дренаж	0,4	0,4	0,4	—	0,4	—	—	—	—	
Газопроводы горючих газов давления, МПа:										
низкого — до 0,005 включ	2,0	1,0	3,8	2,8	1,5	1	1,0	5	10	
среднего — св 0,005 - 0,3	4,0	1,0	4,8	2,8	1,5	1	1,0	5	10	
высокого — св 0,3 - 0,6	7,0	1,0	7,8	3,8	2,5	1	1,0	5	10	
высокого — св 0,6 - 1,2	10,0	1,0	10,8	3,8	2,5	2	1,0	5	10	
Тепловые сети:										
от наружной стенки канала, тоннеля	2,0	1,5	4,0	2,8	1,5	1	1,0	2	3	
от оболочки бесканальной прокладки	5,0	1,5	4,0	2,8	1,5	1	1,0	2	3	
Силовые кабели всех напряжений и кабели связи	0,6	0,5	3,2	2,8	1,5	1	0,5*	5*	10*	
Каналы, коммуникационные тоннели	2,0	1,5	4,0	2,8	1,5	1	1,0	2	3*	

* Ступенчатая по отношению к расстояниям от силовых кабелей

Примечания

- 1 Допускается предусматривать прокладку подземных инженерных сетей в пределах фундаментов опор и стоек трубопроводов, контактной сети, при условии выполнения мер, исключающих возможность повреждения сетей в случае осадки фундаментов, а также повреждения фундаментов при аварии на этих сетях. При размещении инженерных сетей, подлежащих прокладке с применением строительного водопонижения, расстояние от них до зданий и сооружений следует устанавливать с учетом зоны возможного обрушения прочности грунтов основания.
- 2 Расстояния от силовых кабелей напряжением 110-220 кВ до фундаментов ограждений предприятий, складов, опор контактной сети и линий связи следует принимать 1,5 м.
- 3 Расстояния по горизонтали от отделок из члунных трубчатых, а также от отделки из железобетона или бетона с оклеенной гидроизоляцией подземных сооружений метрополитена, расположенных на глубине не менее 20 м (от верха конструкции до поверхности земли) следует принимать до сетей водопровода, канализации, тепловых сетей 5 м, до кабелей напряжением до 10 кВ — 1 м, напряжением выше 10 кВ — 3 м, в случае применения отделки без оклеенной гидроизоляции расстояния до указанных сооружений следует принимать до 8 м, а до сетей канализации — до 5 м.

Таблица 12.5

Наименование подземных инженерных сетей	Расстояние по горизонтали (в свету), м. до												
	водопровода	бытовой канализации	дренажа и дождевой канализации	газопроводов давления, МПа				степени обделкой вала напряжением	кабели связи	тепловых сетей			
				низкого до 0,005 включ	среднего св 0,005 до 0,3 включ	высокого св 0,3 до 0,6 включ	св 0,6 до 1,2 включ			наружной стенки канализационных тоннелей	оболочки бесканальной прокладки	кабели, тоннелей	наружная канализация
Водопровод	См. примечание 1	См. примечание 2	1,5	1,0	1,0	1,5	2,0	0,5*	0,5	1,5	1,5	1,5	1,0
Бытовая канализация	См. примечание 2	0,4	0,4	1,0	1,5	2,0	5,0	0,5*	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0
Дождевая канализация	1,5	0,4	0,4	1,0	1,5	2,0	5,0	0,5*	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0

ПРИЛОЖЕНИЕ В

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.

Продолжение таблицы 12.4

Наименование подземных инженерных сетей	Расстояние по горизонтали (в свету), м, до												
	водопровода	бытовой канализации	дренажа и дождевой канализации	газопроводов давления, МПа:				силовых кабелей всех напряжений	кабели связи	тепловые сети			
				низкого		высокого				наружной стены канала, тоннеля	оболочки бесканальной прокладки	внутри тоннеля	
				до 0,005 включ	свыше 0,005 до 0,3 включ	до 0,3 включ	свыше 0,3 до 1,2 включ						
Газопроводы давления, МПа:													
низкого — до 0,005 включ	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0
среднего — св 0,005 " 0,3	1,0	1,5	1,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	2,0	1,0	2,0	1,5
высокого — " 0,3 " 0,6	1,5	2,0	2,0	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	2,0	1,5	2,0	2,0
высокого — " 0,6 " 1,2	2,0	5,0	5,0	0,5	0,5	0,5	0,5	2,0	1,0	4,0	2,0	4,0	2,0
Кабели силовые всех напряжений	0,5*	0,5*	0,5*	1,0	1,0	1,0	2,0	0,1-0,5*	0,5	2,0	2,0	2,0	1,5
Тепловые сети:													
от наружной стенки канала, тоннеля	1,5	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	4,0	2,0	1,0	—	—	2,0	1,0
от оболочки бесканальной прокладки	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	2,0	2,0	1,0	—	—	2,0	1,0
Кабели связи	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	—	2,0	2,0	1,0	1,0
кабельная канализация	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	2,0	3,0	1,0	—	2,0	2,0	1,0	1,0
Каналы, тоннели	1,5	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	4,0	2,0	1,0	2,0	2,0	—	1,0

* в соответствии с разделом 2 [17]

Примечания

1. При параллельной прокладке нескольких линий водопровода расстояние между ними следует принимать в зависимости от технических и инженерно-геологических условий в соответствии с требованиями СНиП 2.04.02.
2. Расстояние от бытовой канализации до хозяйственно-питьевого водопровода следует принимать: до водопровода из железобетонных и асбестоцементных труб — 5 м; до водопровода из чугунных труб диаметром до 200 мм включительно — 1,5 м; диаметром св 200 мм — 3 м; до водопровода из пластиковых труб — 1,5 м. Расстояние между сетями канализации и производственного водопровода в зависимости от материала и диаметра труб, а также от номенклатуры и характеристик грунтов должно быть не менее 1,5 м.
3. При параллельной прокладке двух и более газопроводов диаметром до 300 мм включительно расстояние между ними (в свету) допускается принимать 0,4 м, более 300 мм — 0,5 м при совместном размещении в одной траншее.
4. В таблице указаны расстояния до стальных газопроводов. Размещение газопроводов из неметаллических труб следует предусматривать в соответствии с требованиями СНБ 4.03.01.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

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.

Технические характеристики градирен типа «Росинка»

Основные технические характеристики градирен		Росинка 5	Росинка 10/20	Росинка 30/40	Росинка 50/60	Росинка 80/100
Расход воды	м ³ /ч	5	10/20	30/40	50/60	80/100
° Перепад температур (Δt)	°С	6,4	9/6,4	7/6,4	6/5	6,3/5,7
Тепловая нагрузка	Мкал/ч	32	90/128	210/256	300	504/570
	кВт	37,2	104,7/148,9	244,2/297,7	348,9	581,5/662,9
Капельный унос, не более	%	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Потери воды на испарение, не более	%	1,1	1,5	1,2	1,0	1,1
Вентилятор ВО 06-300	исполнение	4	6,3	8	10	12,5
Мощность эл/двигателя	кВт	0,25	1,1	3,0	3,0	4,0
Габариты: дл. x шир. x выс.	м	1,2x0,7x1,7	1,7x1,1x2,0	2,3x1,3x2,3	2,2x1,7x3,5	2,8x2,3x3,9
Габариты для транспортировки	м	1,2x0,7x1,7	1,7x1,1x2,0	2,3x1,3x2,3	-	-
Основание: дл. x шир. x выс.	м	-	-	-	2,2x1,7x2,1	2,8x2,3x2,3
Корпус верх.: дл. x шир. x выс.	м	-	-	-	2,2x1,7x1,5	2,8x2,3x1,7
Масса без воды	кг	210	400	600	1420	2100
Масса при эксплуатации	кг	300±10	700±30	1050±40	2200±50	3600±100
Масса при максимальном наполнении водой, не более	кг	330	880	1440	4140	6530

***ПРИВЕДЁН ДЛЯ КОНКРЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ:**
 $t_{\text{воды}}$ на входе в градирню – 32°С, $t_{\text{сухого воздуха}}$ – 25°С, относительная влажность – 57%
ИЗМЕНЕНИЕ ЛЮБОГО ИЗ ПАРАМЕТРОВ ПРИВОДИТ К ИЗМЕНЕНИЮ Δt

Напор, кПа (м.вод ст.)	Расход воды через 1 сопло, м ³ /ч	Диапазон расхода воды через градирни в зависимости от напора, м ³ /ч				
		Росинка 5	Росинка 10/20	Росинка 30/40	Росинка 50/60	Росинка 80/100
		количество водоразбрызгивающих сопел в градирне				
		3	9	18	32	54
20(2)	1	3	9	18	32	54
30(3)	1,25	3,75	11,25	22,5	40	67,5
40(4)	1,4	4,2	12,6	25,2	44,8	75,6
50(5)	1,65	4,95	14,85	29,7	52,8	89,1
60(6)	1,85	5,55	16,65	33,3	59,2	99,9
70(7)	1,95	5,85	17,55	35,1	62,4	105,3
80(8)	2,1	6,3	18,9	37,8	67,2	113,4
100(10)	2,45	7,35	22,05	44,1	78,4	132,3

Продолжение приложения Э

Условные обозначения:

Установка по умягчению воды методом двухступенчатого Na-катионирования

- 23.1, 23.2 – Na-катионитовые фильтры 1 и 2 ступени соответственно
- 24 – резервуар сбора глубоко умягченной воды
- 25 – насос подачи умягченной воды потребителю
- 26 – резервуары сбора промывных вод с Na-катионитовых фильтров
- 27 – насос подачи промывных вод на взрыхление

Солевое хозяйство

- 28 – растворный бак соли
- 29 – насос для перекачивания раствора соли
- 30 – фильтр очистки раствора соли
- 31 – бак-хранилище раствора соли
- 32, 34 – баки рабочего раствора соли для Na-катионитовых фильтров 1 и 2 ступени соответственно
- 33, 35 – насосы подачи регенерационного раствора соли
- 36 – бак-ресивер
- 37 – воздуходувка

Условные обозначения трубопроводов:

- o— трубопровод подачи осветлённой воды
- к— трубопровод подачи раствора коагулянта
- и— трубопровод подачи раствора извести
- P1— трубопровод подачи раствора соли на Na-катионитовые фильтры 1 ступени
- P2— трубопровод подачи раствора соли на Na-катионитовые фильтры 2 ступени
- в— воздухопровод
- к1— канализационный трубопровод

Экспликация помещений:

- I – помещение осветления и обесцвечивания воды
- II – помещение приготовления коагулянта
- III – помещение приготовления извести
- IV – помещение приготовления соли
- V – зал Na-катионитовых фильтров

Условные обозначения:

Комплекс сооружений по осветлению и обесцвечиванию воды

- 1 - вихревой смеситель*
- 2 - вертикальный отстойник*
- 3 - промежуточный бак*
- 4 - насос для подачи воды на фильтр*
- 5 - напорный фильтр*
- 6 - сорбционный фильтр*
- 7 - резервуар осветлённой воды*
- 8 - насос подачи осветлённой воды потребителю*
- 9 - насос подачи осветлённой воды на умягчение*
- 10 - насос подачи осветлённой воды на собственные нужды*

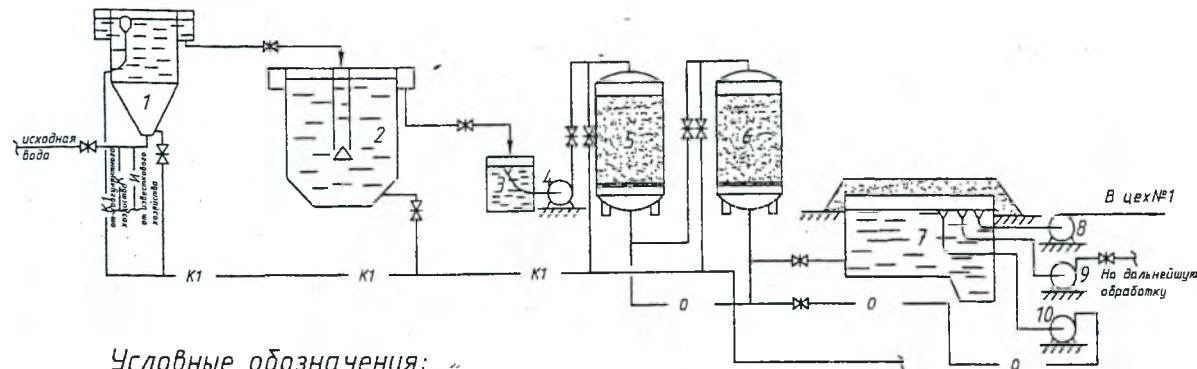
Коагулянтное хозяйство

- 11 - растворный бак коагулянта*
- 12 - насос для перекачивания раствора коагулянта*
- 13 - бак-хранилище раствора коагулянта*
- 14 - расходный бак раствора коагулянта*
- 15 - насос-дозатор раствора коагулянта*
- 16 - бак-раствор*
- 17 - воздуходувка*

Известковое хозяйство

- 18 - растворный бак известкового молока*
- 19 - насос для перекачивания раствора известки*
- 20 - бак-хранилище раствора известки*
- 21 - расходный бак известкового молока*
- 22 - насос-дозатор раствора известки*

Комплекс сооружений по осветлению, обесцвечиванию воды и снижению окисляемости



Условные обозначения: ..

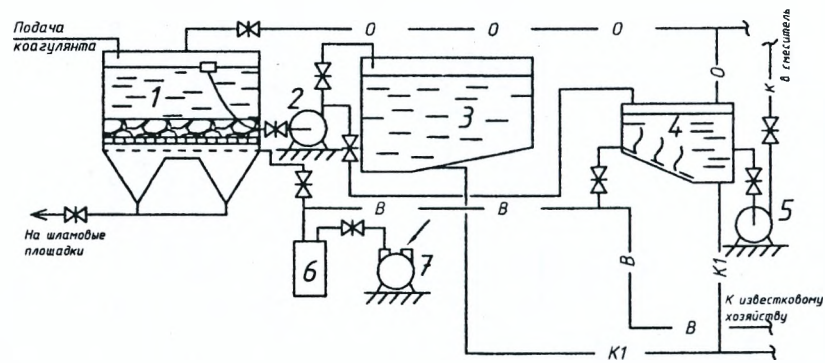
- 1 – вихревой смеситель
- 2 – вертикальный отстойник
- 3 – промежуточный бак
- 4 – насос для подачи воды на фильтр
- 5 – напорный фильтр
- 6 – сорбционный фильтр
- 7 – резервуар осветлённой воды
- 8 – насос подачи осветлённой воды потребителю
- 9 – насос подачи осветлённой воды на умягчение
- 10 – насос подачи осветлённой воды на собственные нужды

Условные обозначения трубопроводов:

- o— трубопровод подачи осветлённой воды
- к— трубопровод подачи раствора коагулянта
- и— трубопровод подачи раствора извести
- в— воздухопровод
- к1— канализационный трубопровод

Приложение К

Коагулянтное хозяйство



Условные обозначения:

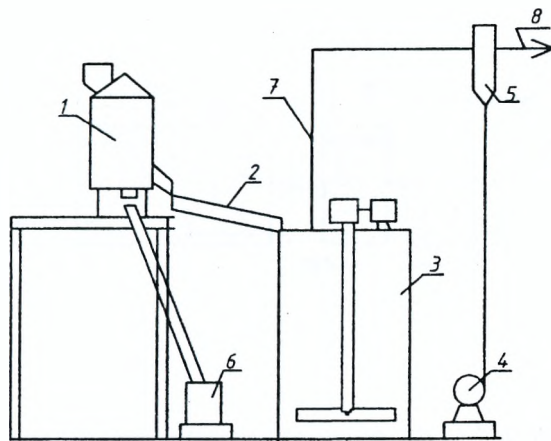
- 1 - растворный бак коагулянта
- 2 - насос для перекачивания раствора коагулянта
- 3 - бак-хранилище раствора коагулянта
- 4 - расходный бак раствора коагулянта
- 5 - насос-дозатор раствора коагулянта
- 6 - бак-расивер
- 7 - воздуходувка

Условные обозначения трубопроводов:

- о — трубопровод подачи осветлённой воды
- к — трубопровод подачи раствора коагулянта
- в — воздухопровод
- к1 — канализационный трубопровод

Приложение Л

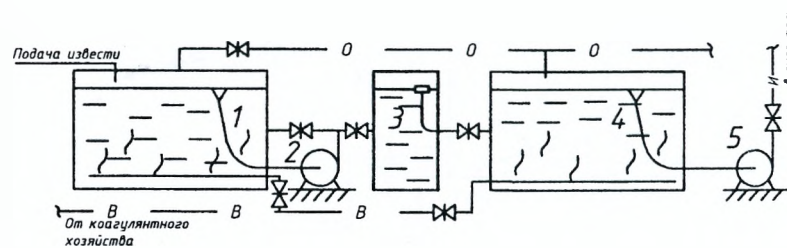
Известковое хозяйство
(сухое хранение извести)



Условные обозначения:

- 1 - известегасилка
- 2 - сливной желоб
- 3 - бак для известкового молока
- 4 - насос
- 5 - дозатор
- 6 - контейнер для сбора отходов
- 7 - перелив с дозатора
- 8 - трубопровод для подачи отдозированного известкового молока

Известковое хозяйство (с использованием 50%-ного известкового теста)



Условные обозначения:

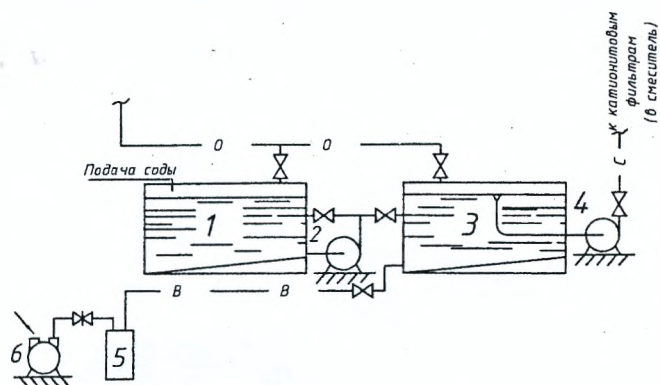
- 1 - растворный бак известкового молока
- 2 - насос для перекачивания раствора известки
- 3 - бак-хранилище раствора известки
- 4 - расходный бак известкового молока
- 5 - насос-дозатор раствора известки

Условные обозначения трубопроводов:

- o— трубопровод подачи осветлённой воды
- и— трубопровод подачи раствора известки
- в— воздухопровод

Приложение Н

Содовое хозяйство



Условные обозначения:

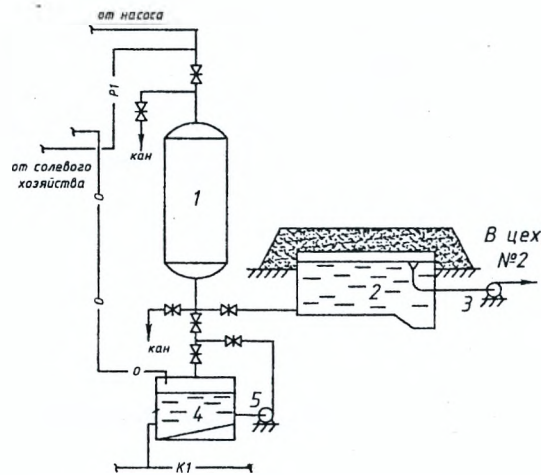
- 1 - растворный (растворно-хранилищный) бак соды
- 2 - перекачивающий насос
- 3 - расходный бак соды
- 4 - насос-дозатор раствора соды
- 5 - бак-ресивер
- 6 - воздуходувка

Условные обозначения трубопроводов:

- o— трубопровод подачи осветлённой воды
- c— трубопровод подачи раствора соды
- в— воздухопровод

Приложение 0

Установка по умягчению воды методом
одноступенчатого Na-катионирования



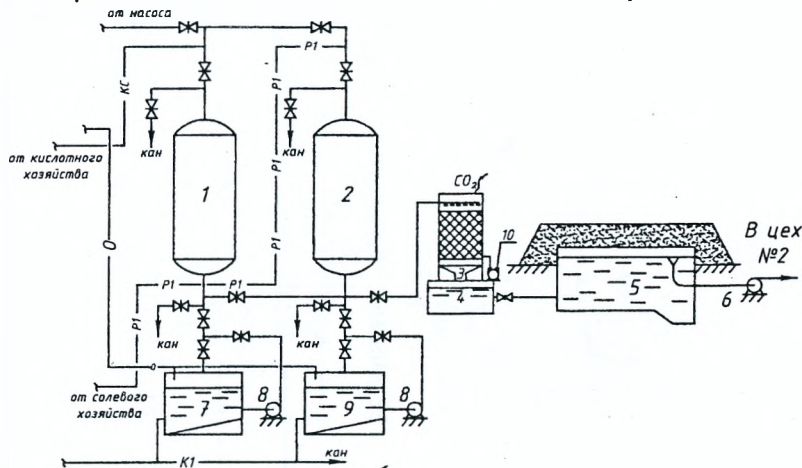
Условные обозначения:

- 1 - Na-катионитовый фильтр 1 ступени
- 2 - резервуар сбора глубоко умягченной воды
- 3 - насос подачи умягченной воды потребителю
- 4 - резервуары сбора промывных вод с Na-катионитовых фильтров
- 5 - насос подачи промывных вод на взрыхление

Условные обозначения трубопроводов:

- o— трубопровод подачи осветлённой воды
- PI— трубопровод подачи раствора соли на Na-катионитовые фильтры 1 ступени
- к1— канализационный трубопровод

Установка по умягчению воды методом параллельного Н-Na-катионирования



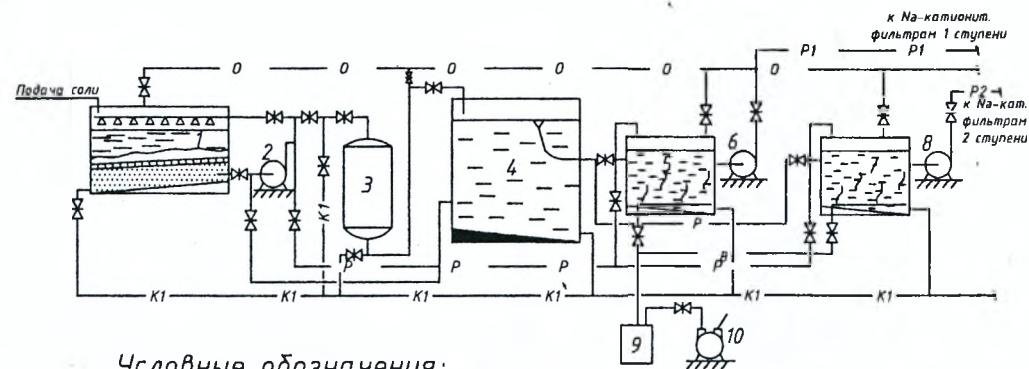
Условные обозначения:

- 1 - H-катионитовый фильтр
- 2 - Na-катионитовый фильтр
- 3 - дегазатор
- 4 - приемный резервуар
- 5 - резервуар сбора глубоко умягченной воды
- 6 - насос подачи умягченной воды потребителю
- 7, 9 - резервуары сбора промывных вод соответственно с H и Na-катионитовых фильтров
- 8 - насос подачи промывных вод на взрыхление
- 10 - вакуум-насос

Условные обозначения трубопроводов:

- o— трубопровод подачи осветлённой воды
- к— трубопровод подачи раствора извести
- КС— трубопровод подачи раствора кислоты на H-катионитовые фильтры
- P1— трубопровод подачи раствора соли на Na-катионитовые фильтры
- к1— канализационный трубопровод

Солевое хозяйство



Условные обозначения:

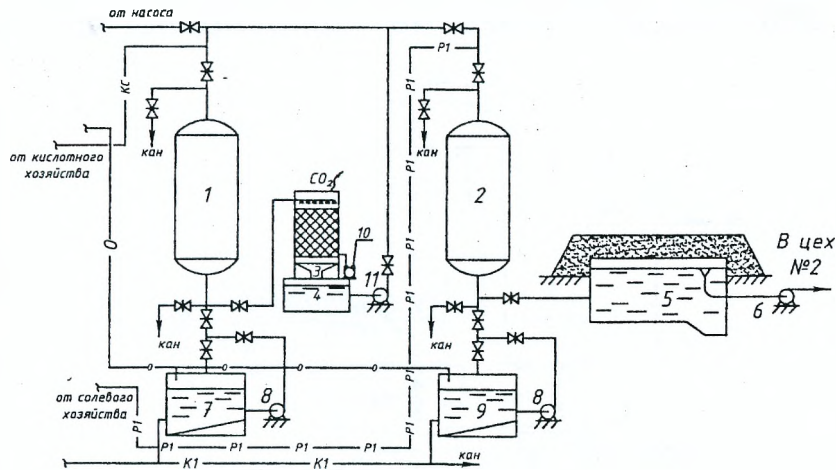
- 1 - растворный бак соли
- 2 - насос для перекачивания раствора соли
- 3 - фильтр очистки раствора соли
- 4 - бак-хранилище раствора соли
- 5, 7 - баки рабочего раствора соли для Na-катионитовых фильтров 1 и 2 ступени соответственно
- 6, 8 - насосы подачи регенерационного раствора соли
- 9 - бак-ресивер
- 10 - воздуходувка

Условные обозначения трубопроводов:

- o— трубопровод подачи осветлённой воды
- p— трубопровод концентрированного раствора соли
- p1— трубопровод подачи раствора соли на Na-катионитовые фильтры 1 ступени
- p2— трубопровод подачи раствора соли на Na-катионитовые фильтры 2 ступени
- в— воздухопровод
- к1— канализационный трубопровод

Приложение Р

Установка по умягчению воды методом последовательного Н-Na-катионирования



Условные обозначения:

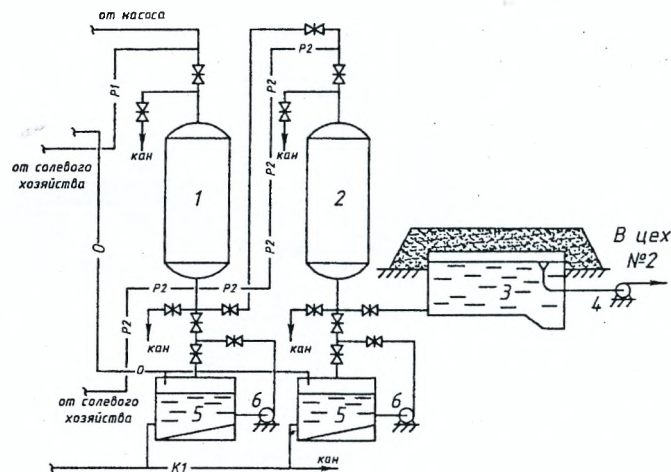
- 1 - Н-катионитовый фильтр
- 2 - Na-катионитовый фильтр
- 3 - дегазатор
- 4 - приемный резервуар
- 5 - резервуар сбора глубоко умягченной воды
- 6 - насос подачи умягченной воды потребителю
- 7, 9 - резервуары сбора промывных вод соответственно с Н и Na-катионитовых фильтров
- 8 - насос подачи промывных вод на взрыхление
- 10 - вакуум-насос
- 11 - насос подачи воды на Na-катионитовые фильтры

Условные обозначения трубопроводов:

- о— трубопровод подачи осветлённой воды
- кс— трубопровод подачи раствора извести
- р1— трубопровод подачи раствора кислоты на Н-катионитовые фильтры
- р1— трубопровод подачи раствора соли на Na-катионитовые фильтры
- к1— канализационный трубопровод

Приложение П

Установка по умягчению воды методом двухступенчатого Na-катионирования



Условные обозначения:

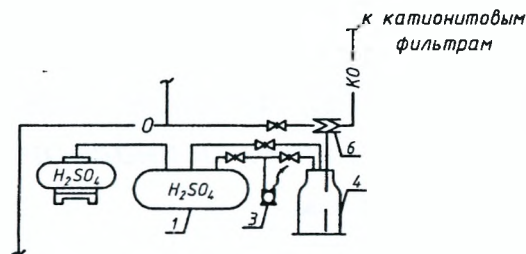
- 1 - Na-катионитовый фильтр 1 ступени
- 2 - Na-катионитовый фильтр 2 ступени
- 3 - резервуар сбора глубоко умягченной воды
- 4 - насос подачи умягченной воды потребителю
- 5 - резервуары сбора промывных вод с Na-катионитовых фильтров
- 6 - насос подачи промывных вод на взрыхление

Условные обозначения трубопроводов:

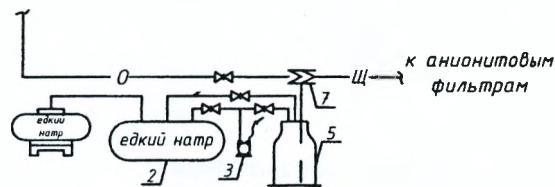
- 0 — трубопровод подачи осветлённой воды
- P1 — трубопровод подачи раствора извести
- P2 — трубопровод подачи раствора соли на Na-катионитовые фильтры 1 ступени
- P2 — трубопровод подачи раствора соли на Na-катионитовые фильтры 2 ступени
- K1 — канализационный трубопровод

Приложение У

Кислотное хозяйство



Щелочное хозяйство



Условные обозначения:

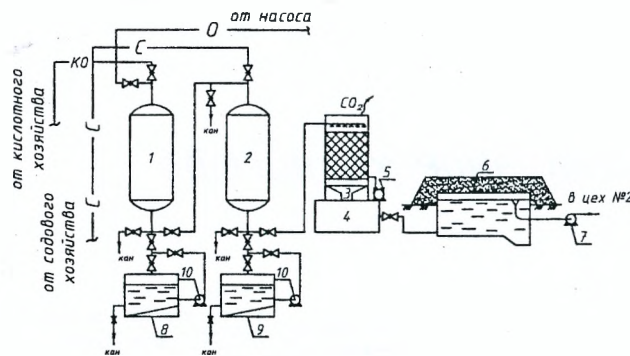
- 1, 2 - ёмкости для хранения концентрированной серной кислоты и едкого натра
- 3 - вакуум-насосы
- 4, 5 - баки-мерники для серной кислоты и едкого натра
- 6, 7 - эжекторы для подачи серной кислоты и едкого натра для регенерации катионитовых и анионитовых фильтров

Условные обозначения трубопроводов:

- 0 — трубопровод подачи осветлённой воды
- к0 — трубопровод подачи раствора серной кислоты
- щ — трубопровод подачи раствора едкого натра

Приложение Ф

Установка по обессоливанию воды методом
одноступенчатого ионного обмена



Условные обозначения:

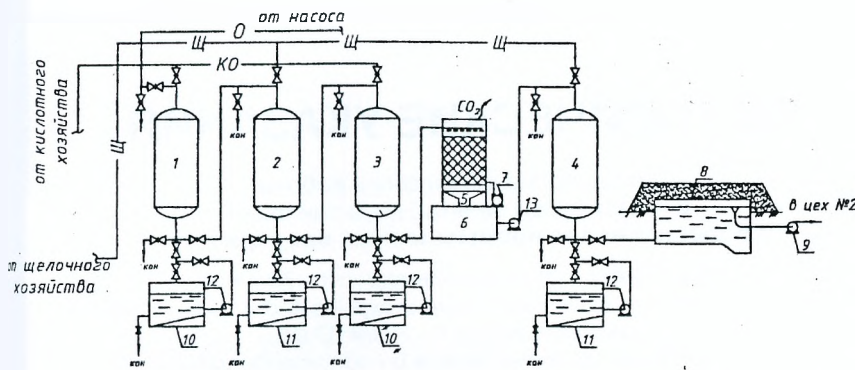
- 1 - катионитовый фильтр
- 2 - анионитовый фильтр
- 3 - дегазатор
- 4 - приёмный резервуар
- 5 - вентилятор
- 6 - резервуар обессоленной воды
- 7 - насос подачи обессоленной воды потребителю
- 8, 9 - резервуары сбора промывных вод от катионитовых и анионитовых фильтров
- 10 - насосы подачи промывных вод на взрыхление

Условные обозначения трубопроводов:

- о — трубопровод подачи осветлённой воды
- KO — трубопровод подачи раствора серной кислоты
- C — трубопровод подачи раствора соды

Приложение X

Установка по обессоливанию воды методом двухступенчатого ионного обмена



Условные обозначения:

- 1, 3 - катионитовые фильтры первой и второй ступени
- 2, 4 - анионитовые фильтры первой и второй ступени
- 5 - дегазатор
- 6 - приёмный резервуар
- 7 - вентилятор
- 8 - резервуар обессоленной воды
- 9 - насос подачи обессоленной воды потребителю
- 10, 11 - резервуары сбора промывных вод от катионитовых и анионитовых фильтров
- 12 - насосы подачи промывных вод на взрыхление
- 13 - насосы подачи воды на анионитовые фильтры

Условные обозначения трубопроводов:

- 0 — трубопровод подачи осветлённой воды
- KO — трубопровод подачи раствора серной кислоты
- Щ — трубопровод подачи раствора едкого натра

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Составители:

*Мороз Владимир Валентинович,
Акулич Татьяна Ивановна,
Андреюк Светлана Васильевна*

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»
специализации 1 - 70 04 03 01
«Системы водоснабжения и водоотведения»

Ответственный за выпуск: Акулич Т.И.
Редактор: Боровикова Е.А.
Компьютерная вёрстка: Соколюк А.П.
Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано в печать 23.10.2017 г. Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага «Performer».
Гарнитура «Arial». Усл. печ. л. 5,92. Уч. изд. л. 6,37. Заказ № 1067. Тираж 50 экз.
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.