

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения курсового проекта по дисциплине  
“Водоснабжение и водоотведение  
промышленных предприятий”

Часть 1 «Система водоснабжения  
промышленного предприятия»

для студентов специальности  
1 – 70 04 03 “Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов”  
специализации  
1 – 70 04 03 01 “Системы водоснабжения и водоотведения”

Брест 2012

УДК 628.1

Методические указания подготовлены для студентов вузов специальности 1 – 70 04 03 “Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов”, изучающих курс “Водоснабжение и водоотведение промышленных предприятий”.

Курсовой проект, выполняемый на тему «Системы водоснабжения и водоотведения промышленного предприятия», включает в себя раздел «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. Издаётся в 2-х частях. Часть 1.

Составители: В.В. Мороз, доцент  
Т.И. Акулич, доцент

Рецензент: Начальник группы ВК УП «Институт Брестстройпроект» С.А. Новик

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| Введение.....  | 4  |
| 1. Состав и объем раздела «Система водоснабжения промышленного предприятия» курсового проекта.....                                   | 5  |
| 2. Анализ категорий водопотребителей на промпредприятии и требований к качеству воды.....  | 7  |
| 3. Разработка балансовой схемы водоснабжения и водоотведения промпредприятия.....  | 8  |
| 4. Выбор и обоснование системы и схемы водоснабжения промпредприятия.....  | 10 |
| 5. Проектирование системы хозяйственно-питьевого водоснабжения промпредприятия. ...  | 10 |
| 5.1. Выбор и обоснование схемы подключения внутривозвращенной сети хозяйственно-питьевого водоснабжения к городскому коллектору..... | 10 |
| 5.2. Трассировка и гидравлический расчет хозяйственно-питьевого водопровода на два расчетных случая.....                             | 11 |
| 5.3. Определение объемов запасно-регулирующих резервуаров.....   | 19 |
| 5.4. Определение параметров насосного оборудования водопроводной насосной станции и подбор насосного оборудования.....               | 21 |
| 6. Проектирование системы производственного водоснабжения промпредприятия.....   | 24 |
| 6.1. Трассировка и гидравлический расчет сети производственного водоснабжения.....   | 24 |
| 6.2. Определение объемов запасно-регулирующих резервуаров.....   | 25 |
| 6.3. Определение параметров и подбор насосного оборудования насосной станции технической воды.....                                   | 26 |
| 6.4. Проектирование станции водоподготовки.....  | 27 |
| 6.4.1. Выбор и обоснование методов обработки воды для принятой системы водоснабжения.....  | 27 |
| 6.4.2. Разработка технологической схемы водоподготовки.....  | 30 |
| 6.4.3. Гидравлический расчет сооружений станции водоподготовки.....  | 31 |
| 6.4.4. Разработка компоновочного плана здания станции водоподготовки.....  | 60 |
| 6.5. Выбор охладительного устройства в оборотной системе водоснабжения.....  | 61 |
| Литература.....  | 61 |
| Приложения.....  | 62 |

## **ВВЕДЕНИЕ**

Обеспечение водой промпредприятий является одной из важных народнохозяйственных 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 РАЗДЕЛА «СИСТЕМА ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ» КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект, выполняемый на тему «Системы водоснабжения и водоотведения промышленного предприятия», включает в себя раздел «Система водоснабжения промышленного предприятия». В данных методических указаниях рассматриваются только вопросы, касающиеся проектирования и расчета системы водоснабжения промышленного предприятия.

**Исходные данные** к разделу «Система водоснабжения промышленного предприятия»:

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

2. Источник водоснабжения для производственных целей – поверхностный.

Качество воды в источнике:

Мутность, мг/л;

Цветность, град;

Водородный показатель, ед. рН;

Перманганатная окисляемость, мг  $O_2$ /л;

Щелочность, мг-экв/л;

Жесткость карбонатная, мг-экв/л;

Жесткость общая, мг-экв/л;

Содержание катионов и анионов в воде, мг/л:

катионы:  $Ca^{2+}$ ;  $Mg^{2+}$ ;  $Na^+$ ;

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

Общее солесодержание, мг/л.

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

*Первый поток.* Вода – теплоноситель:

Полезный расход,  $m^3$ /час;

Требуемый напор, м;

Мутность, мг/л;

Цветность, град;

Водородный показатель, ед. рН;

Перманганатная окисляемость, мг  $O_2$ /л;

Щелочность, мг-экв/л;

Жесткость общая, мг-экв/л;

Общее солесодержание, мг/л;

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

*Второй поток.* Вода на технологические нужды:

Полезный расход,  $m^3$ /час;

Требуемый напор, м;

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, м<sup>3</sup>/ч: средний; максимальный.

5. Гарантийный напор городской сети водоснабжения в точке подключения внутриплощадочной хозяйственно-питьевой сети, м.

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

7. Этажность застройки.

В пояснительной записке раздела «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 системы производственного водоснабжения промпредприятия.

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

Пояснительная записка оформляется в соответствии со стандартом университета.

Объём пояснительной записки в среднем составляет 40 страниц.

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

**Графическая часть** раздела «Система водоснабжения промышленного предприятия» составляет 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. Технологическая схема подготовки воды для производственных целей.

3. Компоночный 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 O<sub>2</sub>/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: Ca<sup>2+</sup> - 28,86 мг/л; Mg<sup>2+</sup> - 18,24 мг/л; Na<sup>+</sup> - 5,71 мг/л;  
анионы: HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> - 42,72 мг/л; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> - 48,03 мг/л; Cl<sup>-</sup> - 43,97 мг/л; SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup> - 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 м<sup>3</sup>/час;  
Требуемый напор – 26 м;  
Мутность – 1,5 мг/л;  
Цветность – 20 град;  
Водородный показатель pH – 6,5-8,5;  
Перманганатная окисляемость – 5 мг O<sub>2</sub>/л;  
Жесткость общая – 0,01 мг-экв/л.

*Второй поток.* Вода на технологические нужды:

Полезный расход – 26 м<sup>3</sup>/час;  
Требуемый напор – 25 м;  
Мутность - 1,5 мг/л;  
Цветность – 20 град;  
Водородный показатель pH – 6,5-8,5;  
Перманганатная окисляемость – 5 мг O<sub>2</sub>/л.

4. Внутриплощадочный хозяйственно-питьевой водопровод подключается к городскому водопроводу. Расход воды на хозяйственно-питьевые цели на п/п, м<sup>3</sup>/ч: средний - 6,5, максимальный - 7,9.

5. Гарантийный напор городской сети водоснабжения в точке подключения внутриплощадочной сети – 17 м

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 народно-хозяйственных задач. Нормальная работа промышленных предприятий во многом зависит от правильного снабжения водой. На промышленных предприятиях вода используется для следующих целей:

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

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

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

#### Требования к качеству воды.

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

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

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

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

### **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 водоподводящих и водоотводящих коммуникаций или категории транспортируемой по коммуникациям воды; расположение потребителей воды, сооружений по ее охлаждению, очистке и т. д. Такие схемы составляются либо в абсолютных количествах циркулирующих вод за единицу времени ( $\text{м}^3/\text{сут}$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ), либо в удельных расходах воды на единицу продукции или потребляемого сырья ( $\text{м}^3/\text{т}$ ).



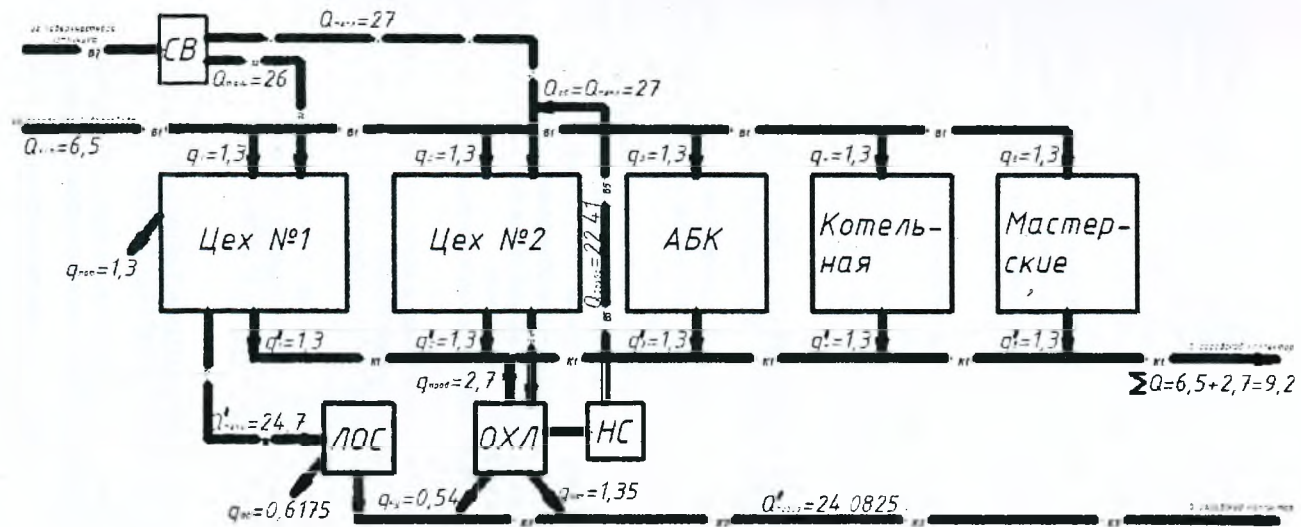


Рисунок 1. Балансовая схема водоснабжения и водоотведения.

Условные обозначения

- хозяйственно-питьевой трубопровод
- трубопровод технической воды
- трубопровод оборотной воды подающий
- возвратный трубопровод оборотной воды
- трубопровод оборотной воды на охлаждение
- трубопровод речной воды
- бытовая канализация
- производственная канализация

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

Примечание.

Все расходы указаны в м<sup>3</sup>/час.

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 охлаждающей установки, в охлаждательном устройстве возникают следующие потери: на капельный унос, на испарение, на продувку. Ориентировочно величины потерь принимают: на капельный унос – 2-3%, на испарение – 5-8%, на продувку – 10-12% от расхода оборотной воды.

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

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

#### **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 отдельными 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.* 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.

#### **5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРОМПРЕДПРИЯТИЯ**

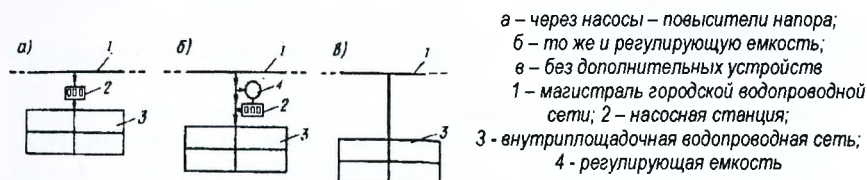
##### **5.1. Выбор и обоснование схемы подключения внутриплощадочной сети хозяйственно-питьевого водоснабжения к городскому коллектору**

Существует два принципиальных подхода к хозяйственно-питьевому водоснабжению предприятий:

- подключение к системе городского водоснабжения (при расположении предприятия в черте города);

- устройство самостоятельных источников водоснабжения (предпочтительнее при расположении предприятия вне города).

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



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

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

Если требуемый свободный напор водопроводной сети предприятия превышает свободный напор 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. Внутриплощадочная 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:

- 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 согласно СНиП II-89-80 «Генеральные планы промышленных предприятий» [2], отдельные главы которого приведены в приложении Б, а также представлены ниже.

#### Размещение инженерных сетей.

1. Для предприятий следует проектировать единую систему инженерных сетей, размещаемых в технических полосах, обеспечивающих занятие наименьших участков территории и увязку со зданиями и сооружениями.
2. Выбор способа размещения сетей (наземный, надземный или подземный) должен предусматриваться в соответствии с результатами технико-экономических расчетов.
3. Для сетей различного назначения следует, как правило, предусматривать совместное размещение в общих траншеях, тоннелях, каналах, на низких опорах, шпалах или эстакадах с соблюдением соответствующих санитарных и противопожарных норм и правил безопасности эксплуатации сетей.

#### Подземные сети

1. Подземные сети надлежит прокладывать вне проезжей части автомобильных дорог.
2. Расстояния по горизонтали (в свету) от подземных коммуникаций до зданий и сооружений следует принимать не менее указанных:
  - от водопровода и напорной канализации до: фундаментов зданий и сооружений – 5 м, фундаментов ограждения, опор, галерей, эстакад трубопроводов - 3 м, автодорог – 2 м;
  - от самотечной канализации и водостоков до: фундаментов зданий и сооружений – 3 м, фундаментов ограждения, опор, галерей, эстакад трубопроводов - 1,5 м, автодорог – 1,5 м.
3. Расстояния по горизонтали (в свету) между инженерными подземными сетями при их параллельном размещении следует принимать не менее указанных:
  - между водопроводом и водопроводом – 1,5 м, между канализацией и канализацией – 0,4 м;
  - расстояния от канализации до хозяйственно-питьевого водопровода должны приниматься: до водопровода из железобетонных и асбестоцементных труб, прокладываемых в глинистых грунтах – не менее 5 м, в крупнообломочных и песчаных грунтах – не менее 10 м; до водопровода из чугунных труб диаметром до 200 мм – не менее 1,5 м, диаметром более 200 мм – не менее 3 м; до водопровода из пластмассовых труб – не менее 1,5 м;

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

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

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

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

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

#### Размещение зданий и сооружений

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

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

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

Минимальное расстояние от градирен производительностью до 100 м<sup>3</sup>/ч: до зданий и сооружений – 15 м, до края проезжей части автодорог общего пользования – 6 м.

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

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

#### **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 (хозяйст-

венно-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

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

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

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

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

3. Назначается диктующая точка (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 по длине на каждом участке по формуле

$$h_1 = \frac{1000i}{1000} \cdot l. \quad (5.3)$$

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 «-».

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 | Sq            | Δq | q', л/с | 1000i | h, м |  |
| 1         | 2                                   | 3              | 4              | 5                | 6            | 7                   | 8             | 9  | 10      | 11    | 12   |  |
|           |                                     |                |                |                  |              |                     |               |    |         |       |      |  |

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: алгебраи-

ческая сумма потерь напора в кольце равна нулю ( $\sum h = 0$ ). Для ручной увязки это соотношение допускается принимать  $\sum h \leq \pm 0,5$ .

Невязка определяется как алгебраическая сумма потерь напора в кольце

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

Если невязка  $\Delta h$  превышает допустимую, то сеть увязывают, последовательно перераспределяя расходы воды, вводя при каждом исправлении поправочный расход  $\Delta q$ , 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 «-» $\Delta q$ , то перегружены участки, на которых вода движется против часов стрелки, если «+» $\Delta q$ , то перегружены участки, на которых вода движется по часовой стрелке). Поэтому необходимо с перегруженных участков снять расход воды в объеме  $\Delta q$  и прибавить к недогруженным участкам в объеме  $\Delta q$ .

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]. Полученные диаметры могут отличаться от принятых диаметров для случая максимального водопотребления.

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

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

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

Расчет напорного водовода от насосной станции до узла 1.

Расчет данного участка производится также на два случая:

а) максимального водопотребления с расходом  $Q_{\text{макс}}$ , л/с;

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

На данном участке принимаются неметаллические трубы (пластмассовые, железобетонные напорные и др.) [3]. По расчетным расходам определяются экономически выгодные диаметры на данном участке сети с использованием таблиц Шевелева [4]. Рассчитывают потери напора. Потери напора не должны превышать 6 м 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 |
|--|---------------------|----------------|----------------|------------------|--------------|---------------------|
| 1  | 2                   | 3              | 4              | 5                | 6            | 7                   |
| 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  $7,9 \text{ м}^3/\text{ч} = 2,19 \text{ л/с}$ . Максимальные секундные расходы (хозяйственно-питьевые) каждого потребителя принимаются пропорционально расчетным расходам (хозяйственно-питьевым) на балансовой схеме. Окончательно, цех №1  $q_1 = 0,438 \text{ л/с}$ , цех №2  $q_2 = 0,438 \text{ л/с}$ , АБК  $q_3 = 0,438 \text{ л/с}$ , котельная  $q_4 = 0,438 \text{ л/с}$ , мастерская  $q_5 = 0,438 \text{ л/с}$ . 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):

$$q_{\text{узн}}^1 = \frac{q_3 + q_4 + q_1}{2} = \frac{0,438 + 0,438 + 0,438}{2} = 0,657 \text{ л/с};$$

$$q_{\text{узн}}^2 = \frac{q_4 + q_1 + q_2}{2} = \frac{0,438 + 0,438 + 0,438}{2} = 0,657 \text{ л/с};$$

$$q_{\text{узн}}^3 = \frac{q_5 + q_2}{2} = \frac{0,438 + 0,438}{2} = 0,438 \text{ л/с};$$

$$q_{\text{узн}}^4 = \frac{q_5 + q_3}{2} = \frac{0,438 + 0,438}{2} = 0,438 \text{ л/с}.$$

Проверяем условие по формуле (5.2):

$$2,19 = 0,438 + 0,438 + 0,438 + 0,438 + 0,438 = 0,657 + 0,657 + 0,438 + 0,438$$

$$2,19 = 2,19 = 2,19 \text{ – условие выполняется.}$$



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 [3]. Диаметр труб водопровода, объединенного с противопожарным, на промышленных предприятиях должен быть не менее 100 мм.

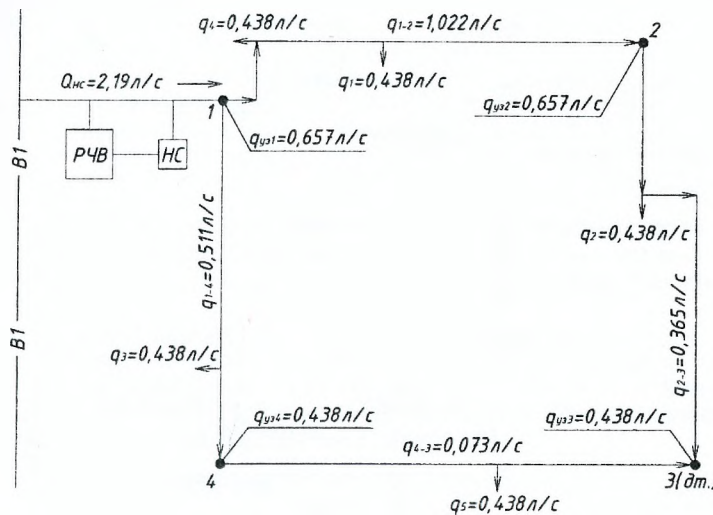


Рисунок 3 - Схема кольцевой сети хозяйственно-питьевого водопровода для расчета узловых расходов

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 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

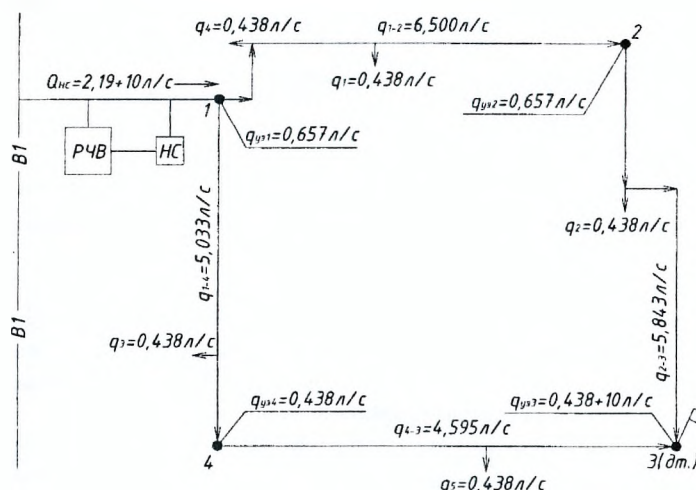
| №№ участка | Предварительное потокораспределение |             |             |               |       |           |
|------------|-------------------------------------|-------------|-------------|---------------|-------|-----------|
|            | Длина, м                            | Расход, л/с | Диаметр, мм | Скорость, м/с | 1000i | Потери, м |
| 1-2        | 101                                 | 1,022       | 110         | 0,132         | 0,318 | 0,0321    |
| 2-3        | 98                                  | 0,365       | 110         | 0,047         | 0,051 | 0,0050    |
| 1-4        | 74                                  | 0,511       | 110         | 0,066         | 0,093 | -0,0069   |
| 4-3        | 101                                 | 0,073       | 110         | 0,009         | 0,002 | 0,0003    |

$$\Sigma = 0,0293 \leq \pm 0,5$$

**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 по длине на каждом участке. Определяется алгебраическая сумма потерь напора 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, м |
| 1-2        | 101                                 | 6,500       | 110         | 0,838         | 8,480 | 0,8565    |
| 2-3        | 98                                  | 5,843       | 110         | 0,753         | 7,019 | 0,6879    |
| 1-4        | 74                                  | 5,033       | 110         | 0,649         | 5,387 | -0,3986   |
| 4-3        | 101                                 | 4,595       | 110         | 0,592         | 4,583 | -0,4629   |

$$\Sigma = 0,6828 \pm 0,5$$

Так как невязка  $\Delta h$  превышает допустимую, то сеть увязывают, последовательно перераспределяя расходы воды, вводя при каждом исправлении поправочный расход  $\Delta q$ , который определяется отдельно для каждого кольца по формуле (5.5).

$$\Delta q = \frac{\pm \Delta h}{2 \sum S q} = \frac{0,6828}{2 \cdot \left( \frac{0,8565}{6,5} + \frac{0,6879}{5,843} + \frac{0,3986}{5,033} + \frac{0,4629}{4,595} \right)} = 0,795 \text{ л/с}$$

Исправленные расходы определяют по формулам (4.6), (4.7), результаты расчета представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 - Результаты гидравлического расчета на случай максимального водопотребления с учётом пожара (I исправление)

| №№ участка                     | I исправление |                  |           |         |           |
|--------------------------------|---------------|------------------|-----------|---------|-----------|
|                                | $Sq$          | $\Delta q$ , л/с | $q$ , л/с | $1000i$ | Потери, м |
| 1-2                            | 0,1318        | -0,795           | 5,705     | 6,728   | 0,6795    |
| 2-3                            | 0,1177        | -0,795           | 5,048     | 5,415   | 0,5307    |
| 1-4                            | 0,0792        | 0,795            | 5,828     | 6,987   | -0,5170   |
| 4-3                            | 0,1007        | 0,795            | 5,390     | 6,083   | -0,6144   |
| $\Sigma = 0,0788 \leq \pm 0,5$ |               |                  |           |         |           |

Так как невязка  $\Delta h$  не превышает допустимую, то второе исправление делать не надо.

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 6 м на 1 км длины участка. Данные гидравлического расчета напорного водовода представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 - Гидравлический расчет напорного водовода

| №уч-ка   | Длина, м | Расход $q$ , л/с | Диаметр $d$ , мм | Скорость $v$ , м/с | $1000i$ | Потери $h$ , м |
|--|----------|------------------|------------------|--------------------|---------|----------------|
| Максимальное водопотребление                       |          |                  |                  |                    |         |                |
| Н.С.-1   | 11       | 2,19             | 110              | 0,282              | 1,231   | 0,0135         |
| Тушение пожара в час максимального водопотребления |          |                  |                  |                    |         |                |
| Н.С.-1   | 11       | 12,19            | 160              | 0,742              | 4,322   | 0,0475         |
| Максимальное водопотребление (перерасчет)          |          |                  |                  |                    |         |                |
| Н.С.-1   | 11       | 2,19             | 160              | 0,133              | 0,206   | 0,0023         |

### 5.3. Определение объемов запасно-регулирующих резервуаров

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

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

где  $W_{\text{рег}}$  - регулирующий запас воды, м<sup>3</sup>, наибольшая регулирующая емкость запасного резервуара составляет 12-24% максимального суточного расхода воды

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

$W_{\text{ос}}$  - запас воды на нужды очистной станции, м<sup>3</sup>, зависит от методов очистки воды и составляет 2-30% от суточного расхода воды

$$W_{oc} = \frac{Q_{сут}^{лит} \cdot (2 + 30)}{100}, \quad (5.10)$$

если подача воды осуществляется из городского водопровода, то  $W_{oc}=0$ ;

$W_{нз}$  - неприкосновенный противопожарный запас воды, м<sup>3</sup>, состоит из запаса воды на тушение пожара  $W_{пж}$  и запаса воды для хозяйственно-питьевых (производственных) нужд на время тушения пожара  $W_{х-п}$

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

где  $W_{пж}$  - объем неприкосновенного запаса воды в резервуаре, м<sup>3</sup>, определяется из расчета тушения пожара в течение 3 ч

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

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

$W_{х-п}$  - неприкосновенный хозяйственно-питьевой запас воды на время тушения пожара в течение трех смежных часов максимального водопотребления, м<sup>3</sup>

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

В одном узле должно быть не менее двух резервуаров; при этом распределение запасных и регулирующих объемов воды следует производить пропорционально их числу или объему. Устройство одного резервуара допускается, если отсутствует противопожарный запас воды.

Принимается количество резервуаров, определяется расчетная вместимость одного резервуара и подбирается объем и размеры типового резервуара по приложению В.

Для принятого резервуара необходимо определить площадь резервуара ( $S$ , м<sup>2</sup>), рабочую высоту слоя воды ( $H_p$ , м), а также объем неприкосновенного противопожарного запаса в одном резервуаре ( $W_{нз}^1$ , м<sup>3</sup>) и высоту неприкосновенного запаса в одном резер-

$$\text{вуаре } H_{нз}^1 = \frac{W_{нз}^1}{S}, \text{ м.}$$

*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

$$W_{х-п} = 7,9 + 6,5 + 6,5 = 20,9 \text{ м}^3.$$

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

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

Неприкосновенный противопожарный запас воды по формуле (5.11) составит

$$W_{нз} = 108 + 20,9 = 128,9 \text{ м}^3.$$

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

$$W_{oc} = 0.$$

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

$$W_{\text{рег}} = \frac{7,9 \cdot 24 \cdot 20}{100} = 37,92 \text{ м}^3.$$

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

$$W_{\text{общ}} = 37,92 + 128,9 = 166,82 \text{ м}^3,$$

Зная расчетную вместимость резервуара, подбираем типовой проект резервуара по приложению В.

Принимаем 2 резервуара по типовому проекту 4-18-840, объем 100 м<sup>3</sup>, с размерами  $H \times B \times L = 3,5 \times 6 \times 6$  м. При данных размерах площадь составляет  $S = 36$  м<sup>2</sup>, рабочая высота  $H_p = 2,3$  м.

Объем неприкосновенного противопожарного запаса в одном резервуаре составляет

$$W_{\text{нз}}^1 = \frac{W_{\text{нз}}}{N} = \frac{128,9}{2} = 64,45 \text{ м}^3, \text{ а высота неприкосновенного запаса в одном резер-}$$

$$\text{вуаре } H_{\text{нз}}^1 = \frac{W_{\text{нз}}^1}{S} = \frac{64,45}{36} = 1,8 \text{ м.}$$

#### 5.4. Определение параметров насосного оборудования водопроводной насосной станции и подбор насосного оборудования

При объединенном хозяйственно-питьевом и противопожарном водопроводе напор насосов при максимальном водопотреблении из сети определяется по формуле

$$H_1 = H_{\text{тр(д.т.)}} + \sum h_c + h_b + h_{\text{н.с.}} + h_{\text{вс}} + Z_{\text{з(д.т.)}} - Z_{\text{РЧВ}}, \text{ м,} \quad (5.14)$$

где  $H_{\text{тр(д.т.)}}$  – требуемый напор, м, определяется по формуле:

$$H_{\text{тр(д.т.)}} = 10 + 4(n - 1), \quad (5.15)$$

где  $n$  – этажность застройки;

$\sum h_c$  – суммарные потери напора водопроводной сети от диктующей точки до камеры переключений (узел 1), м, принимаются по результатам гидравлического расчета;

$h_b$  – потери напора в водоводах, м, принимаются по результатам гидравлического расчета;

$h_{\text{н.с.}}$  – потери напора в коммуникациях насосной станции, м, принимаются 2,5-3 м;

$h_{\text{вс}}$  – потери напора во всасывающих линиях насоса, м, принимаются 0,5-1 м;

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

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

$$Z_{\text{РЧВ}} = Z_{\text{з(РЧВ)}} + 0,5 - H_p + H_{\text{нз}}^1, \text{ м,} \quad (5.16)$$

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

$H_p$  – рабочая высота запасно-регулирующего резервуара, м;

$H_{\text{нз}}^1$  – высота неприкосновенного запаса в одном резервуаре, м.

После определения напора  $H_1$  производится его сравнение с гарантийным напором городской сети. Если  $H_{\text{гар}} \geq H_1$ , 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  $H_{\text{зар}} < H_1$ , то обеспечение промпредприятия водой питьевого качества может осуществляться только через насосную станцию. Для этого предусматриваются насосы для подачи хозяйственно-питьевого расхода, при этом насосы должны обеспечивать подачу максимального часового расхода при напоре  $H_1$ .

Подбор насосного оборудования осуществляется по требуемой подаче и рассчитанному напору с использованием приложения Г.

Напор насосов при максимальном водопотреблении и тушении расчетного количества пожаров определится по формуле

$$H_2 = H_{\text{св}} + \sum h_c + h_v + h_{\text{н.с.}} + h_{\text{вс}} + Z_{\text{з(д.т)}} - Z_{\text{вс}}, \text{ м}, \quad (5.17)$$

где  $H_{\text{св}}$  – свободный напор (на уровне поверхности земли), м, для водопровода низкого давления 10 м;

$\sum h_c$  – суммарные потери напора водопроводной сети от диктующей точки до камеры переключений (узел 1), м, принимаются по результатам гидравлического расчета для случая тушения пожара;

$h_v$  – потери напора в водоводах, м, принимаются по результатам гидравлического расчета для случая тушения пожара;

$h_{\text{н.с.}}$  – потери напора в коммуникациях насосной станции, м, принимаются 2,5-3 м;

$h_{\text{вс.}}$  – потери напора во всасывающих линиях насоса, м, принимаются 0,5-1 м;

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

$Z_{\text{вс}}$  – отметка дна в запасно-регулирующем резервуаре, м, определяется по формуле

$$Z_{\text{вс}} = Z_{\text{з(РЧВ)}} + 0,5 - H_p, \text{ м}. \quad (5.18)$$

После определения напора  $H_2$  производится его сравнение с напором  $H_1$ . Если при пожаре напор  $H_2$  больше напора  $H_1$ , 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 напоре  $H_2$ . Если  $H_2 \leq H_1$ , 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 напором  $H_1$ .

Подбор насосного оборудования осуществляется по требуемой подаче и рассчитанному напору 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 напор насосов при максимальном водопотреблении из сети определяется по формуле (5.14)

$$H_1 = H_{\text{тр(д.т.)}} + \sum h_c + h_v + h_{\text{н.с.}} + h_{\text{вс}} + Z_{\text{з(д.т.)}} - Z_{\text{РЧВ}}, \text{ м}.$$

В данной формуле

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

$$H_{\text{тр(д.т.)}} = 10 + 4(2 - 1) = 14 \text{ м}$$

$\sum h_c$  – суммарные потери напора водопроводной сети от диктующей точки до камеры переключений (узел 1), м, составляют 0,0371 м (таблица 5.3);

$h_b$  – потери напора в водоводах, м, составляют 0,0023 м (таблица 5.6);

$h_{н.с}$  – потери напора в коммуникациях насосной станции, м, принимаем  $h_{н.с}=2,5$  м;

$h_{вс}$  – потери напора во всасывающих линиях насоса, м, принимаем 0,5 м;

$Z_{3(д.т)}$  – отметка земли диктующей точки, м, по генплану  $Z_{3(д.т)} = 93,0$  м;

$Z_{р.ч.в}$  – отметка неприкосновенного уровня воды в запасно-регулирующем резервуаре, м, определяется по формуле (5.16)

$$Z_{р.ч.в} = 94 + 0,5 - 2,3 + 1,8 = 94 \text{ м,}$$

где  $Z_{3(р.ч.в)}$  – отметка земли РЧВ, м, по генплану  $Z_{3(р.ч.в)} = 94$  м;

$H_p$  – рабочая высота запасно-регулирующего резервуара, м, по п.4.3.  $H_p = 2,3$  м;

$H_{нз}^1$  – высота неприкосновенного запаса в одном резервуаре, м, по п.4.3.  $H_{нз}^1 = 1,8$  м;

Окончательно  $H_1 = 14 + 0,0371 + 0,023 + 2,5 + 0,5 + 93 - 94 = 16,039$  м.

После определения напора  $H_1$ , производится его сравнение с гарантийным напором городской сети. В данном случае  $H_{г.р.} = 17 \text{ м} > H_1 = 16,039$  м, значит, нет необходимости устанавливать насосы для подачи хозяйственно-питьевого расхода.

На случай аварий на городском водопроводе в насосной станции необходимо предусмотреть установку насосов с подачей 7,9 м<sup>3</sup>/час и напором 16,039 м. По приложению Г принимаем к установке насосы марки К8/18 с подачей 8 м<sup>3</sup>/час и напором 18 м (1 рабочий, 1 резервный).

Напор насосов при максимальном водопотреблении и тушении расчетного количества пожаров определяется по формуле (5.17)

$$H_2 = H_{св} + \sum h_c + h_b + h_{н.с} + h_{вс} + Z_{3(д.т)} - Z_{вс}, \text{ м.}$$

В данной формуле:

$H_{св}$  – свободный напор, м, составляет 10 м;

$\sum h_c$  – суммарные потери напора водопроводной сети от диктующей точки до камеры переключений (узел 1), м, составляют 1,21 м (таблица 5.5);

$h_b$  – потери напора в водоводах, м, составляют 0,0475 м (таблица 5.6);

$Z_{д.н.з. РЧВ}$  – отметка дна в запасно-регулирующем резервуаре, м, определяется по формуле (5.18)

$$Z_{вс} = 94 + 0,5 - 2,3 = 92,2 \text{ м.}$$

Окончательно  $H_2 = 10 + 1,21 + 0,0475 + 2,5 + 0,5 + 93 - 92,2 = 15,058$  м.

После определения напора  $H_2$  производим его сравнение с напором  $H_1$ . В данном случае  $H_2 = 15,058 \text{ м} < H_1 = 16,039$  м. Если  $H_2 \leq H_1$ , 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 напором  $H_1$ . Таким образом, необходимо предусмотреть установку насосов с подачей 36 м<sup>3</sup>/час и напором 16,039 м. По приложению Г принимаем к установке насосы марки К20/18 с подачей 20 м<sup>3</sup>/час и напором 18 м (2 рабочих, 1 резервный).

## 6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРОМПРЕДПРИЯТИЯ

### 6.1. Трассировка и гидравлический расчет сети производственного водоснабжения

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 внутривозвращающие сети производственного водоснабжения.

Внутривозвращающие сети производственного водоснабжения устраиваются тупиковыми. Трассирование этих сетей и размещение их на площадке промпредприятия производится аналогично хозяйственно-питьевым сетям (п. 5.2.1).

*Пример трассировки сетей производственного водоснабжения приведен на генплане промпредприятия (приложение Д).*

Гидравлический расчет сводится к определению расчетных расходов на участках сети, подбору экономически выгодных диаметров, подбору материала труб, расчета потерь напора на участках, определению объемов запасно-регулирующих резервуаров и подбору насосного оборудования для обеспечения подачи необходимого количества воды под требуемым напором.

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 по длине на каждом участке по формуле (5.3).



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 и В4 представлены на рисунке 5.
2. Согласно балансовой схеме расход воды для технических целей  $Q_{В3} = 26 \text{ м}^3/\text{сут} = 7,222 \text{ л/с}$  (подается в цех №1), расход воды-теплоносителя  $Q_{В4} = 27 \text{ м}^3/\text{сут} = 7,5 \text{ л/с}$  (подается в цех №2).

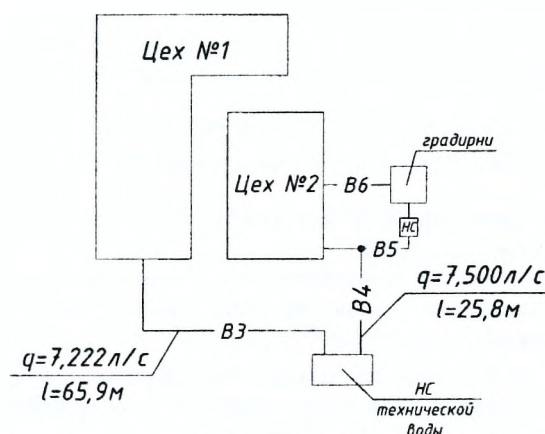


Рисунок 5 - Расчётная схема сетей В3 и В4

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 по длине на каждом участке по формуле (5.3).  
Данные гидравлического расчета сетей производственного водоснабжения представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 - Результаты гидравлического расчета сетей производственного водоснабжения

| Длина, м | Расход q, л/с | Диаметр d, мм | Скорость v, м/с | 1000i  | Потери h, м |
|----------|---------------|---------------|-----------------|--------|-------------|
| Сеть В3  |               |               |                 |        |             |
| 65,9     | 7,222         | 110           | 0,931           | 10,222 | 0,674       |
| Сеть В4  |               |               |                 |        |             |
| 25,8     | 7,500         | 110           | 0,966           | 10,930 | 0,282       |

## 6.2 Определение объёмов запасно-регулирующих резервуаров

Общая вместимость запасно-регулирующих резервуаров включает только регулирующий запас воды и запас воды на нужды очистной станции.

Объем 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, м<sup>3</sup>/сут.

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

Общая вместимость запасно-регулирующего резервуара, предназначенного для хранения воды-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, м<sup>3</sup>/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 расчетная вместимость одного резервуара и подбирается объем и размеры типового резервуара по приложению В.

*Определение объемов запасно-регулирующих резервуаров для данного примера*

Объем 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, объем 250 м<sup>3</sup>, 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, объем 500 м<sup>3</sup>, с размерами 3,6×12×12 м, глубина воды в резервуаре  $H_p = 3,4$  м.

### 6.3 Определение параметров и подбор насосного оборудования насосной станции технической воды

Напор насосов сети производственного водоснабжения определяется по формуле

$$H = H_{\text{тр}} + \sum h_c + h_{\text{н.с.}} + h_{\text{вс}} + Z_3 - Z_{\text{рчв}}, \text{ м}, \quad (6.3)$$

где  $H_{\text{тр}}$  – требуемый напор сети производственного водоснабжения, м, принимается по заданию;

$\sum h_c$  – суммарные потери напора водопроводной сети от насосной станции до потребителя, м, (таблица 5.1);

$h_{кв}$  – потери напора в коммуникациях насосной станции, м, принимаются 2,5-3 м;

$h_{вс}$  – потери напора во всасывающих линиях насоса, м, принимаются 0,5-1м;

$Z_3$  – отметка земли здания водопотребителя, м, принимается по генплану;

$Z_{РЧВ}$  – отметка дна в запасно-регулирующем резервуаре, м, определяется по формуле

$$Z_{РЧВ} = Z_{з(РЧВ)} + 0,5 - H_p, \text{ м}, \quad (6.4)$$

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

$H_p$  – рабочая высота запасно-регулирующего резервуара, м.

По формуле (6.3) рассчитывается напор насосов для подачи воды на технологические нужды и напор насосов для подачи воды-теплоносителя.

Подбор насосного оборудования осуществляется по требуемой подаче и рассчитанному напору с использованием приложения Г.

*Определение параметров и подбор насосного оборудования насосной станции технической воды для данного примера.*

Напор насосов сети В3:

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

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

По формуле (6.3) определим напор насосов сети В3

$$H_{нр}^{В3} = 25 + 0,674 + 2,5 + 0,5 + 93 - 90,1 = 31,6 \text{ м}.$$

Напор насосов сети В4:

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

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

По формуле (6.3) определим напор насосов сети В4

$$H_{нр}^{В4} = 26 + 0,282 + 2,5 + 0,5 + 93 - 90,1 = 32,2 \text{ м}.$$

Подбор насосного оборудования осуществляется по требуемой подаче и рассчитанному напору с использованием приложения Г.

Для сети В3 при напоре 31,6 м и подаче 26 м<sup>3</sup>/ч принимаем насос К80-65-160 (1рабочий и 1 резервный).

Для сети В4 при напоре 32,2 м и подаче 27 м<sup>3</sup>/ч принимаем насос К80-65-160 (1рабочий 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 ее подачей потребителю необходимо сравнить качество исходной воды с требованиями потребителей. Сравнение производится в табличной форме (см. таблицу 6.2.)

Таблица 6.2 - Анализ качества воды в источнике водоснабжения.

| Наименование показателя | Ед. изм. | Значение показателя в источнике | Качество воды, требуемое по потокам |               |  |               |
|-------------------------|----------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------|--|---------------|
|                         |          |                                 | I поток - вода – теплоноситель      |               | II поток - вода на технологические нужды |               |
|                         |          |                                 | Значение                            | Метод очистки | Значение                                 | Метод очистки |

При анализе качества 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 приложения 7 [3], а также на основании таблицы 6.3.

Выбор метода глубокого обессоливания воды следует проводить в соответствии с требованиями п. 6.193 [3] и приложения 8 [3], а также на основании таблицы 6.4.

Таблица 6.3 - Выбор метода умягчения воды

| Метод обработки воды                  | Условия применения метода   | Глубина очистки воды   |
|---------------------------------------|---|--|
| Реагентные методы                     |   |  |
| Известковый метод (декарбонизация)    | $J_{исх} < 30$ мг-экв/л.<br>$M_{исх} < 500$ мг/л.                         | $J_{ост} = (0,4...0,8) + J_{исх}$ , мг-экв/л.<br>$Щ_{ост} = 0,8-1,2$ мг-экв/л.   |
| Известково-содовый метод              | $J_{исх} < 30$ мг-экв/л.<br>$M_{исх} < 500$ мг/л.                         | $J_{ост} = 0,5-1,0$ мг-экв/л.<br>$Щ_{ост} = 0,8-1,2$ мг-экв/л.<br>Нижние пределы могут быть получены при подогреве воды до 35-40 °С. |
| Ионный обмен                          |   |  |
| Натрий-катионирование одноступенчатое | $M_{исх} < 5-8$ мг/л.<br>$Ц_{исх} < 30$ град.<br>$J_{исх} < 15$ мг-экв/л. | $J_{ост} = 0,05-0,1$ мг-экв/л.   |
| Натрий-катионирование двухступенчатое | $M_{исх} < 5-8$ мг/л.<br>$Ц_{исх} < 30$ град.<br>$J_{исх} < 14$ мг-экв/л. | $J_{ост} = 0,01$ мг-экв/л.   |

|   |  |   |
|---|--|---|
| Водород-натрий<br>катионирование параллельное   | $M_{исх} < 5-8$ мг/л.<br>$\zeta_{исх} < 30$ град<br>$(Cl^- + SO_4^{2-}) < 4$ , мг-экв/л<br>$Na^+ < 2$ , мг-экв/л | $Ж_{ост} = 0,1$ мг-экв/л.<br>$\zeta_{ост} = 0,4$ мг-экв/л.  |
| Водород-натрий<br>катионирование<br>последовательное с "господней"<br>регенерацией водород-<br>катионитных фильтров | $M_{исх} < 5-8$ мг/л.<br>$\zeta_{исх} < 30$ град   | $Ж_{ост} = 0,01$ мг-экв/л.<br>$\zeta_{ост} = 0,7$ мг-экв/л. |

Таблица 6.4 - Выбор метода обессоливания воды ионным обменом

| Метод обработки воды                                       | Условия применения метода  | Глубина очистки воды   |
|--|--|--|
| Обессоливание воды ионным обменом по одноступенчатой схеме | Общее солесодержание - 1500-200 мг/л.<br>Окисляемость < 7 мг/л.<br>$M_{исх} < 8$ мг/л.<br>$\zeta_{исх} < 30$ град.<br>$(Cl^- + SO_4^{2-}) < 5$ , мг-экв/л. | Общее солесодержание не более 20 мг/л.<br>Содержание кремниевой кислоты - не снижается.          |
| Обессоливание воды ионным обменом по двухступенчатой схеме |  | Общее солесодержание - не более 0,5 мг/л.<br>Содержание кремниевой кислоты - не более 0,1 мг/л.  |
| Обессоливание воды ионным обменом по трехступенчатой схеме |  | Общее солесодержание - не более 0,1 мг/л.<br>Содержание кремниевой кислоты - 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 (рисунком 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 - теплооснабжение    |                       | 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 |
| $\Sigma_{с.вщ}$         | мг-экв/л | 0,7                             | —                                   | —                     | —  | —                     |
| $\Sigma_{к}$            | мг-экв/л | 0,7                             | —                                   | —                     | —  | —                     |
| $\Sigma_{общ}$          | 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.

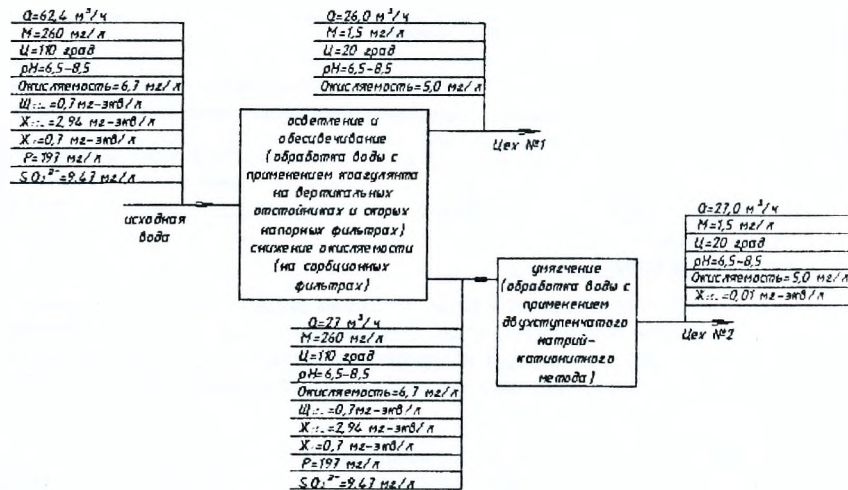


Рисунок 6 - Блок-схема очистки воды

#### 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 реагентные хозяйства требуемых реагентов, вспомогательное оборудование и коммуникации. Для разработки технологической схемы рекомендуется пользоваться схемами, приведенными в приложениях 3-Ф.

В технологической схеме для данного примера принят следующий состав сооружений.

Для осветления и обесцвечивания воды принимаем коагулянтное хозяйство, известковое хозяйство, вихревой смеситель, вертикальный отстойник, напорный фильтр. Для снижения окисляемости применяем обработку воды на сорбционных фильтрах. Для умягчения применяем обработку воды двухступенчатым натрий-катионированным методом, а также применяем солевое хозяйство. Пример технологической схемы приведен в приложении Е.

### 6.4.3. Гидравлический расчет сооружений станции водоподготовки

#### 6.4.3.1. Расчет сооружений по осветлению, обесцвечиванию воды и снижению окисляемости

Согласно разработанной технологической схеме осветление, обесцвечивание воды производится на сооружениях смеситель, куда добавляется коагулянт и при необходимости известь, камера хлопьеобразования, отстойник и скорый напорный фильтр, снижение окисляемости воды осуществляется на сорбционных фильтрах.

Расчет сооружений по осветлению, обесцвечиванию воды и снижению окисляемости производится на полную производительность очистной станции, который определяется по формуле

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

где  $Q_{\text{сут}}^{\text{тепл}}$  - суточный расход воды-теплоносителя, м<sup>3</sup>/сут;

$Q_{\text{сут}}^{\text{техн}}$  - суточный расход воды на технологические нужды, м<sup>3</sup>/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 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, м<sup>3</sup>/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

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

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

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

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

$w_1, t_1$  - интенсивность и продолжительность соответственно первоначальному взрыхлению загрузки,  $w_1=8$  л/с·м<sup>2</sup>,  $t_1=0,017$  ч;

$w_2, t_2$  – соответственно интенсивность и продолжительность промывки фильтра  $w_2=4$  л/с·м<sup>2</sup>,  $t_2=0,083$  ч;

$w_3, t_3$  – соответственно интенсивность и продолжительность отмывки фильтра,  $w_3=8$  л/с·м<sup>2</sup>,  $t_3=0,05$  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.

Таблица 6.6 – Основные размеры напорных осветительных фильтров

| Шифр      | Диаметр, м | Площадь фильтра, м <sup>2</sup> | 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                     |

Определяем количество рабочих фильтров по формуле

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

Окончательно принимается количество рабочих и резервных фильтров.

Расчет напорного сорбционного фильтра

Площадь напорного сорбционного фильтра определяется по формуле

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

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

$n$  – количество промывок в течение суток, принимается 1-2;

$v_{р.ф.}$  – расчетная скорость фильтрования, м/ч, принимается 10–15 м/ч [6];

$w, t_1$  – интенсивность (л/сек·м<sup>2</sup>) 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 <sup>2</sup> | Общая высота фильтра, мм |
|-------------|------------|---------------------------------|--------------------------|
| ФСУ-2,0-6   | 2,0        | 3,14                            | 4930                     |
| ФСУ-2,6-6   | 2,6        | 5,3                             | 5205                     |
| ФСУ-3,0-6   | 3,0        | 7,1                             | 5470                     |
| ФСУ-3,4-6   | 3,4        | 9,1                             | 5740                     |

Окончательно принимается количество рабочих и резервных фильтров.



Высота угольной загрузки должна быть не менее

$$H_{y.z.} = \frac{V_{p.f.} \cdot \tau_y}{60}, \text{ м,} \quad (6.10)$$

где  $\tau_y$  – время прохождения воды через слой угля, принимаемое 10 – 15 мин.  
Высота слоя угля должна быть 2,2 - 2,8 м.

#### 6.4.3.2. Расчет комплекса сооружений по реагентному умягчению воды

##### 6.4.3.2.1. Известковый метод

###### Расчет доз реагентов при известковом умягчении воды

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

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

$$D_{и} = 28 \cdot \left[ \frac{(CO_2)}{22} + Ж_k + \frac{D_k}{e_k} + 0,3 \right], \text{ мг / л;} \quad (6.11)$$

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

$$D_{и} = 28 \cdot \left[ \frac{(CO_2)}{22} + 2 \cdot Ж_k - \frac{(Ca^{2+})}{20} + \frac{D_k}{e_k} + 1 \right], \text{ мг / л,} \quad (6.12)$$

где  $(CO_2)$  - концентрация в воде свободной двуокиси углерода, мг/л, определяется по номограмме (рис. 2 приложение 5 [3] или по п. 6.4.3.5 данных методических указаний);

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

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

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

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

###### Расчет реагентного хозяйства извести (сухое хранение)

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

Суточный расход извести (в пересчете на CaO) равен

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

где  $Q_{полн}^{сут}$  – полная производительность очистной станции, м<sup>3</sup>/сут;

Суточный расход товарной извести составит

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

где  $B_k$  – содержание активной CaO в товарном продукте, %, принимается 70 %.

Гашение извести и приготовление известкового молока предусмотрено при помощи известегасилки. Подбор известегасилки осуществляется с использованием [8, 9, 10].

Полученное известковое молоко самотеком перетекает в железобетонные баки, где готовится известковое молоко 5%-й концентрации.

Требуемая емкость баков составит

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

где  $b$  – концентрация рабочего раствора известкового молока, %,  $b = 5\%$ ;

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

В качестве баков принимаются циркуляционные мешалки определенной емкости.

На каждую мешалку устанавливается циркуляционный насос. Этот же насос подает раствор известкового молока в дозаторы. В качестве дозатора принимаем дозаторы типа ДИМБА.

Подбор необходимого оборудования осуществляется по [8, 9, 10].

#### Расчет реагентного хозяйства известки 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.

Емкость растворного бака определяется по формуле

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

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

$\pi$  – время, на которое заготавливается раствор известки, ч, принимается  $6 \div 12$  ч;

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

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

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

Емкость расходного бака определяется по формуле

$$W = \frac{W_p \cdot b_p}{b}, \text{ м}^3, \quad (6.17)$$

где  $b$  – концентрация раствора коагулянта в расходном баке, %,  $b = 5\%$ .

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

Перемешивание раствора в растворных баках осуществляется с помощью циркуляционного насоса, а в расходных баках с помощью сжатого воздуха.

Расход воздуха определяем по формуле

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

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

$F$  – площадь расходных баков,  $\text{м}^2$ ;

$N$  – количество расходных баков.

Данное количество воздуха будет подаваться воздуходувкой цеха коагулянта.

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

$$Q_{н/д} = \frac{Q_{п.с.п.к}^{сут} \cdot D_w}{b \cdot 1000 \cdot 10}, \text{ м}^3 / \text{сут.} \quad (6.19)$$

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

#### 6.4.3.2.2. Известково-содовый метод

##### Расчет доз реагентов при известково-содовом умягчении воды

Доза извести  $D_w$ , мг/л, в расчете на CaO определяется по формуле

$$D_w = 28 \cdot \left[ \frac{(CO_2)}{22} + J_k + \frac{(Mg^{2+})}{12} + \frac{D_k}{e_k} + 0,5 \right], \text{ мг / л,} \quad (6.20)$$

где  $(CO_2)$  - концентрация в воде свободной двуокиси углерода, мг/л, определяется по номограмме рис. 2 приложение 5 [1];

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

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

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

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

Доза соды  $D_c$ , мг/л, в расчете на  $Na_2CO_3$  определяется по формуле

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

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

##### Расчет реагентного хозяйства извести

Расчеты реагентных хозяйств извести при сухом хранении и с использованием известкового теста приведены в п. 6.4.3.2.1 данных методических указаний.

##### Расчет реагентного хозяйства соды

Схема приготовления соды приведена в приложении М.

Суточный расход товарной соды определяется по формуле

$$Q_{сут}^T = \frac{Q_{полн}^{сут} \cdot D_c \cdot 100}{1000 \cdot 1000 \cdot B}, \text{ т / сут,} \quad (6.22)$$

где  $Q_{полн}^{сут}$  - полная производительность очистной станции, м<sup>3</sup>/сут;

$B$  - содержание соды в товарном продукте, %, принимается 91%.

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

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

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

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

Данное количество раствора будет являться суточным расходом соды  $Q_{\text{сут}}^{25\%}$ ,  $\text{м}^3/\text{сут}$ .

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

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

Принимаем количество растворно-хранилищных баков (минимум 2), размеры в плане и высота – конструктивно.

Из растворно-хранилищных баков раствор посредством насосов перекачивается в расходные баки, где его концентрация доводится до  $b_p = 8\%$ .

Ёмкость расходных баков составит

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

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  $\omega_1 = 10 \text{ л/сек м}^2$  и в расходные баки с интенсивностью  $\omega_2 = 5 \text{ л/сек м}^2$ .

Количество воздуха определяем по формуле

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

По найденному расходу подбираются марка и количество воздухоподогревателей с использованием [8, 9, 10].

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

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

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

#### 6.4.3.3. Последовательность расчета установок для умягчения воды методом ионного обмена

Технологические схемы установок по умягчению воды методами ионного обмена представлены в приложениях Н-Р.

##### Расчет ионообменных фильтров

###### 1. Расход воды, подаваемый на установку.

1.1. Для одно- и двухступенчатого Na-катионитного метода –  $Q_{\text{сут}}^{\text{тепл}}$ .

1.2. Для параллельного H-Na-катионитного метода:  
расход воды, подаваемый на H-катионитные фильтры

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

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 равной расходу воды теплоноситель  $Q_{\text{нас}}^{\text{тепл}}$ ;

$\text{Щ}_0$  – щелочность исходной воды, мг-экв/л;

$\text{Щ}_y$  – 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,

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

где  $\text{Ж}_k$  – жесткость карбонатная исходной воды, мг-экв/л;

$3$  – кислотность воды, мг-экв/л, принимается 0,3 – 1,0 мг-экв/л.

## 2. Рабочая емкость катионита

2.1. Na-катионитного фильтра (при одноступенчатом Na-катионитном методе, для первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе, при параллельном и последовательном H-Na-катионитном методе)

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

где  $\alpha_3$  – коэффициент эффективности регенерации Na-катионита, принимаемый по табл.1 приложения 7 [3] в зависимости от удельного расхода соли на регенерацию катионита ( $a_c$  г/г-экв). Рекомендуется  $a_c = 150 \div 200$  г/г-экв для Na – катионитных фильтров при одноступенчатом Na-катионитном методе и при параллельном и последовательном H-Na-катионитном методе;  $a_c = 120 \div 150$  г/г-экв для первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе;

$\beta_{\text{Na}}$  – коэффициент, учитывающий снижение обменной емкости катионита по  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  вследствие частичного задержания катионов  $\text{Na}^+$ , принимаемый по табл.2 приложения 7 [3] в зависимости от соотношения  $\frac{C_{\text{Na}}}{\text{Ж}_{\text{о,мск}}}$ , в котором  $C_{\text{Na}}$  – концентрация Na в

исходной воде, г-экв/м<sup>3</sup> ( $C_{\text{Na}} = (\text{Na}^+)/23$ );

$E_{\text{полн}}$  – полная обменная емкость катионита, г-экв/м<sup>3</sup>, принимается для сульфогля крупностью 0,5 – 1,1 мм – 500 г-экв/м<sup>3</sup>; для КУ-2 крупностью 0,8 – 1,2 мм – 1500-1700 г-экв/м<sup>3</sup>;

$q_{\text{уд}}$  – удельный расход воды на отмывку катионита, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>, рекомендуется для сульфогля 4 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>; для КУ-2 – 6 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

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  $\alpha_3$  – коэффициент эффективности регенерации Na-катионита, принимаемый по табл.1 приложения 7 [1] в зависимости от удельного расхода соли на регенерацию ка-

тионита ( $a_c$ , г/г-экв). Рекомендуется для Na – катионитовых фильтров второй ступени  $a_c = 300-400$  г/г-экв;

$\beta_{Na}$  – коэффициент, учитывающий снижение обменной емкости катионита по  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  вследствие частичного задержания катионов  $Na^+$ , принимаемый по табл.2 приложения 7 [3] в зависимости от соотношения  $\frac{C_{Na}}{Ж_{o.исх}}$ , в котором  $C_{Na}$  – концентрация Na в исходной воде, г-экв/м<sup>3</sup> ( $C_{Na} = (Na^+)/23$ ),  $Ж_{o.исх} = 0,1$  мг-экв/л (жесткость воды после первой ступени).

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

$$E_{раб}^H = \alpha_n \cdot E_{полн} - 0,5 \cdot q_{уд} \cdot C_K, \quad (6.34)$$

где  $\alpha_n$  – коэффициент эффективности регенерации H-катионита, принимаемый по табл.4 приложения 7 [3] в зависимости от удельного расхода кислоты на регенерацию катионита ( $a_k$ , г/г-экв). Рекомендуется  $a_k$  определять по рис. 2 приложения 7 [3] в зависимости от остаточной жесткости фильтрата (г-экв/м<sup>3</sup>) и общего солесодержания исходной воды (г-экв/м<sup>3</sup>);

$C_K$  – общее содержание в воде катионов кальция, магния, натрия и калия, г-экв/м<sup>3</sup>.

### 3. Необходимый объем катионита.

3.1. Na-катионитного фильтра (при одно- и двухступенчатом Na-катионитном методе)

$$W_K^{Na} = \frac{Q_{сут} \cdot Ж_{o.исх}}{n_p \cdot E_{раб}^{Na}}, \quad (6.35)$$

где  $Q_{сут}$  – расход умягченной воды, м<sup>3</sup>/сут, принимается равным  $Q_{сут}^{тепл}$ ;

$Ж_{o.исх}$  – общая жесткость исходной воды, г-экв/м<sup>3</sup>, для Na – катионитовых фильтров второй ступени принимается 0,1 г-экв/м<sup>3</sup>;

$n_p$  – число регенераций каждого фильтра в сутки, определяется по формуле

$$n_p = \frac{T}{t + t_1}, \quad (6.36)$$

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

$t$  – продолжительность межрегенерационного периода, ч, для Na – катионитовых фильтров первой ступени принимается 10 ÷ 22 часа; для Na – катионитовых фильтров второй ступени принимается 200 ÷ 300 часов;

$t_1$  – продолжительность регенерации, ч, принимается 1,5 ÷ 2 часа.

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

$$W_K^{Na} = \frac{24 \cdot q_{пол}^{Na} \cdot Ж_{o.исх}}{n_p \cdot E_{раб}^{Na}}, \quad (6.37)$$

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

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

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

где  $C_{\text{Na}}$  – концентрация натрия в воде, г-экв/м<sup>3</sup>;

$\eta_p$  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.

$$F = \frac{W_{*}}{H_1}, \quad (6.39)$$

По формуле (6.39) считается отдельно площадь для каждого вида фильтра.

#### 6. Диаметр фильтров и их количество.

По таблице 6.8. принимается площадь и диаметр одного фильтра (для каждого вида фильтра отдельно) и определяется требуемое количество фильтров данного вида

$$N = \frac{F}{f}. \quad (6.40)$$

Таблица 6.8 - Типовые конструкции напорных катионитовых фильтров.

|                   |     |      |      |      |     |      |
|-------------------|-----|------|------|------|-----|------|
| D, м              | 1,0 | 1,5  | 2,0  | 2,6  | 3,0 | 3,4  |
| H, м              | 1,5 | 1,5  | 1,5  | 1,5  | 1,5 | -    |
|                   | 2,0 | 2,0  | 2,5  | 2,5  | 2,5 | 2,5  |
| f, м <sup>2</sup> | 0,8 | 1,76 | 3,14 | 5,31 | 7,0 | 9,07 |

При Na-катионитном методе количество катионитовых фильтров первой и второй ступени следует принимать: рабочих – не менее двух, резервных – один.

При H-Na-катионитном методе количество рабочих H-катионитовых и Na-катионитовых фильтров должно быть не менее двух. Количество резервных H-катионитовых: один – при количестве рабочих до 6 и два – при большем количестве. Резервные Na-катионитовые фильтры устанавливать не следует, но должна быть предусмотрена возможность использования резервных H-катионитовых фильтров в качестве Na-катионитовых.

#### 7. Фактическая площадь и фактический объем катионита.

$$F_{\phi} = f \cdot N, \text{ м}^2 \quad (6.41)$$

$$W_{\phi} = N \cdot f \cdot H_3, \text{ м}^3 \quad (6.42)$$

По формулам (6.41) и (6.42) площадь и объем катионита соответственно считаются отдельно для каждого вида фильтра.

### 8. Расчетная скорость фильтрования воды через катионит.

Данная скорость фильтрования рассчитывается отдельно для каждого вида фильтра.

$$v_p = \frac{Q_{\text{час}}}{F_{\phi}}, \text{ м / ч}, \quad (6.43)$$

где  $Q_{\text{час}}$  – расход воды, подаваемый на соответствующие катионитовые фильтры, м<sup>3</sup>/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/м<sup>3</sup> – 25 м/ч; 5 - 10 г-экв/м<sup>3</sup> – 15 м/ч; 10 – 15 г-экв/м<sup>3</sup> – 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.

$$P_c = \frac{f_{\text{Na}} \cdot H_s^{\text{Na}} \cdot E_{\text{раб}}^{\text{Na}} \cdot a_c}{1000}, \text{ кг}, \quad (6.44)$$

где  $a_c$  – удельный расхода соли на регенерацию катионита г/г-экв, см. п. 2.1. и п. 2.2 данного раздела.

### 10. Расход кислоты на одну регенерацию H-катионитовых фильтров.

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

где  $a_k$  – удельный расход кислоты на регенерацию катионита г/г-экв, см. п. 2.3. данного раздела.

### 11. Расход воды на собственные нужды установки.

11.1. На приготовление раствора соли для регенерации Na-катионитовых фильтров.

$$Q_{\text{соли}} = \frac{100 \cdot n_p \cdot N_{\text{Na}} \cdot P_c}{1000 \cdot b \cdot \gamma}, \text{ м}^3 / \text{сут}, \quad (6.46)$$

где  $b$  – концентрация регенерационного раствора для Na – катионитовых фильтров первой ступени рекомендуется 5 – 8%, второй ступени - 8 – 12%;

$\gamma$  - удельный вес регенерационного раствора, т/м<sup>3</sup>, принимается 1 т/м<sup>3</sup>.

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%;

$\gamma$  - удельный вес регенерационного раствора, т/м<sup>3</sup>, принимается 1 т/м<sup>3</sup>.

11.3. На взрыхление катионита.

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

где  $w$  – интенсивность подачи воды для взрыхления, л/с-м<sup>2</sup>, рекомендуется 4÷5 л/с-м<sup>2</sup>;

$t$  – продолжительность взрыхления, мин, рекомендуется 20 – 30 мин.



11.4. На отмывку катионитовой загрузки.

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

где  $q_{\text{уд}}$  – удельный расход воды на отмывку катионита,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ , см. п. 2.1 данного раздела.

11.5. Суммарный расход

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

11.6. Процент добавочной воды к расходу, подаваемому на установку

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

где  $Q_{\text{час}} = Q_{\text{час}}^{\text{тепл}}$  – расход воды, подаваемый на установку, по умягчению воды,  $\text{м}^3/\text{час}$ .

### **Расчет регенерационных хозяйств**

#### Расчет устройств для мокрого хранения соли, приготовления

#### раствора соли и его перекачки

Технологическая схема солевого хозяйства представлена в приложении С.

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

2. Суточный расход соли определится по формуле

$$S_c = \sum_1^2 P_c \cdot n \cdot N, \text{ кг}, \quad (6.52)$$

где  $n$  – количество регенераций Na-катионитовых фильтров;

$N$  – количество Na-катионитовых фильтров.

3. Емкость растворных баков определим по формуле

$$W_{\text{р.с.}} = \sum_1^2 \frac{S_c}{\gamma \cdot 10 \cdot b_p}, \text{ м}^3, \quad (6.53)$$

где  $b_p$  – концентрация насыщенного раствора соли, %, принимается 26%;

$\gamma = 1,201$  – удельный вес 26%-го раствора соли,  $\text{т}/\text{м}^3$ .

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

4. Емкость резервуаров для мокрого хранения соли должна приниматься из расчета  $1,5 \text{ м}^3$  на 1 т. соли. При этом необходимо обеспечить  $m$ -дневной запас соли ( $m = 25 - 30$  дней). Таким образом, емкость резервуаров определится по формуле

$$W_{\text{р/х}} = S_c \cdot 1,5 \cdot m, \text{ м}^3. \quad (6.54)$$

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

5. Емкость расходных баков считается отдельно для первой и второй ступени и определяется по формуле

$$W_{\text{расх.}} = \frac{W_{\text{р.с.}} \cdot b_p}{b}, \text{ м}^3, \quad (6.55)$$

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

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

где  $v_c$  – скорость движения раствора соли через катионитовую загрузку, равная 3 – 5 м/ч;  
 $f$  – площадь катионитовой загрузки Na-катионитового фильтра, м<sup>2</sup>.

Аналогично рассчитываются насосы для перекачки 12%-го раствора соли для регенерации фильтров 2 ступени.

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

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

где  $\omega$  – интенсивность взрыхления, равная 4 – 5 л/с · м<sup>2</sup>;

$t$  – продолжительность взрыхления, равная 20-30 мин.

Принимается количество баков для взрыхления сульфогля в фильтрах первой и второй ступени (минимальное количество баков по одному), принимаются глубина и размеры в плане.

#### Расчет устройств для хранения, приготовления и перекачки раствора серной кислоты

Технологическая схема кислотного хозяйства представлена в приложении Т.

1. Суточный расход кислоты

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

где  $P_k$  – расход кислоты на одну регенерацию H-катионитовых фильтров;

$n$  – количество регенераций H-катионитовых фильтров;

$N$  – количество H-катионитовых фильтров.

2. Емкость цистерн для хранения концентрированной серной кислоты

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

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%;

$\gamma$  – удельный вес кислоты, равный 100%-й - 1,83 т/м<sup>3</sup>, 75%-й - 1,67 т/м<sup>3</sup>.

3. Так как серная кислота доставляется железнодорожным транспортом, то полученное значение  $W_{\text{ц}}$  округляется до величины, которая является кратной емкости железнодорожной цистерны. Это необходимо для обеспечения полного опорожнения железно-

дорожной тары. Грузоподъемность железнодорожной цистерны 50 т, что соответствует объему концентрированной серной кислоты  $W_k = 50/1,83 = 27,4 \text{ м}^3$ . Принимаем два бака-цистерны емкостью по 15 м<sup>3</sup>. Слив и перемещение серной кислоты из железнодорожной цистерны в стационарную происходит под вакуумом, который создает вакуум-насос или эжектор. Кислота поступает в мерник, а затем эжектором подается в Н-катионитные фильтры.

4. Полезная емкость бака-мерника для концентрированной кислоты

$$W_w = \frac{f \cdot H_2 \cdot E_{\text{полн}} \cdot 0,75 \cdot a_k \cdot 100}{1000 \cdot 1000 \cdot b_k \cdot \gamma}, \text{ м}^3. \quad (6.60)$$

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

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

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

#### 6.4.3.4 Последовательность расчета установок для обессоливания воды методом ионного обмена

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

#### Расчет ионообменных фильтров

##### Катионитовые фильтры

##### 1. Рабочая емкость катионита.

##### 1.1. Н-катионитных фильтров первой ступени

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

где  $\alpha_n$  – коэффициент эффективности регенерации Н-катионита, принимаемый по табл.4 приложения 7 [1] в зависимости от удельного расхода кислоты на регенерацию катионита ( $a_k$  г/г-экв). Рекомендуется  $a_k = 100$  г/г-экв;

$\gamma$  – коэффициент, учитывающий снижение обменной емкости катионита по  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  вследствие частичного задержания катионов  $\text{Na}^+$ , принимаемый 0,8-0,9;

$E_{\text{полн}}$  – полная обменная емкость катионита, г-экв/м<sup>3</sup>, принимается для сульфогля крупностью 0,5 – 1,1 мм – 500 г-экв/м<sup>3</sup>; для КУ-2 крупностью 0,8 – 1,2 мм – 1500-1700 г-экв/м<sup>3</sup>;

$q_{\text{уд}}$  – удельный расход воды на отмывку катионита, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>, рекомендуется для сульфогля 4 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>; для КУ-2 – 6 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;

$\Sigma[K]$  – общее содержание в воде, катионов кальция, магния, натрия и калия, г-экв/м<sup>3</sup>.

### 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,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ , рекомендуется для второй ступени 10  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ;

$C_{\text{Na}}$  – концентрация Na в исходной воде, г-экв/ $\text{м}^3$ .

### 2. Необходимый объем катионита.

#### 2.1. Н-катионитных фильтров первой ступени

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

где  $\alpha_1$  – коэффициент для учета расхода воды на собственные нужды установки,  $\alpha_1 = 1,3$ ;

$Q_{\text{сут}} = Q_{\text{сут}}^{\text{техн}}$  – полезный расход воды,  $\text{м}^3/\text{сут}$ ;

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

$$n_{\text{p}} = \frac{T}{t + t_1}, \quad (6.65)$$

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

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

$t_1$  – продолжительность регенерации, ч, принимается 3 часа.

#### 2.2. Н-катионитных фильтров второй ступени

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

где  $\alpha_2$  – коэффициент для учета расхода воды на собственные нужды установки,  $\alpha_2 = 1,05 - 1,1$ ;

$n_{\text{p}}$  рассчитывается при  $t = 100$  часов.

### 3. Высота слоя загрузки.

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

$H_3 = 1,5$  м (для второй ступени).

### 4. Суммарная площадь фильтров.

$$F = \frac{W_{\text{к}}}{H_3}, \quad (6.67)$$

По формуле (6.67) считается отдельно площадь для фильтров первой и второй ступени.

### 5. Диаметр фильтра и их количество.

По таблице 6.10 принимаются 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 | -    |
| f, м <sup>2</sup> | 0,8 | 1,76 | 3,14 | 5,31 | 7,0 | 9,07 |

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

#### 6. Фактическая площадь и фактический объем катионита.

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

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

По формулам (6.69) и (6.70) площадь и объем катионита соответственно считаются отдельно катионитовых фильтров первой и второй ступени.

#### 7. Расчетная скорость фильтрования воды через катионит.

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

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

где  $Q_{\text{час}}$  – расход воды, подаваемый на установку обессоливания воды, м<sup>3</sup>/час.

Скорость фильтрования воды через Н-катионитовые фильтры первой ступени не должна превышать 25 м/ч. Для Н-катионитовых фильтров второй ступени не должна превышать 40 – 60 м/ч.

Н-катионитные фильтры третьей ступени принимаются без расчета равнозначными фильтрам второй ступени.

### Анионитовые фильтры

#### 1. Рабочая емкость анионита.

1.1. Анионитовые фильтры первой ступени загружаются слабоосновным анионитом АН-31, АВ-17, рабочую обменную емкость которых допускается принимать 600-700 г-экв/м<sup>3</sup>.

1.2. Анионитовые фильтры второй ступени загружаются сильноосновным анионитом АВ-17, рабочую кремнеемкость которых допускается принимать при истощении анионита до «проскока» в фильтрат SiO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, мг/л: 0,1 – 420 г-экв/м<sup>3</sup>, 0,5 – 530 г-экв/м<sup>3</sup>, 1 – 560 г-экв/м<sup>3</sup>.

#### 2. Необходимый объем анионита.

2.1. Анионитовых фильтров первой ступени

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

где  $C_0$  – суммарное содержание в воде сульфатных, хлоридных и нитратных ионов в исходной воде, г-экв/м<sup>3</sup>;

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

### 2.1. Анионитовых фильтров второй ступени

$$W_{An}^{II} = \frac{\alpha_2 \cdot Q_{сут} \cdot C_{SiO_3^{2-}}}{n_p \cdot E_{раб}}, \text{ м}^3, \quad (6.73)$$

где  $C_{SiO_3^{2-}}$  – содержание  $SiO_3^{2-}$  в исходной воде, г-экв/м<sup>3</sup>;

$n_p$  – 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

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

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

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

где  $\tau_p$  – 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

$$F_{II} = \frac{W_{II}}{H_3}, \quad (6.76)$$

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 (6.77) и (6.78) 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.

$$v_p = \frac{Q_{чис.}}{F_{\Phi}}, \text{ м / ч}. \quad (6.79)$$

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 расчета равнозначными фильтрам второй ступени.

### Расход воды на собственные нужды установки

#### 1. На приготовление регенерирующих растворов.

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

где  $\sum K$  – сумма катионов в фильтрате анионитовых фильтров первой ступени, г-экв/м<sup>3</sup>, принимаемая 0,3 г-экв/м<sup>3</sup>;

$\sum A$  – сумма анионов сильных кислот, г-экв/м<sup>3</sup>;

$a_1$  – 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.

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

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,  $n_6 = 0,05$ ;

$\omega$  – интенсивность подачи воды для взрыхления, л/с·м<sup>2</sup>, рекомендуется 4÷5 л/с·м<sup>2</sup>;

#### 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 объемы катионита, м<sup>3</sup>;

$W_{\text{ФА}}^I, W_{\text{ФА}}^{II}, W_{\text{ФА}}^{III}$  – фактические объемы анионита, м<sup>3</sup>;

$q$  – удельный расход воды на отмывку катионита, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>,

$q_{\text{H}}^I = 4 - 6, q_{\text{H}}^{II} = 10, q_{\text{H}}^{III} = 10 - 20, q_{\text{A}}^I = 7 - 10, q_{\text{A}}^{II} = 7 - 10, q_{\text{A}}^{III} = 10 - 12.$

#### 4. Суммарный расход.

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

### 5. Процент добавочной воды к расходу, подаваемому на установку.

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

где  $Q_{\text{час}} = Q_{\text{час}}^{\text{тепл}}$  – расход воды, подаваемый на установку по обессоливанию воды, м<sup>3</sup>/час.

Уменьшение расхода воды на собственные нужды можно произвести путем повторного использования отмывочных вод для взрыхления загрузки.

#### Расчёт реагентного хозяйства ионитовой установки обессоливания

Технологические схемы реагентного хозяйства ионитовой установки обессоливания представлены в приложениях М, Т.

Для регенерации катионитовых фильтров используют серную кислоту.

При частичном обессоливании воды, когда не надо удалять из воды кремниевую кислоту, анионит регенерируют кальцинированной содой. Если обессоливающая установка имеет анионитовые фильтры с сильноосновным анионитом (для извлечения из воды кремниевой кислоты), регенерация осуществляется едким натром.

1. Ёмкость цистерн для хранения запаса концентрированной кислоты и едкого натра и объем растворного бака соды определяем по формуле

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

где  $\alpha_1$  – коэффициент, учитывающий расход воды на собственные нужды установки;

$\sum K$  – сумма катионов (или анионов) в обессоленной воде;

$a$  – удельный расход реагента 100%-ной концентрации, г/г-экв, для серной кислоты – 120-125, для едкого натра – 60-70, для соды – 110-120;

$t$  – число суток, на которое рассчитан запас реагентов, сут, 20-40 сут, при расчете растворного бака для соды 1-2;

$b$  – концентрация реагента, %, для серной кислоты – 62-92,5, для едкого натра – 42, для соды – 95;

$\gamma$  – удельный вес концентрированного реагента, т/м<sup>3</sup>, 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, м<sup>3</sup>/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/м<sup>3</sup> порядка 30-36 м<sup>3</sup> или объему едкого натра порядка 34-40 м<sup>3</sup> при его плотности 1,45 т/м<sup>3</sup>.

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. Емкость бака с водой для взрыхления загрузки.

Емкость бака с водой для взрыхления катионитовой и анионитовой загрузок 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·м<sup>2</sup>;

$t$  – продолжительность взрыхления, равная 20-30 мин.

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

#### 6.4.3.5 Расчет дегазатора

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

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

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

$[\text{CO}_2]_{\text{исх}}$  – содержание свободной углекислоты в исходной воде, мг/л, определяется по номограмме рис. 2 приложение 5 [3] или по формуле

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

где  $[\text{CO}_2]_{\text{табл}}$  – содержание свободной углекислоты в воде при температуре 10°C и соле-содержании 200 мг/л, мг/л, принимается по табл.6.12;

$\beta$  – поправочный коэффициент на солесодержание, принимается по табл.6.13;

$\tau$  – поправочный коэффициент на температуру, принимается по табл. 6.14.

Таблица 6.12 - Содержание свободной углекислоты (в мг/л) в исходной воде

| Общая щелочность воды Щ, мг-экв/л | Содержание свободной углекислоты CO <sub>2</sub> в воде при температуре 10°C, солесодержании 200 мг/л и при значениях pH |     |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |   |
|-----------------------------------|--|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
|                                   | 6,5  | 6,6 | 6,7 | 6,8 | 6,9 | 7  | 7,1 | 7,2 | 7,3 | 7,4 | 7,5 | 7,6 | 7,7 | 7,8 | 7,9 | 8 |
| 0,5                               | 18   | 14  | 10  | 8   | 7   | 6  | 5   | 4   | 3   | 2   | 2   | 2   | 2   | 1   | 1   | 1 |
| 0,6                               | 21   | 16  | 13  | 10  | 8   | 7  | 6   | 5   | 4   | 3   | 2   | 2   | 2   | 1   | 1   | 1 |
| 0,7                               | 24   | 18  | 15  | 12  | 10  | 8  | 7   | 5   | 4   | 3   | 3   | 3   | 2   | 1   | 1   | 1 |
| 0,8                               | 28   | 21  | 18  | 14  | 11  | 9  | 7   | 6   | 5   | 4   | 3   | 3   | 2   | 1   | 1   | 1 |
| 0,9                               | 32   | 24  | 20  | 15  | 13  | 10 | 8   | 6   | 5   | 4   | 4   | 4   | 2   | 1   | 1   | 1 |
| 1                                 | 36   | 27  | 23  | 17  | 14  | 11 | 9   | 7   | 5   | 4   | 4   | 4   | 3   | 2   | 2   | 1 |
| 1,1                               | 39   | 30  | 25  | 19  | 15  | 12 | 9   | 7   | 6   | 5   | 4   | 4   | 3   | 2   | 2   | 1 |
| 1,2                               | 43   | 33  | 27  | 21  | 17  | 13 | 10  | 8   | 6   | 5   | 4   | 4   | 3   | 2   | 2   | 1 |
| 1,3                               | 47   | 36  | 29  | 23  | 18  | 14 | 11  | 8   | 7   | 6   | 5   | 4   | 3   | 3   | 2   | 1 |

Продолжение таблицы 6.12

|     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1,4 | 50  | 39  | 31  | 24  | 19  | 15 | 12 | 9  | 8  | 6  | 5  | 4  | 3  | 3  | 2  | 2  |
| 1,5 | 54  | 41  | 33  | 26  | 21  | 17 | 13 | 10 | 8  | 7  | 5  | 5  | 3  | 3  | 3  | 2  |
| 1,6 | 58  | 44  | 36  | 28  | 22  | 18 | 14 | 11 | 9  | 7  | 5  | 5  | 4  | 3  | 3  | 2  |
| 1,7 | 61  | 47  | 38  | 30  | 23  | 20 | 15 | 11 | 10 | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 3  | 2  |
| 1,8 | 64  | 50  | 40  | 31  | 25  | 21 | 16 | 12 | 11 | 8  | 6  | 5  | 4  | 3  | 3  | 2  |
| 1,9 | 68  | 52  | 42  | 33  | 26  | 22 | 17 | 13 | 11 | 9  | 6  | 6  | 4  | 3  | 3  | 2  |
| 2   | 72  | 55  | 44  | 35  | 28  | 23 | 18 | 14 | 12 | 10 | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  |
| 2,5 | 90  | 69  | 56  | 44  | 35  | 28 | 22 | 18 | 14 | 12 | 9  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  |
| 3   | 108 | 83  | 67  | 53  | 42  | 34 | 27 | 22 | 17 | 14 | 11 | 8  | 7  | 6  | 5  | 3  |
| 3,5 | -   | 97  | 79  | 62  | 49  | 39 | 31 | 25 | 19 | 16 | 12 | 9  | 8  | 7  | 5  | 4  |
| 4   | -   | 111 | 90  | 71  | 56  | 45 | 35 | 28 | 22 | 18 | 14 | 11 | 10 | 8  | 6  | 5  |
| 4,5 | -   | -   | 100 | 79  | 63  | 50 | 40 | 32 | 25 | 21 | 16 | 12 | 11 | 9  | 7  | 5  |
| 5   | -   | -   | -   | 88  | 70  | 56 | 44 | 36 | 28 | 23 | 18 | 14 | 12 | 10 | 9  | 6  |
| 5,5 | -   | -   | -   | 97  | 77  | 62 | 48 | 39 | 31 | 25 | 19 | 15 | 13 | 11 | 9  | 6  |
| 6   | -   | -   | -   | 106 | 85  | 68 | 53 | 43 | 33 | 27 | 21 | 17 | 14 | 12 | 9  | 7  |
| 6,5 | -   | -   | -   | -   | 92  | 74 | 57 | 46 | 36 | 29 | 23 | 18 | 15 | 12 | 10 | 8  |
| 7   | -   | -   | -   | -   | 99  | 79 | 61 | 50 | 39 | 31 | 25 | 19 | 16 | 13 | 10 | 9  |
| 7,5 | -   | -   | -   | -   | 106 | 85 | 66 | 54 | 42 | 33 | 26 | 21 | 17 | 14 | 11 | 10 |
| 8   | -   | -   | -   | -   | -   | 90 | 70 | 57 | 44 | 35 | 28 | 22 | 18 | 15 | 12 | 10 |

Таблица 6.13 - Поправка β на солесодержание воды при определении CO2

|                      |      |     |      |      |      |      |      |
|----------------------|------|-----|------|------|------|------|------|
| Солесодержание, мг/л | 100  | 200 | 300  | 400  | 500  | 750  | 1000 |
| β                    | 1,05 | 1   | 0,96 | 0,94 | 0,92 | 0,87 | 0,83 |

Таблица 6.14 - Поправка τ на температуру воды при определении CO2

|                       |      |      |    |     |      |      |      |     |      |      |
|-----------------------|------|------|----|-----|------|------|------|-----|------|------|
| Температура воды в °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

$$F_{дер} = \frac{Q_{час}}{P_0}, \text{ м}^2, \quad (6.90)$$

где  $P_0$  – плотность орошения на 1 м<sup>2</sup> площади дегазатора, м<sup>3</sup>/ч, равная при насадке из колец Рашига 60 м<sup>3</sup>/ч, при деревянной хордовой насадке – 40 м<sup>3</sup>/ч.

3. Принимается дегазатор круглый в плане и определяется его диаметр.

4. Высота слоя насадки в дегазаторе назначается по табл. 6.15.

Таблица 6.15 - Высота слоя насадки в дегазаторе

| Насадка                        | Высота слоя насадки $h_{нас}$ , м, при содержании CO <sub>2</sub> в воде [CO <sub>2</sub> ] <sub>н</sub> , мг/л |     |     |     |     |     |
|--------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|
|                                | 50  | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 |
| Кольца Рашига                  | 3   | 4   | 4,7 | 5,1 | 5,5 | 5,7 |
| Хордовая из деревянных брусков | 4   | 5,2 | 6   | 6,5 | 6,8 | 7   |

5. Вентилятор дегазатора должен обеспечивать подачу удельного расхода воздуха 20 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> воды, подаваемой в дегазатор; в данном примере  $Q_{возд} = Q_{час} \cdot 20, \text{ м}^3 / \text{ч}$ .

Необходимый напор, развиваемый вентилятором, определяется с учетом потери напора в насадке из колец Рашига, которая составляет 30 мм вод. ст. на 1 м высоты слоя насадки, а также величины прочих потерь напора, составляющих 30–40 мм вод. ст. Суммарная потеря напора  $\sum h = H \cdot 30 + 40$  мм вод.ст.

Гидравлический расчёт станции водоподготовки для данного примера

1. Расчет сооружений по осветлению, обесцвечиванию воды и снижению окисляемости

Полная производительность очистной станции определяется по формуле (6.5):

$$Q_{\text{полн}}^{\text{сут}} = 648 \cdot \left(1 + \frac{30}{100}\right) + 624 \cdot \left(1 + \frac{5}{100}\right) = 1497,6 \text{ м}^3 / \text{сут}. \quad (6.91)$$

Расчёт реагентного хозяйства коагулянта

В качестве коагулянтов в водоподготовке применяются соли алюминия и железа. Принимается коагулянт FeCl<sub>3</sub>. Доза коагулянта определяется:

- по цветности (Ц):

$$D_k = 4 \cdot \sqrt{Ц}, \text{ мг/л}, \quad (6.92)$$

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

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

Расчёт сооружений коагулянтного хозяйства ведется в следующей последовательности:

1. Емкость растворного бака  $W_p$ :

$$W_p = \frac{Q_{\text{час}} \cdot n \cdot D_k}{10000 \cdot b_p \cdot \gamma}, \text{ м}^3, \quad (6.93)$$

где  $Q_{\text{час}}$  – полная производительность очистной станции, м<sup>3</sup>/час;

$n$  – время, на которое приготавливают раствор коагулянта, ч;

$D_k$  – доза коагулянта в пересчете на безводный продукт, г/м<sup>3</sup>;

$b_p$  – концентрация раствора в растворном баке, % ( $b_p=10-17\%$ );

$\gamma$  – плотность раствора коагулянта, т/м<sup>3</sup>.

$$W_p = \frac{62,4 \cdot 24 \cdot 42}{10000 \cdot 10 \cdot 1} = 0,63 \text{ м}^3$$

Количество баков должно быть не менее трех. Размеры баков принимаются конструктивно. Принимаем 3 бака, размер одного бака 1000х1000х210 мм.

2. Емкость расходных баков  $W$ :

$$W = \frac{W_p \cdot b_p}{b}, \text{ м}^3 \quad (6.94)$$

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 1000х1000х530 мм.

3. Емкость баков-хранилищ определяется в следующей последовательности:

3.1. Определяется расход товарного продукта (коагулянта) из условия его хранения в баках-хранилищах в течение определенного количества суток –  $T$  (исходя из условий поставки и производительности станции  $T$  принимается 10-30 суток):

$$P = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot D_k \cdot 100 \cdot T}{1000 \cdot 1000 \cdot c}, \text{ т} \quad (6.95)$$

где  $c$  – содержание безводной активной части в товарном продукте коагулянта (может быть принято 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 расчетного количества коагулянта:

$$W = \frac{P \cdot 100}{b_p \cdot \gamma}, \text{ м}^3, \quad (6.96)$$

где  $\gamma$  – 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 расчетное количество баков-хранилищ –  $N=4$  и определяется объём одного бака:

$$W_1 = \frac{W}{N} = \frac{52,4}{4} = 13,1 \text{ м}^3 \quad (6.97)$$

Принимаются размеры баков-хранилищ 3000х3000х1500 мм.

4. Суммарный расход воздуха, подаваемого в растворные и расходные баки:

$$Q_a = n_1 \cdot \omega_1 \cdot F_p + n_2 \cdot \omega_2 \cdot F, \text{ л / с}, \quad (6.98)$$

где  $\omega_1, \omega_2$  – интенсивности подачи воздуха в растворные и расходные баки, равные 8–10 и 3–5 л/с м<sup>2</sup> соответственно;

$F_p, F$  – площади в плане растворных и расходных баков, м<sup>2</sup>;

$n_1, n_2$  – 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 м<sup>3</sup>/мин (1 рабочая, 1 резервная).

Подача насосов для дозирования растворов реагентов определяется по формуле:

$$q_w = \frac{Q_{\text{нас}} \cdot D_k}{100 \cdot c \cdot b \cdot \gamma} = \frac{62,4 \cdot 42}{100 \cdot 30 \cdot 4 \cdot 1} = 0,22 \text{ м}^3 / \text{ч} \quad (6.99)$$

где  $q_w$  – расчетный расход воды станции, м<sup>3</sup>/ч;

$c$  – содержание безводной активной части в товарном продукте коагулянта, %, (30-40%);

$D_k$  – доза реагента, мг/л;

$b$  – концентрация раствора реагента в расходном баке, %, (4-10%);

$\gamma$  – плотность раствора реагента, т/м<sup>3</sup>.

Принимается насос-дозатор марки НД-400/10 с  $Q=400 \text{ л/ч}$  (1 рабочий, 1 резервный).

#### Расчет известкового хозяйства

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

Расчёт схемы известкового хозяйства с использованием привозного известкового теста.

1. Определяется доза извести.

Дозу подщелачивающих реагентов  $D_{щ}$ , мг/л, необходимых для улучшения процесса хлопьеобразования, определяют по формуле п. 7.1.5 [6]:

$$D_{щ} = K_{щ} \cdot \left( \frac{1}{e} \cdot D_k - \text{Щ}_0 + 1 \right), \text{ мг/л}, \quad (6.100)$$

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

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

$\text{Щ}_0$  – минимальная щелочность воды, мг-экв/л (щелочность исходной воды).

$$D_{щ} = 28 \cdot \left( \frac{1}{54} \cdot 42 - 0,7 + 1 \right) = 30 \text{ мг / л}.$$

Т.к.  $D_{щ} > 0$ , то требуется подщелачивание воды.

2. Объем бака для приготовления 30%-го известкового молока:

$$W^{30\%} = \frac{Q_{\text{час}} \cdot D_{щ} \cdot n}{10000 \cdot b_u \cdot \gamma_u}, \text{ м}^3 \quad (6.101)$$

где  $Q_{\text{час}}$  – полная производительность очистной станции, м<sup>3</sup>/час;

$D_{щ}$  – доза извести, мг/л;

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

$b_u$  – концентрация известкового молока, %, принимается равной 30%;

$\gamma_u$  – объемный вес известкового молока, принимается равным 1т/м<sup>3</sup>.

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

Количество баков не менее двух, баки принимаются прямоугольные в плане, размеры – конструктивно. Принимается два бака объемом по 0,04 м<sup>3</sup> каждый, размером 0,2×0,2×1 м.

3. Объем баков - хранилищ:

$$W_{6/x} = \frac{Q_{\text{сут}} \cdot D_{щ} \cdot n}{10000 \cdot b_u \cdot \gamma_u}, \text{ м}^3 \quad (6.102)$$

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

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

Количество баков не менее двух, баки прямоугольные в плане, размеры принимаются произвольно. Принимается два бака объемом по 2,2 м<sup>3</sup> и размером 1×1×2,2 м.

4. Объем растворных баков:

$$W^{5\%} = \frac{W_p \cdot b_p}{b}, \text{ м}^3, \quad (6.103)$$

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  $\omega=8-10$  л/с м<sup>2</sup> по формуле:

$$Q_a = \omega \cdot (n_1 \cdot F_p + n_2 \cdot F), \text{ л / с,} \quad (6.104)$$

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

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

#### Расчет вихревого смесителя

Площадь горизонтального сечения в верхней части смесителя определяется по формуле:

$$f_a = \frac{Q_{\text{час}}}{v_a}, \text{ м}^2, \quad (6.105)$$

где  $Q_{\text{час}}$  – полная производительность очистной станции, м<sup>3</sup>/час;

$v_a$  – скорость восходящего движения воды, принимается равной 90–100 м/ч.

$$f_a = \frac{62,4}{100} = 0,62 \text{ м}^2.$$

Если принять верхнюю часть смесителя квадратным в плане, то стороны его будут иметь размер:

$$b_a = \sqrt{f_a} = \sqrt{0,62} = 0,8 \text{ м.} \quad (6.106)$$

Диаметр входного отверстия смесителя принимается равным диаметру подводящей трубы и определяется исходя из секундного расхода воды, попадающего в смеситель, и входной скорости  $V_a = 1,2-1,5$  м/с. Размер в плане нижней части смесителя будет равен диаметру входного отверстия:

$$d_{\text{н}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{час}}}{\pi \cdot v_a \cdot 3600}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 62,4}{3,14 \cdot 1,3 \cdot 3600}} = 0,13 \text{ м} \approx 150 \text{ мм.} \quad (6.107)$$

Полученный по формуле диаметр округляется до стандартного значения.

#### Расчёт вертикального отстойника

Применяют вертикальный отстойник на станциях реагентной очистки воды с производительностью до 5000 м<sup>3</sup>/сут.

Площадь зоны осаждения вертикального отстойника определяется по формуле:

$$F = \frac{\beta_{\text{об}} \cdot Q_{\text{час}}}{3,6 \cdot v_p \cdot N_p}, \text{ м}^2. \quad (6.108)$$

где  $Q_{\text{час}}$  – полная производительность очистной станции, м<sup>3</sup>/час;

$v_p$  – расчетная скорость восходящего потока,  $v_p=0,08-0,6$  мм/с;

$N_p$  – количество рабочих отстойников;

$\beta$  – 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:

$$f_k = \frac{Q_{\text{вас}} \cdot t}{60 \cdot H_k \cdot N}, \text{ м}^2 \quad (6.109)$$

где  $t$  – время пребывания воды в камере (15-20 мин);  
 $N$  – число камер хлопьеобразования;  $N=N_p$ ;  
 $H_k$  – высота камеры реакции, м.

$$H_k = 0,9 \cdot H_0, \text{ м}, \quad (6.110)$$

где  $H_0$  – высота зоны осаждения вертикального отстойника, м,  $H_0=4-5$  м.

$$H_k = 0,9 \cdot 5 = 4,5 \text{ м}.$$

$$f_k = \frac{62,4 \cdot 20}{60 \cdot 4,5 \cdot 3} = 1,54 \text{ м}^2.$$

Общая площадь отстойника определяется по формуле

$$F_{\text{общ}} = F + f_k, \text{ м}^2 \quad (6.111)$$

Диаметр отстойника определяется по формуле

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{F_{\text{общ}}}{\pi}}, \text{ м}. \quad (6.112)$$

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{26,54}{3,14}} = 5,8 \text{ м}.$$

Отношение  $D/H$  для вертикального отстойника должно быть в пределах 1,0-1,5;  
 $D/H=5,8/5=1,16$  – условие выполняется.

#### Расчёт промежуточного бака

Объём промежуточного бака определяется из условия пребывания воды в нём 3-5 мин по формуле (6.6)

$$W_{\text{п.б.}} = \frac{62,4 \cdot 3}{60} = 3,12 \text{ м}^3.$$

Принимаем 1 бак следующих размеров: 1,5х1,5х1,4 м.

Для подачи воды на напорные фильтры принимаем насос марки К90/20.

#### Расчёт скорых напорных фильтров

Суммарная площадь напорных фильтров определяется по формуле (6.7)

$$F_{\text{н.ф.}} = \frac{1497,6}{24 \cdot 10 - 3,6 \cdot 2 \cdot (8 \cdot 0,017 + 4 \cdot 0,083 + 8 \cdot 0,05) - 2 \cdot 0,25 \cdot 10} = 6,55 \text{ м}^2.$$

По типовым размерам фильтра принимаем диаметр и площадь одного фильтра 2000 мм и 3,14 м<sup>2</sup> соответственно. Определяем количество рабочих фильтров по формуле (6.8)

$$N = \frac{6,55}{3,14} = 2,1 = 2 \text{ шт.}$$

Принимаем 2 рабочих и 1 резервный фильтр.

#### Расчёт сорбционных фильтров

Площадь напорного сорбционного фильтра определяется по формуле (6.9)

$$F_{сф} = \frac{1497,6}{24 \cdot 10 - 3,6 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 0,12 - 2 \cdot 0,25 \cdot 10} = 6,67 \text{ м}^2.$$

Принимаем фильтры диаметром 2000 мм, площадью 3,14 м<sup>2</sup>. Количество фильтров составит

$$N = \frac{F}{f} = \frac{6,67}{3,14} = 2,12 \approx 2 \text{ шт.}$$

Принимаем 2 рабочих фильтра и 1 резервный.

Высота угольной загрузки по формуле (6.10)

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

## 2. Умягчение воды методом двухступенчатого натрий-катионирования воды

Na-катионирование производится в две ступени, если остаточная жесткость воды должна быть снижена до 0,01 мг-экв/л (глубокое умягчение). При расчете фильтров второй ступени жесткость поступающей воды равна 0,1 мг-экв/л.

1. Расход воды, подаваемой на установку,  $Q_{\text{сут}}^{\text{тепл}} = 27 \text{ м}^3/\text{час} = 648 \text{ м}^3/\text{сут.}$

2. Рабочая емкость катионита рассчитывается в следующей последовательности:

2.1. Na-катионитного фильтра для первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе определяется по формуле (6.32), при этом:

$q_{уд}$  – удельный расход осветленной воды на промывку катионита, принимается 4 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> для сульфогля;

$\alpha_s$  – 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;

$\beta_{Na}$  – коэффициент, учитывающий снижение обменной емкости катионита по Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> вследствие частичного задержания катионов Na<sup>+</sup>. Концентрация Na<sup>+</sup> в исходной

воде равна  $C_{Na} = \frac{Na^+}{23} = \frac{5,71}{23} = 0,248$ , при этом  $\frac{C_{Na}}{Ж_0} = \frac{0,248}{2,94} = 0,084$ , принимаем  $\beta_{Na} = 0,85$ .

$E_{\text{полн}}$  – полная обменная емкость катионита, г-экв/м<sup>3</sup>, принимается для сульфогля крупностью 0,5 – 1,1 мм – 500 г-экв/м<sup>3</sup>;

$$E_{\text{расч}}^{\text{Na}} = 0,74 \cdot 0,85 \cdot 500 - 0,5 \cdot 4 \cdot 2,94 = 308,62 \text{ г-экв/м}^3.$$

2.2. Na-катионитного фильтра (для второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе) определяется по формуле (6.33), при этом:

$\alpha_s$  – 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;

$\beta_{Na}$  – коэффициент, учитывающий снижение обменной емкости катионита по Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> вследствие частичного задержания катионов Na<sup>+</sup>, при  $\frac{C_{Na}}{Ж_0} = \frac{0,248}{0,1} = 2,48$ , принимаем  $\beta_{Na} = 0,61$ .

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



3. Необходимый объём катионита.

3.1. Na-катионитного фильтра (при одно- и двухступенчатом Na-катионитном методе) определяется по формуле (6.35), при этом

$n_p$  – число регенераций каждого фильтра в сутки, определяется по формуле (6.36), тогда:

- для первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе

$$n_p^1 = \frac{24}{10 + 1,5} \approx 2,$$

- для второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе

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

Объём катионита:

- для первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе

$$W_k^{Na^1} = \frac{648 \cdot 2,94}{2 \cdot 308,62} = 3,1 \text{ м}^3,$$

- для второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе

$$W_k^{Na^2} = \frac{648 \cdot 0,1}{0,12 \cdot 274,5} = 2 \text{ м}^3.$$

4. Высота слоя загрузки.

$H_3^1 = 2,0$  м. (Na-катионитного фильтра первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе).

$H_3^2 = 1,5$  м. (для Na-катионитного фильтра второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе).

5. Суммарная площадь фильтров определяется по формуле (6.39):

- для первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе

$$F^1 = \frac{3,1}{2,0} = 1,55 \text{ м}^2,$$

- для второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе

$$F^2 = \frac{2}{1,5} = 1,3 \text{ м}^2.$$

6. Диаметр фильтров и их количество.

По таблице 6.8. принимается площадь и диаметр одного фильтра и определяется требуемое количество фильтров по формуле (6.40):

- для первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе

принимается фильтр диаметром 1 м, с площадью загрузки  $0,8 \text{ м}^2$ , тогда количество забочих фильтров составит

$$N^1 = \frac{1,55}{0,8} = 1,94 \approx 2 \text{ шт.},$$

принимаем один резервный фильтр такого же размера;

- для второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе принимается фильтр диаметром 1 м, с площадью загрузки 0,8 м<sup>2</sup>, тогда количество рабочих фильтров составит

$$N^2 = \frac{13}{0,8} = 1,63 \approx 2 \text{ шт.},$$

принимаем один резервный фильтр такого же размера.

7. Фактическая площадь и фактический объем катионита определяется по следующим формулам (6.41) и (6.42) соответственно:

- для первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе:

$$F_{\Phi}^1 = 0,8 \cdot 2 = 1,6 \text{ м}^2;$$

$$W_{\Phi}^1 = 2 \cdot 0,8 \cdot 2 = 3,2 \text{ м}^3.$$

- для второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе:

$$F_{\Phi}^2 = 0,8 \cdot 2 = 1,6 \text{ м}^2;$$

$$W_{\Phi}^2 = 2 \cdot 0,8 \cdot 1,5 = 2,4 \text{ м}^3.$$

8. Расчетная скорость фильтрования воды через катионит рассчитывается по формуле (6.43):

- для первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе

$$v_p = \frac{27}{1,6} = 16,9 \text{ м / ч} < 25 \text{ м / ч},$$

- для второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе

$$v_p = \frac{27}{1,6} = 16,9 \text{ м / ч} < 40 \text{ м / ч}.$$

9. Расход соли на одну регенерацию Na-катионитовых фильтров определяется по формуле (6.44):

- для первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе

$$P_c^1 = \frac{0,8 \cdot 2,0 \cdot 308,62 \cdot 150}{1000} = 74,1 \text{ кг}.$$

- для второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе

$$P_c^2 = \frac{0,8 \cdot 1,5 \cdot 274,5 \cdot 300}{1000} = 98,8 \text{ кг}$$

10. Расход воды на собственные нужды установки рассчитываем по следующей схеме.

10.1. На приготовление раствора соли для регенерации Na-катионитовых фильтров определяется по формуле (6.46):

- для первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе

$$Q_{\text{соли}}^1 = \frac{100 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 74,1}{1000 \cdot 5 \cdot 1} = 5,9 \text{ м}^3 / \text{сут}.$$

- для второй ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе

$$Q_{\text{соли}}^2 = \frac{100 \cdot 0,12 \cdot 2 \cdot 98,8}{1000 \cdot 8 \cdot 1} = 0,3 \text{ м}^3 / \text{сут}.$$

10.2. На взрыхление катионита определяется по формуле (6.48):

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

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

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

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

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

10.4. Суммарный расход определяем по формуле (6.50)

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

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

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

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

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

1. Расход соли на одну регенерацию Na-катионитовых фильтров первой 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)

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

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

3. Емкость растворных баков определится по формуле (6.53)

$$W_{\text{р.с.}} = \frac{296,4}{1,201 \cdot 10 \cdot 26} + \frac{23,7}{1,201 \cdot 10 \cdot 26} = 0,95 + 0,08 = 1,03 \text{ м}^3$$

Принимается количество баков 2, принимаются размеры баков в плане и глубина - 1000x1000x520(h).

4. Емкость резервуаров для мокрого хранения соли должна приниматься из расчета 1,5 м<sup>3</sup> на 1 т. соли. При этом необходимо обеспечить  $m$  – дневной запас соли ( $m=25-30$  дней). Таким образом, емкость резервуаров определится по формуле (6.54)

$$W_{\text{р/х}} = 0,3201 \cdot 1,5 \cdot 25 = 12 \text{ м}^3.$$

Принимается количество баков 2 шт., принимаются размеры баков в плане и глубина - 1800x1800x1900(h).

5. Емкость расходных баков считается отдельно для первой и второй 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

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

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 (6.56)

$$Q_{нас}^1 = \frac{5 \cdot 0,8 \cdot 8}{26} = 1,23 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Аналогично рассчитываются насосы для перекачки 12%-ного раствора соли для регенерации фильтров 2 ступени.

$$Q_{нас}^2 = \frac{5 \cdot 0,8 \cdot 12}{26} = 1,85 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

8. Емкость бака с водой для взрыхления сульфогля в Na-катионитовых фильтрах определяется с учётом возможности взрыхления катионита в одном фильтре по формуле (6.57):  
- для первой ступени при двухступенчатом Na-катионитном методе

$$W_{б.в.}^1 = \frac{4 \cdot 0,8 \cdot 60 \cdot 20}{1000} = 3,9 \text{ м}^3.$$

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

$$W_{б.в.}^2 = \frac{4 \cdot 0,8 \cdot 60 \cdot 20}{1000} = 3,9 \text{ м}^3.$$

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.

## 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 учетом показателей работы снабжаемого водой оборудования и требований технологических процессов промышленных предприятий к температуре охлаждающей воды. При сравнении учитываются также гидрологические, метеорологические, геологические и топографические условия, качество и стоимость добавочной воды, наличие строительных материалов.

В качестве охлаждающих устройств используются водохранилища-охладители, брызгальные устройства, градирни – открытые, башенные, вентиляторные, а также радиаторные охладители. Основные данные по типовым проектам капельных, башенных и вентиляторных градирен приведены в таблицах 16.1-16.3[5] соответственно.

*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 табл. 16.3[5]. 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 секции вентиляторной градирни по типовому проекту 901-6-49 с капельным оросителем, размерами 1 секции  $2830 \times 2830$  и производительностью  $24-80\text{ м}^3/\text{ч}$ .

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Условные обозначения элементов санитарно-технических систем: ГОСТ 21.205-93.
2. Генеральные планы промышленных предприятий. Нормы проектирования: СНиП II-89-80. – М.: Стройиздат, 1981. – 33 с.
3. Строительные нормы и правила. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения: СНиП 2.04.02-84. – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.
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. Сооружения водоподготовки. Строительные нормы и правила: ТКП 45-4.01-31-2009 – Мн.: Минстройархитектуры, 2009. – 57 с.
7. Кожинов, 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: 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).

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 водопровода и канализации, горячего водоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования) приведены в таблице 8.

Таблица 8

| Наименование                   | Буквенно-цифровое обозначение |
|--------------------------------|-------------------------------|
| 1 Водопровод:                  |                               |
| а) общее обозначение           | В0                            |
| б) хозяйственно-питьевой*      | В1                            |
| в) противопожарный*            | В2                            |
| г) производственный:*          | В3                            |
| — общее обозначение            |                               |
| — оборотной воды, подающей     | В4                            |
| — оборотной воды, обратный     | В5                            |
| — умягченной воды              | В6                            |
| — речной воды                  | В7                            |
| — речной осветленной воды      | В8                            |
| — подземной воды               | В9                            |
| 2 Канализация:                 |                               |
| а) общее обозначение           | К0                            |
| б) бытовая                     | К1                            |
| в) дождевая                    | К2                            |
| г) производственная:           | К3                            |
| — общее обозначение            |                               |
| — механически загрязненных вод | К4                            |
| — иловая                       | К5                            |
| — шламодержащих вод            | К6                            |
| — химически загрязненных вод   | К7                            |
| — кислых вод                   | К8                            |
| — щелочных вод                 | К9                            |
| — кислотщелочных вод           | К10                           |
| — цианосодержащих вод          | К11                           |
| — хромсодержащих вод           | К12                           |

\* В том случае, когда хозяйственно-питьевой или производственный водопровод является одновременно и противопожарным, ему присваивают обозначение хозяйственно-питьевого или производственного водопровода, а назначение разъясняют на чертежах.

14. Для трубопроводов систем водопровода и канализации, не предусмотренных таблицей 8, следует принимать обозначения с порядковой нумерацией в продолжение указанных в таблице 8.

15. Если требуется показать, что участок сети канализации является напорным, то буквенно-цифровое обозначение дополняют прописной буквой "Н", например: К4Н.

Выписка из СНиП II-89-80 «Генеральные планы промышленных предприятий»

4. РАЗМЕЩЕНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ

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

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

В предзаводских зонах предприятий и общественных центрах промышленных узлов следует предусматривать подземное размещение инженерных сетей.

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

Допускается совместное подземное размещение трубопроводов оборотного водоснабжения, тепловых сетей и газопроводов с технологическими трубопроводами, независимо от параметров теплоносителя и Параметров среды в технологических трубопроводах.

4.4. При проектировании инженерных сетей на площадках предприятий, размещаемых в особых природных и климатических условиях, следует также выполнять требования, предусмотренные главами СНиП по проектированию водоснабжения, канализации, газоснабжения и тепловых сетей.

4.5. Размещение наружных сетей с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями и газами под зданиями и сооружениями не допускается.

4.6. Выбор способа размещения силовых кабельных линий следует предусматривать в соответствии с требованиями «Правил устройства электроустановок» (ПУЭ), утвержденных Минэнерго СССР и «Инструкцией по проектированию электроснабжения промышленных предприятий».

4.7. При размещении тепловых сетей допускается пересечение производственных и вспомогательных зданий промышленных предприятий.

ПОДЗЕМНЫЕ СЕТИ

4.8. Подземные сети, как правило, надлежит прокладывать вне проезжей части автомобильных дорог.

На территории реконструируемых предприятий допускается размещение подземных сетей под автомобильными дорогами.

Примечания: 1. Вентиляционные шахты, входы и другие устройства каналов и тоннелей должны размещаться вне проезжей части и в местах, свободных от застройки.

2. При бесканальной прокладке допускается размещение сетей в пределах обочин.

4.9. В Северной строительной-климатической зоне инженерные сети, как правило, следует прокладывать совместно в тоннелях и каналах, предотвращая изменение температурного режима грунтов основной ближайших зданий и сооружений.

Примечание: Водопроводные, канализационные и дренажные сети следует размещать в зоне температурного влияния тепловых сетей.

4.10. В каналах и тоннелях допускается размещение газопроводов горючих газов (природных,путных нефтяных, искусственных смешанных и сжиженных углеводородных) с давлением газа до 0,6 МПа (6 кгс/см<sup>2</sup>) совместно с другими трубопроводами и кабелями связи при условии устройства вентиляции и освещения в каналах и тоннелях в соответствии с санитарными нормами.

Не допускается совместное размещение в канале и тоннеле: газопроводов горючих газов с кабелями силовыми и освещения за исключением кабелей для освещения самого канала или тоннеля; трубопроводов тепловых сетей с газопроводами сжиженного газа, кислородопроводами, азотопроводами, трубопроводами холода, трубопроводами с легковоспламеняющимися, летучими химическими едкими и ядовитыми веществами и со стоками бытовой канализации; трубопроводов легковоспламеняющихся и горючих жидкостей с силовыми кабелями и кабелями связи, с сетями противопожарного водопровода и самотечной канализации; кислородопроводов с газопроводами горючих газов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей с трубопроводами ядовитых жидкостей и с силовыми кабелями.

Примечания: 1. Допускается совместное размещение в общих каналах и тоннелях трубопроводов легковоспламеняющихся и горючих жидкостей с напорными сетями водопровода (кроме противопожарного) и напорной канализации.

2. Каналы и тоннели, предназначенные для размещения трубопроводов с пожаро-, взрывоопасными и токсичными материалами (жидкостями), должны иметь выходы не реже, чем через 60 м и в его концах.

4.11. Расстояния по горизонтали (в свету) от подземных инженерных сетей до зданий и сооружений следует принимать не менее указанных в табл. 9.

Расстояния по горизонтали (в свету) между инженерными подземными сетями при их параллельном размещении следует принимать не менее указанных в табл. 10.

4.12. При прокладке кабельной линии параллельно высоковольтной линии (ВЛ) напряжением 110 кВ и выше расстояние по горизонтали (в свету) от кабеля до крайнего провода должно быть не менее 10 м.

В условиях реконструкции предприятий расстояние от кабельных линий до подземных частей и заземлителей отдельных опор ВЛ напряжением выше 1000 В допускается принимать не менее 2 м, при этом расстояние по горизонтали (в свету) до крайнего провода ВЛ не нормируется.

4.13 При пересечении инженерных сетей расстояние по вертикали (в свету) должны быть не менее:

а) между трубопроводами или электрокабелями и железнодорожными и трамвайными путями, считая от подошвы рельса, или автомобильными дорогами, считая от верха покрытия проезжей части до верха трубы (или ее футляра) или электрокабеля при открытом способе производства работ - 1 м; при закрытом способе производства работ (продавливание, горизонтальное бурение или щитовая проходка) - 1,5 м.

б) между трубопроводами и электрическими кабелями, размещаемыми в каналах или тоннелях, и железными дорогами расстояние по вертикали, считая от верха перекрытия каналов или тоннелей до подошвы рельсов железных дорог, - 1 м, до дна ювета или других водоотводящих сооружений или основания насыпи железнодорожного земляного полотна - 0,5 м;

в) между трубопроводами и силовыми кабелями до 35 кВ и кабелями связи - 0,5 м;

г) между силовыми кабелями 110 - 220 кВ и трубопроводами - 1 м;

д) в условиях реконструкции предприятий при условии соблюдения требований ПУЭ расстояние между кабелями всех напряжений и трубопроводами допускается уменьшать до 0,25 м;

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

ж) трубопроводы, транспортирующие воду питьевого качества, следует размещать выше канализационных или трубопроводов, транспортирующих ядовитые и дурно пахнущие жидкости, на 0,4 м;

допускается размещать стальные, заключенные в футляры трубопроводы, транспортирующие воду питьевого качества ниже канализационных, при этом расстояние от стенок канализационных труб до обреза футляра должно быть не менее 5 м в каждую сторону в глинистых грунтах и 10 м - в крупнообломочных и песчаных грунтах, а канализационные трубопроводы следует предусматривать из чугунных труб;

и) вводы хозяйственно-питьевого водопровода при диаметре труб до 150 мм допускается предусматривать ниже канализационных без устройства футляра, если расстояние между стенками пересекающихся труб - 0,5 м;

к) при бесканальной прокладке трубопроводов водяных тепловых сетей открытой системы теплоснабжения или сетей горячего водоснабжения расстояния от этих трубопроводов до расположенных

ниже и выше канализационных трубопроводов должны приниматься - 0,4 м.

4.14. При размещении инженерных сетей по вертикали на площадках промышленных предприятий и территориях промышленных узлов следует соблюдать нормы глав СНиП по проектированию водоснабжения, канализации, газоснабжения, тепловых сетей, сооружений промышленных предприятий, ПУЭ.

4.15. Газопроводы при пересечении с каналами или тоннелями различного назначения следует размещать над или под этими сооружениями в футлярах, выходящих на 2 м в обе стороны от наружных стенок каналов или тоннелей. Допускается прокладка в футляре подземных газопроводов давлением до 0,6 МПа (6 кгс/см<sup>2</sup>) сквозь тоннели различного назначения.

4.16. Пересечения трубопроводов с железнодорожными и трамвайными путями, а также с автодорогами должны предусматриваться, как правило, под углом 90°. В отдельных случаях при соответствующем обосновании допускается уменьшение угла пересечения до 45°.

Расстояние от газопроводов и тепловых сетей до начала остряков, хвоста крестовин и мест присоединения к рельсам отсасывающих кабелей должно приниматься не менее 3 м для трамвайных путей и 10 м для железных дорог.

4.17. Пересечение кабельных линий, прокладываемых непосредственно в земле, с путями электрифицированного рельсового транспорта должно предусматриваться под углом 75-90° к оси пути. Место пересечения должно отстоять от начала остряков, хвоста крестовин и мест присоединения к рельсам отсасывающих кабелей на расстоянии не менее 10 м для железных дорог и не менее 3 м для трамвайных путей.

В случае перехода кабельной линии в воздушную кабель должен выходить на поверхность на расстоянии не менее 3,5 м от подошвы насыпи или от кромки полотна железной дороги или автомобильной дороги.



ПРИЛОЖЕНИЕ В

Типовые проекты резервуаров

| Типовой проект | Вместимость, м³ | 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

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Технические характеристики консольных насосов типа К

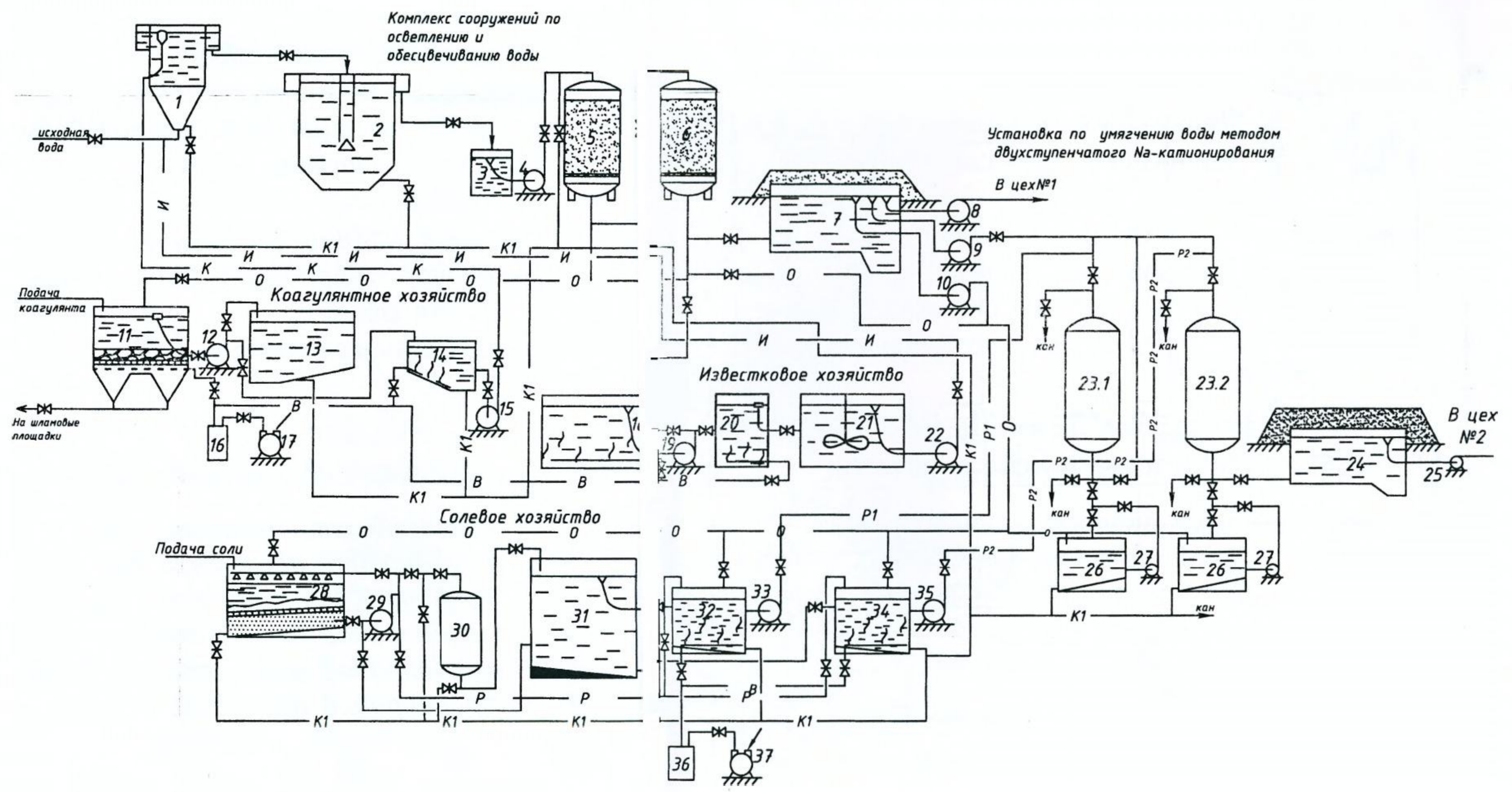
| Марка           | Параметры                 |          | Электродвигатель |                 | Габаритные размеры, мм |     |     | Вес, кг |         |
|-----------------|---------------------------|----------|------------------|-----------------|------------------------|-----|-----|---------|---------|
|                 | Подача, м <sup>3</sup> /ч | Напор, м | Мощность, кВт    | Частота, об/мин | L                      | B   | H   | насос   | агрегат |
| K8/18 (1,5 К6)  | 6,0-8-12                  | 19-18-14 | 1,5              | 3000            | 788                    | 257 | 320 | 47      | 64,5    |
| K 50-32-125     | 8,6-12,5-17               | 22-20-17 | 2,2              | 3000            | 790                    | 348 | 312 | 32      | 80      |
| K 20/18         | 10,5-20-22,5              | 22-18-17 | 2,2              | 3000            | 818                    | 208 | 340 | 34,5    | 68      |
| K 65-50-125     | 14,4-25-32,4              | 22-20-18 | 3,0              | 3000            | 770                    | 368 | 325 | 37      | 100     |
| K 20/30 (2 К6)  | 13-20-28                  | 33-30-24 | 4,0              | 3000            | 832                    | 300 | 345 | 56      | 92      |
| K 65-50-160     | 15-25-34                  | 34-32-28 | 5,5              | 3000            | 865                    | 397 | 338 | 46      | 115     |
| K 45/30 (2К9)   | 28-45-58                  | 35-30-25 | 7,5              | 3000            | 1030                   | 332 | 415 | 77      | 133     |
| K 80-65-160     | 32-50-68                  | 34-32-26 | 7,5              | 3000            | 920                    | 350 | 370 | 50      | 136     |
| K 80-65-160A    | 31-45-56                  | 29-26-21 | 5,5              | 3000            | 920                    | 350 | 370 | 50      | 125     |
| K45/55 (3К6)    | 45                        | 55       | 15               | 3000            | 1215                   | 390 | 422 | 96      | 226     |
| K 80-50-200     | 36-50-68                  | 54-50-44 | 15               | 3000            | 1127                   | 458 | 455 | 52      | 230     |
| K 80-50-200A    | 29,5-45-57                | 44-40-36 | 11               | 3000            | 990                    | 458 | 425 | 52      | 172     |
| K 90/20         | 56-90-110                 | 26-20-16 | 7,5              | 3000            | 1030                   | 332 | 415 | 63      | 104     |
| K90/35(4К12)    | 90                        | 35       | 15               | 3000            | 1215                   | 390 | 410 | 101     | 231     |
| K 100-80-160    | 65-100-132                | 36-32-28 | 15               | 3000            | 1235                   | 458 | 455 | 78      | 250     |
| K 100-80-160A   | 60-90-120                 | 30-25-20 | 11               | 3000            | 1105                   | 458 | 425 | 78      | 192     |
| K 90/55 (4К8)   | 90                        | S5       | 30               | 3000            | 1430                   | 515 | 585 | 112     | 400     |
| K 100-65-200    | 60-100-140                | 56-50-42 | 30               | 3000            | 1290                   | 498 | 510 | 82      | 370     |
| K100-65-200A    | 60-90-120                 | 45-40-30 | 18,5             | 3000            | 1265                   | 490 | 475 | 82      | 295     |
| K 90/85 (4К6)   | 63-90-117                 | 95-85-67 | 45               | 3000            | 1600                   | 663 | 730 | 120     | 340     |
| K 100-65-250    | 74-100-145                | 82-80-67 | 45               | 3000            | 1390                   | 568 | 605 | 117     | 485     |
| K 100-65-250 A  | 60-90-120                 | 70-65-55 | 37               | 3000            | 1390                   | 568 | 605 | 117     | 460     |
| K 160/20 (6К12) | 126-160-188               | 23-20-17 | 15               | 1500            | 1425                   | 505 | 520 | 135     | 220     |
| K150-125-250    | 120-200-245               | 21-20-18 | 18,5             | 1500            | 1325                   | 475 | 455 | 140     | 375     |
| K 160/30 (6К8)  | 120-160-210               | 34-30-24 | 30               | 1500            | 1515                   | 515 | 555 | 150     | 420     |
| K 150-125-315   | 130-200-250               | 35-32-27 | 30               | 1500            | 1375                   | 540 | 510 | 145     | 422     |
| K 290/18(8К18)  | 215-290-330               | 20-18-16 | 22               | 1500            | 1515                   | 515 | 555 | 295     | 420     |
| K 200-150-250   | 220-315-280               | 22-20-18 | 30               | 1500            | 1400                   | 525 | 640 | 135     | 425     |
| K 290/30 (8К12) | 200-290-360               | 34-30-26 | 37               | 1500            | 1645                   | 575 | 630 | 353     | 550     |
| K 290/30A       | 195-250-300               | 27-24-20 | 30               | 1500            | 1555                   | 515 | 585 | 353     | 460     |
| K 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.



# Технологическая схема станции водоподготовки



Условные обозначения приведены в приложении Ж

## Приложение Ж

### 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 - воздухоподувка

#### *Известковое хозяйство*

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

### 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

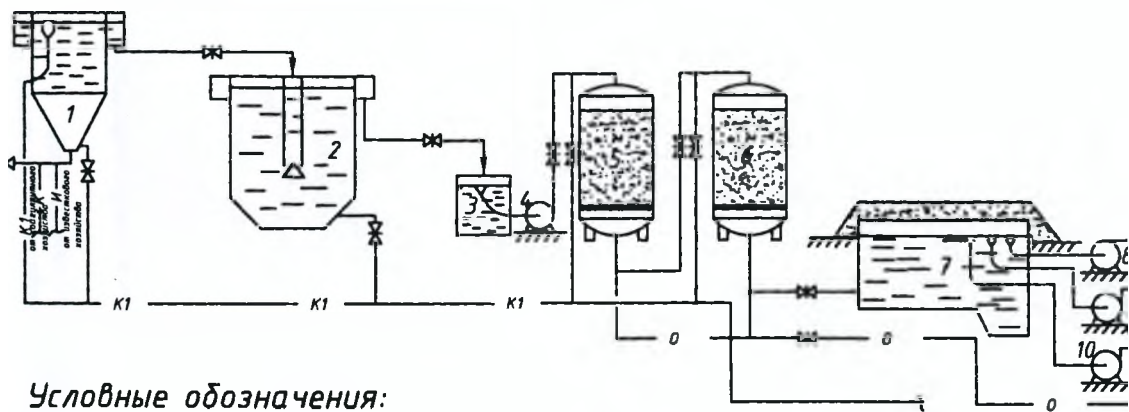
#### Условные обозначения трубопроводов:

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

## лекс сооружений по осветлению, обесцвечиванию и снижению окисляемости



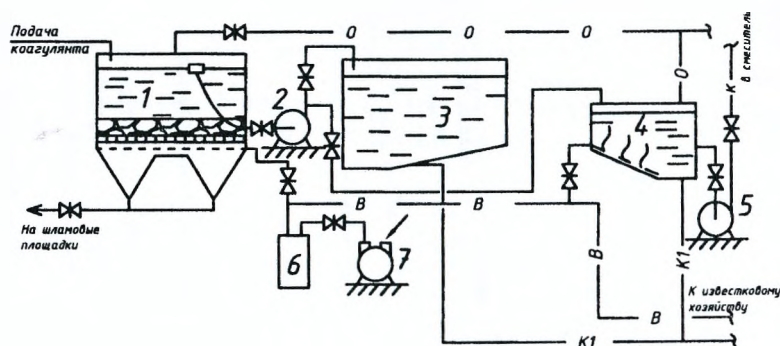
Условные обозначения:

- хревой смеситель
- ртикальный отстойник
- омежutoчный бак
- сос для подачи воды на фильтр
- порный фильтр
- рбционный фильтр
- зервуар осветлённой воды
- сос подачи осветлённой воды потребителю
- сос подачи осветлённой воды на умягчение
- сос подачи осветлённой воды на собственные нужды

Условные обозначения трубопр

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

## 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

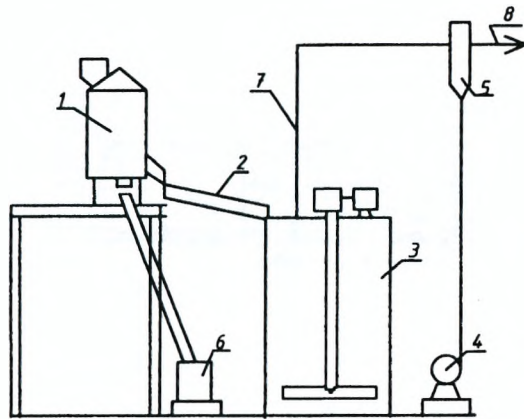
### Условные обозначения трубопроводов:

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



Приложение К

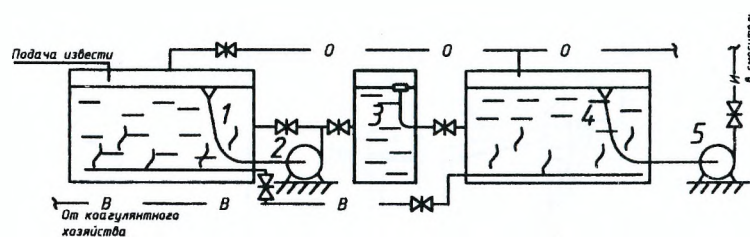
**Известковое хозяйство**  
(сухое хранение извести)



**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:

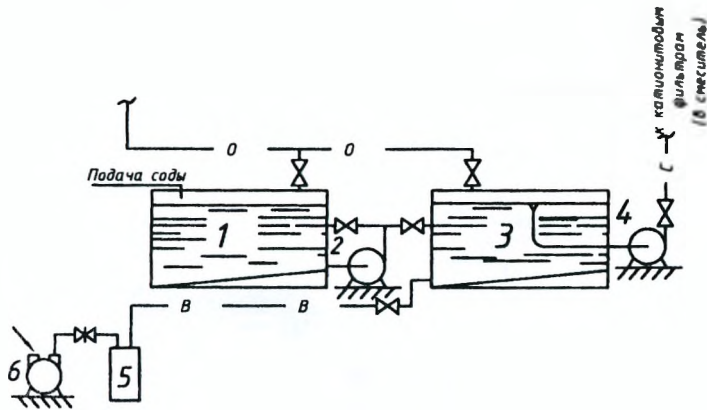
- 1 - растворный бак известкового молока
- 2 - насос для перекачивания раствора извести
- 3 - бак-хранилище раствора извести
- 4 - расходный бак известкового молока
- 5 - насос-дозатор раствора извести

### Условные обозначения трубопроводов:

- 0 — трубопровод подачи осветлённой воды
- и — трубопровод подачи раствора извести
- в — воздухопровод

Приложение М

Содовое хозяйство



Условные обозначения:

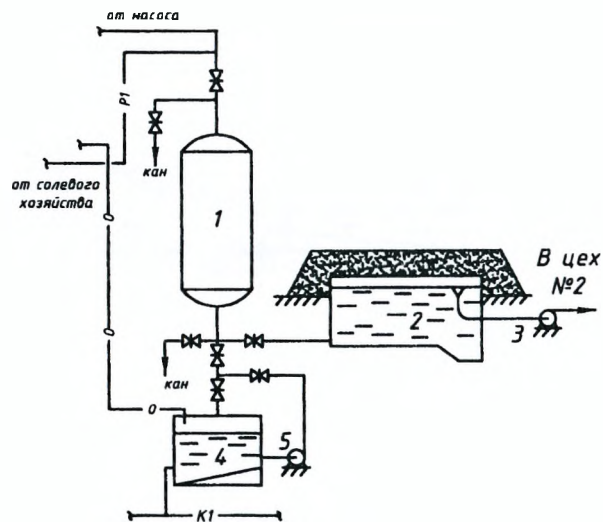
- 1 - растворный (растворно-хранилищный) бак соды
- 2 - перекачивающий насос
- 3 - расходный бак соды
- 4 - насос-дозатор раствора соды
- 5 - бак-ресивер
- 6 - воздуходувка

Условные обозначения трубопроводов:

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

Приложение Н

Установка по умягчению воды методом  
одноступенчатого Na-катионирования



Условные обозначения:

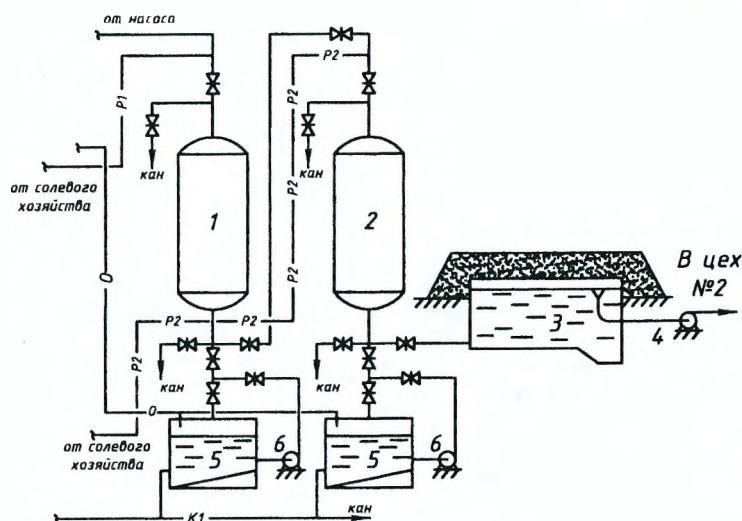
- 1 - Na-катионитовый фильтр 1 ступени
- 2 - резервуар сбора глубоко умягченной воды
- 3 - насос подачи умягченной воды потребителю
- 4 - резервуары сбора промывных вод с Na-катионитовых фильтров
- 5 - насос подачи промывных вод на взрыхление

Условные обозначения трубопроводов:

- о — трубопровод подачи осветлённой воды
- р1 — трубопровод подачи раствора соли на Na-катионитовые фильтры 1 ступени
- к1 — канализационный трубопровод

Приложение 0

Установка по умягчению воды методом двухступенчатого Na-катионирования



Условные обозначения:

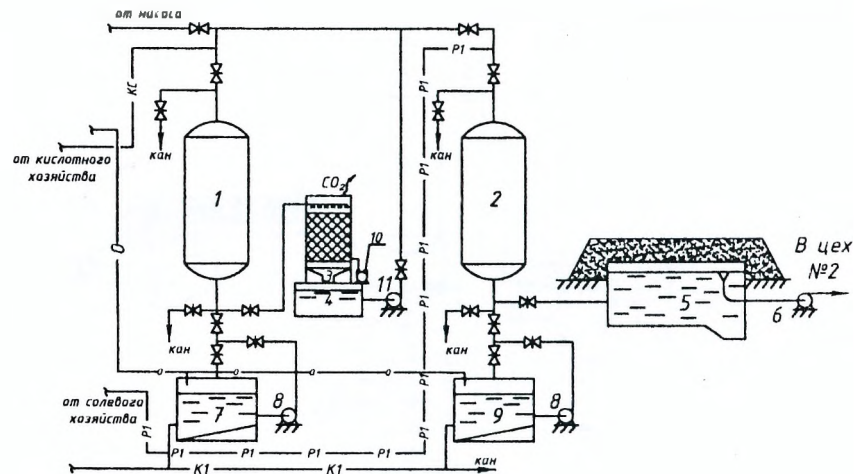
- 1 - Na-катионитовый фильтр 1 ступени
- 2 - Na-катионитовый фильтр 2 ступени
- 3 - резервуар сбора глубоко умягченной воды
- 4 - насос подачи умягченной воды потребителю
- 5 - резервуары сбора промывных вод с Na-катионитовых фильтров
- 6 - насос подачи промывных вод на взрыхление

Условные обозначения трубопроводов:

- 0 — трубопровод подачи осветлённой воды
- P1 — трубопровод подачи раствора извести
- P1 — 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 П

Установка по умягчению воды методом последовательного H-Na-катионирования



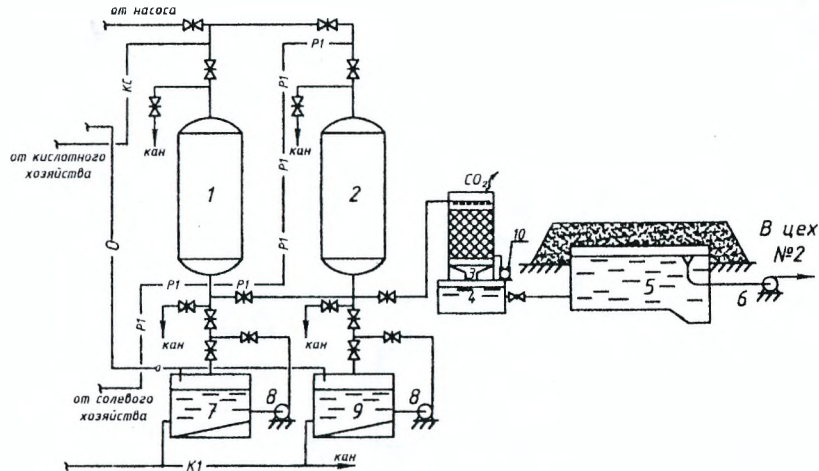
Условные обозначения:

- 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
- 11 - насос подачи воды на Na-катионитовые фильтры

Условные обозначения трубопроводов:

- o— трубопровод подачи осветлённой воды
- кис— трубопровод подачи раствора извести
- р1— трубопровод подачи раствора кислоты на H-катионитовые фильтры
- р1— трубопровод подачи раствора соли на Na-катионитовые фильтры
- кан— канализационный трубопровод

## Установка по умягчению воды методом параллельного Н-Na-катионирования



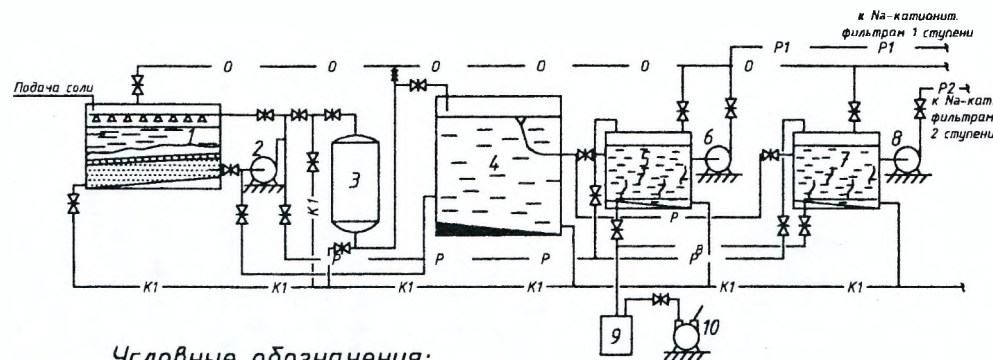
Условные обозначения:

- 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:

- о — трубопровод подачи осветлённой воды
- р1 — трубопровод подачи раствора извести
- кс — трубопровод подачи раствора кислоты на H-катионитовые фильтры
- р1 — 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

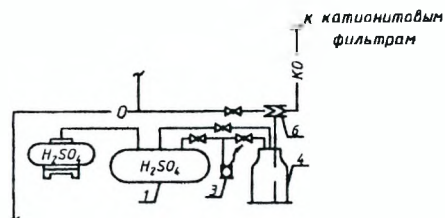
Условные обозначения трубопроводов:

- 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
- B — воздухопровод
- K1 — канализационный трубопровод

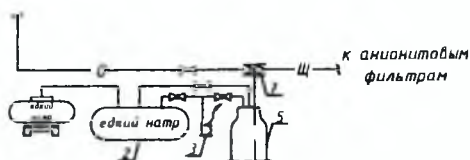


## Приложение Т

### Кислотное хозяйство



### Щелочное хозяйство



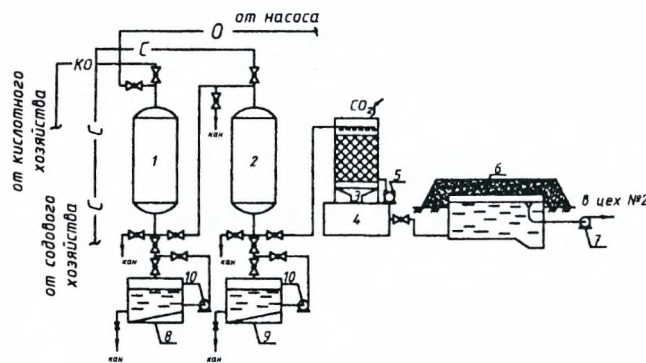
#### Условные обозначения:

- 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:

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

### Установка по обессоливанию воды методом одноступенчатого ионного обмена



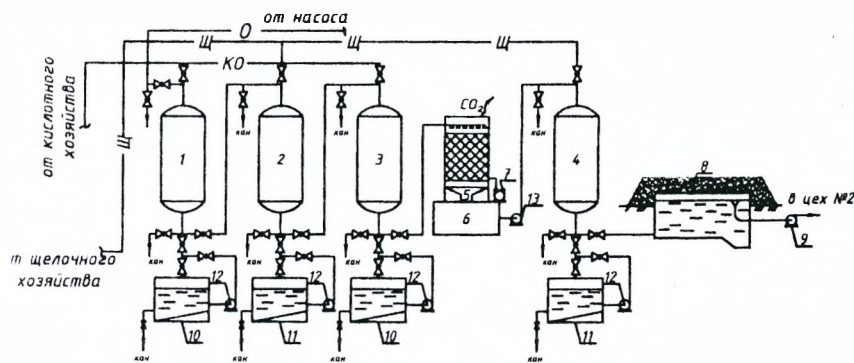
*Условные обозначения:*

- 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
- ко — трубопровод подачи раствора серной кислоты
- с — трубопровод подачи раствора соды

## Установка по обессоливанию воды методом двухступенчатого ионного обмена



### Условные обозначения:

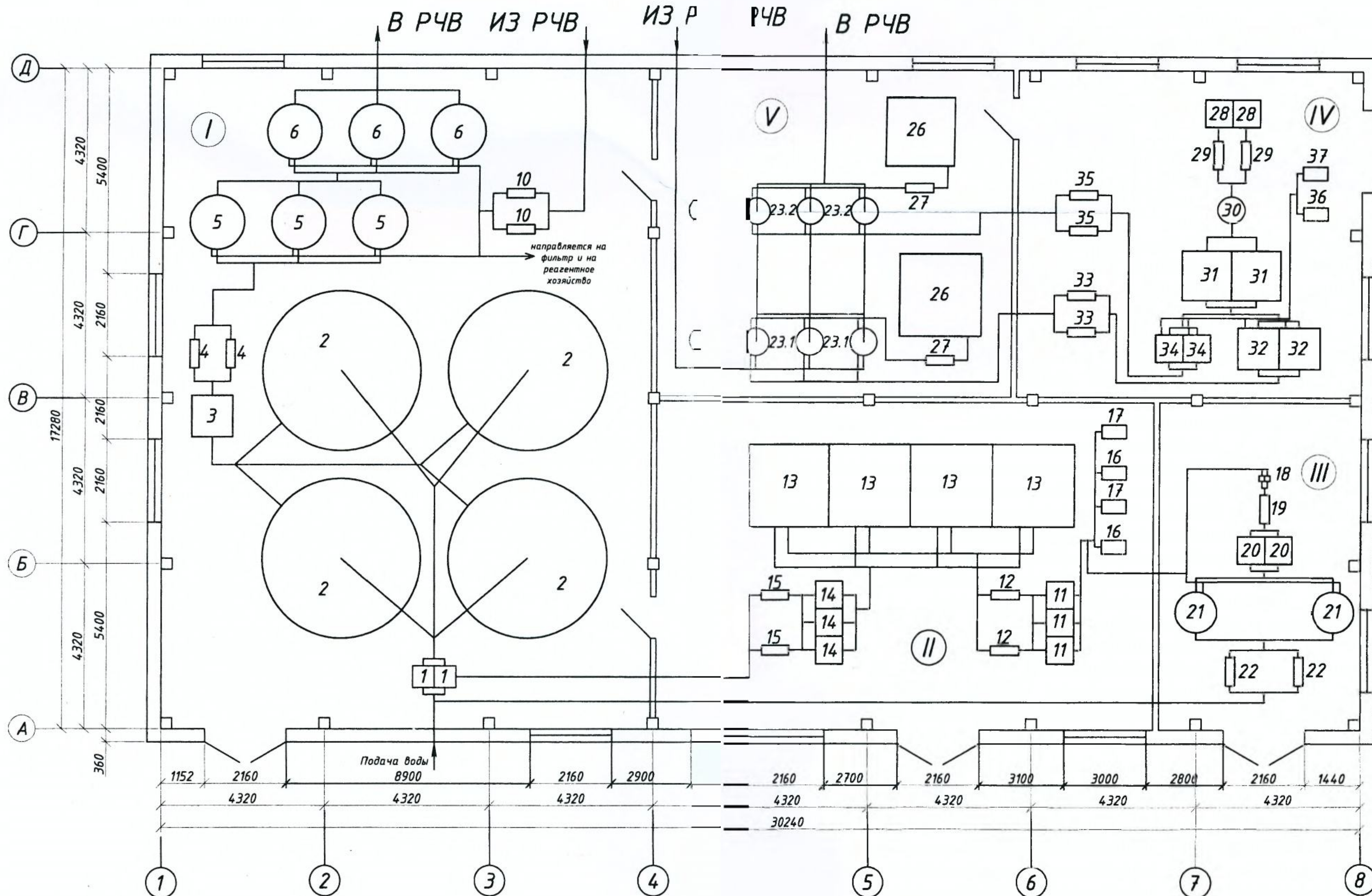
- 1, 3 - катионитовые фильтры первой и второй ступени
- 2, 4 - анионитовые фильтры первой и второй ступени
- 5 - дегазатор
- 6 - приёмный резервуар
- 7 - вентилятор
- 8 - резервуар обессоленной воды
- 9 - насос подачи обессоленной воды потребителю
- 10, 11 - резервуары сбора промывных вод от катионитовых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

### Условные обозначения трубопроводов:

- о — трубопровод подачи осветлённой воды
- кО — трубопровод подачи раствора серной кислоты
- щ — трубопровод подачи раствора едкого натра

# Компоновочный план здания для станции водоподготовки

М 1:100



Условные обозначения приведены в приложении Ж

Учебное издание

Составители:  
**Мороз Владимир Валентинович**  
**Акулич Татьяна Ивановна**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

для выполнения курсового проекта по дисциплине  
**“Водоснабжение и водоотведение  
промышленных предприятий”**

**Часть 1 «Система водоснабжения  
промышленного предприятия»**

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: Мороз В В

Редактор: Боровикова Е.А.

Корректор: Никитчик Е.В.

Компьютерная вёрстка: Соколюк А.П., Боровикова Е.А.

---

Подписано к печати 17.04.2013 г. Формат 60X84 1/16. Бумага «Снегурочка».  
Уч. изд. л. 5,5. Усл. п. л. 5,1. Тираж 75 экз. Заказ № 1384.  
Отпечатано на ризографе учреждения образования  
«Брестский государственный технический университет».  
224017, Брест, ул. Московская, 267.