

# ВОДОСНАБЖЕНИЕ

Автор: ктн доцент ПТЭ Арсенов Владимир Георгиевич.

[gom@cterra.ru](mailto:gom@cterra.ru)

Введение

1. Общие сведения о системах водоснабжения
2. Водопотребление
3. Напоры
4. Источники водоснабжения
5. Водозаборные сооружения
6. Насосы и насосные станции
7. Основные процессы обработки воды
8. Запасные и регулирующие емкости
9. Водоводы и водопроводные сети

## ВВЕДЕНИЕ

### ***Необходимость использования воды в условиях производства***

Вода на промышленных предприятиях необходима на хозяйственно-питьевые нужды, на пожаротушение, а также для проведения технологических процессов.

Количество и качество технической воды, необходимое каждому предприятию, определяется масштабом и характером его технологических процессов.

В свою очередь, эффективность работы любого промышленного предприятия во многом зависит от организации снабжения его водой требуемых параметров.

Соответствующими свойствами используемой воды и ее расходами, а также сооружением эффективных систем водоснабжения в значительной степени определяется качество и себестоимость выпускаемой продукции. Подача неподготовленной воды приводит к появлению брака, перерасходу топлива и электроэнергии, снижению производительности технологического оборудования и аварийному выходу из строя их элементов.

Для обеспечения надежного и качественного снабжения предприятий водой на каждом из них создается специальная система водоснабжения.

### ***Система водоснабжения: основные понятия и определения***

Система водоснабжения промышленного предприятия представляет собой комплекс сооружений, оборудования и трубопроводов, обеспечивающих забор воды из природного источника, очистку и ее обработку, транспортирование и подачу воды потребителям требуемых расходов и качества.

В системах технического водоснабжения предусматриваются также сооружения и оборудование, необходимое для приема отработавшей воды и

подготовки ее для повторного использования, а также станции очистки сточных вод.

Требования к качеству воды хозяйственно-питьевого назначения и воды, идущей на технические цели (технической воды) различны. Поэтому на большинстве промышленных предприятий сооружают отдельную объединенную систему хозяйственно-питьевого и противопожарного водоснабжения и отдельную систему технического водоснабжения.

В некоторых случаях, например, на предприятиях пищевой промышленности, где значительная доля воды должна соответствовать требованиям ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая» создают единую систему водоснабжения.

А на предприятиях с высокой пожароопасностью вынуждены создавать отдельные системы противопожарного водоснабжения.

## **1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

### **1.1 Классификация систем водоснабжения**

Системы водоснабжения классифицируются по следующим признакам:

**по виду вод источника** — с использованием поверхностных вод; с использованием подземных вод; смешанные;

**по способу подъема воды** — нагнетательный, в которых вода к потребителям подается насосами; самотечные (гравитационные); комбинированные;

**по назначению** — технологические, хозяйственно-питьевые, противопожарные, объединенные;

**по видам обслуживаемых объектов** — городские, промышленные, сельские;

**по территориальному охвату водопотребителей** — местные (локальные), предусматривающие водоснабжение отдельных объектов (предприятия, фермы, группы зданий), централизованные, обеспечивающие водой всех потребителей, расположенных в данном городе, поселке;

**по характеру использования воды** — прямоточные, в которых воду после однократного использования выпускают в канализацию, прямоточные с повторным использованием воды, оборотные, в которых воду после использования для технических целей очищают и охлаждают, затем многократно используют на том же объекте;

**по надежности** — одной из 3<sup>х</sup> категорий в зависимости от вида промышленного предприятия и требований бесперебойности подачи воды.

### **1.2 Основные элементы систем водоснабжения**

Системы водоснабжения представляют собой комплекс сооружений, оборудования и трубопроводов, обеспечивающих забор воды из природного источника, очистку и обработку ее, транспортирование и подачу потребителям требуемых расходов, качества под необходимыми напорами.

Кроме того, система водоснабжения должна обладать определенной степенью надежности, т. е. Обеспечивать снабжение потребителей водой без снижения установленных показателей своей работы в отношении количества и

качества подаваемой воды (перерывы в подаче воды, снижение подачи воды, ухудшение её качества в недопустимых пределах).

После определения необходимого объема водопотребления объекта и сбора сведений о возможных для использования природных источниках, выбирается конкретный источник водоснабжения и намечается схема СПВ.

Перечислим основные элементы систем водоснабжения и укажем их назначение:

Водозаборные сооружения, предназначенные для забора воды из природного источника и первичной очистки её.

Водоподъемные сооружения, т. е. насосные станции, подающие под необходимым напором воду к местам её очистки, хранения или потребления.

Сооружения для очистки и улучшения качества природной воды – станции ХВО.

Водоводы и водопроводные сети, служащие для транспортирования и подачи воды потребителям.

Регулирующие и запасные ёмкости, предназначенные для сохранения и аккумуляции воды.

В системах оборотного водоснабжения есть также сооружения для очистки и охлаждения отработанной воды. Кроме того, во всех СПВ существуют сооружения для очистки сточных вод.

### **Условия расчета сооружений СПВ**

Система водоснабжения представляет собой сложный комплекс сооружений, взаимосвязанных в работе. Сооружения должны быть рассчитаны так, чтобы обеспечивалась их четкая работа в общей цепи, а потребитель в результате получал нужное количество воды заданного качества под необходимым напором.

С этой целью для каждого из сооружений строго установлены расчетные расходы:

**Максимальный суточный расход**, на который рассчитываются водозаборные сооружения, очистная станция, резервуар и насосные станции первого и второго подъема.

**Средний часовой расход в сутки наибольшего водопотребления**, необходимый для установления расчетной (средней) часовой производительности водозаборных сооружений, очистной станции и расчета водоводов первого подъема.

**Максимальный часовой** и соответствующий ему **секундный расход** воды, на которые рассчитывается водопроводная сеть и производительность насосной станции при подаче пожарного или максимального хозяйственного расхода без напорно-регулирующих сооружений.

### **1.3 Схемы СПВ**

Системы водоснабжения устраивают по определенным схемам, которые представляют собой совокупность сооружений водопровода и последовательность расположения их на местности.

Проектирование любого водопровода начинается с вычерчивания его схемы в плане и определения состава сооружения.

Обычно в начальной стадии проектирования составляют две (или более) возможные схемы водоснабжения, которые являются вариантами проекта будущего водопровода. Затем проводится технико-экономический расчет – сравнение вариантов, выбирают наивыгоднейший.

По выбранной схеме окончательно проектируют и рассчитывают все устройства СПВ.

Существуют 3 основные схемы СПВ: прямоточная схема, прямоточная с повторным использованием воды и обратная. Существуют также комбинированные схемы водоснабжения. Название систем водоснабжения в инженерной практике повторяет название соответствующей схемы.

Ту или иную схему СПВ реализуют в зависимости:

1. от мощности источника и его характеристики (поверхностные или подземные воды, качества воды в нем и т.д.);
2. удаленности источника воды от промплощадки;
3. требований, предъявляемых предприятием к качеству воды;
4. характера загрязнения воды после ее использования;
5. климатических условий местности.

Рассмотрим первые две схемы – прямоточную схему СПВ и схему СПВ с повторным использованием воды.

### **1.3.1 Прямоточная схема СПВ**

При работе прямоточной системы (рисунок 1.1) из источника водоснабжения забирается все необходимое потребителям количество воды. Поэтому, производительность водозаборных устройств, очистных сооружений и насосов первого подъема приходится выбирать из условий покрытия полной потребности предприятия в воде за сутки максимального водопотребления. Это увеличивает размеры и мощности этих элементов, а следовательно, удорожает их. Возрастает и потребление электроэнергии. Кроме того, требуется выбрать источник с достаточным дебитом воды. Недостатком прямоточной системы является и то, что отработавшая вода сбрасывается в природные водоемы, дебит которых должен позволять поглотить эти сбросы без нарушения экологического равновесия.

Прямоточная схема применяется для хозяйственно-питьевого и противопожарного водоснабжения, т.к. повторное использование воды этими потребителями исключается! Данная схема водоснабжения реализуется в пищевой и фармацевтической промышленности как технологическая.

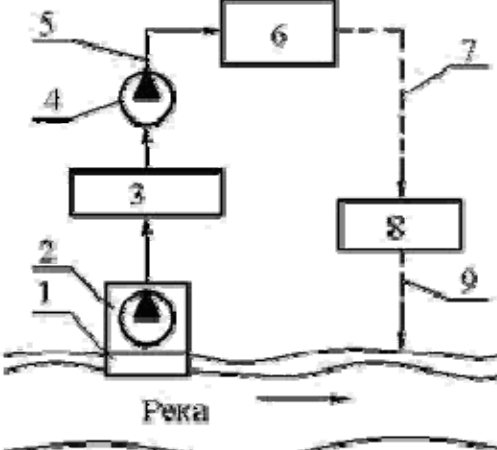
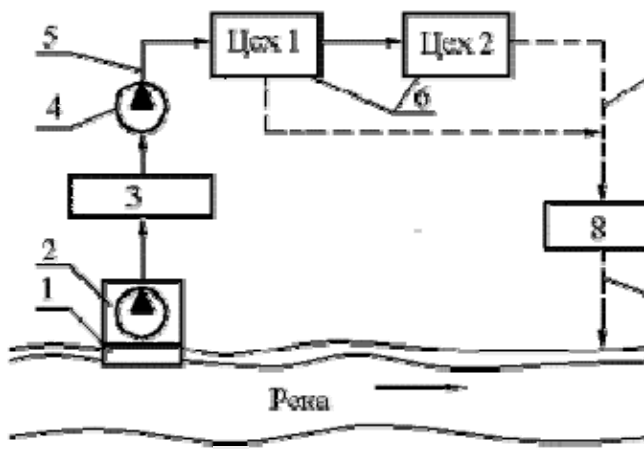
### **1.3.2 Схема СПВ с повторным использованием воды**

Если среди потребителей технической воды имеется потребитель с большим расходом, сбросная вода от которого по количеству и всем параметрам может удовлетворять остальных потребителей, то в этих случаях применяют систему повторного использования воды (рисунок 1.2). Эта система работает по прямоточному режиму, но из источника забирается только то количество воды,

которое необходимо потребителю с большим расходом, а остальные используют его сбросную воду.

Данная система позволяет сократить количество забираемой природной воды и сбрасываемых стоков, снизить производительность и удешевить всю систему водоснабжения.

Различают следующие схемы производственных водопроводов:

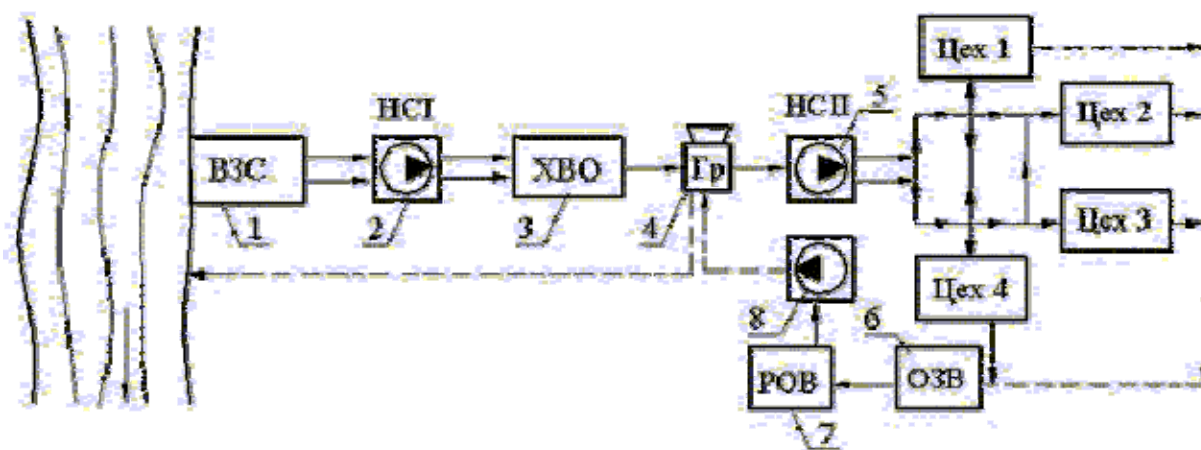
	
<p>1 – речной водозабор;  2 – насосная станция 1-го подъема;  3 – станция водоочистки;  4 – насосная станция 2-го подъема;  5 – подающий трубопровод;  6 – промпредприятие;</p>	<p>7 – трубопровод отработанной воды;  8 – станция очистки сточных вод;  9 – сброс воды в реку;  10 – водоохлаждающее устройство;  11 – сборная камера;  12 – насосная станция оборотной воды.</p>
<p>Рисунок 1.1 – Прямоточная схема СПВ</p>	<p>Рисунок 1.2 – Схема СПВ с повторным использованием воды</p>

### 1.3.3 Оборотная схема СПВ

Оборотные системы открывают большие возможности в удешевлении системы водоснабжения, сокращении потребления свежей воды и сбросов загрязненных стоков.

Для создания оборотной СПВ используется то обстоятельство, что 70...85% технической воды в технологических аппаратах только нагреваются и после охлаждения могут использоваться повторно. В данных системах можно использовать и ту часть технической воды, которая загрязняется сравнительно легко удаляемыми примесями. После очистки вода ("15%") повторно используется.

В системе оборотного водоснабжения (рисунок 1.3) насосы НС2 подают воду через водопроводную сеть потребителям. Нагревшаяся и загрязнившаяся у потребителей вода по системе трубопроводов направляется на станцию очистки загрязненных вод (ОЗВ). Прошедшая очистку, но еще теплая вода собирается в резервуаре (РОВ), а из него насосами станции оборотной воды (НОВ) подается на охлаждающие устройства (Гр). Охлажденная в нем вода опять подается потребителям насосами НС2.



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

Рисунок 1.3 – Обратная схема СПВ

При работе обратной системы часть воды теряется: с уносом, испарением и продувкой из охлаждающих устройств; с утечками через неплотности и за счет сброса в канализацию воды загрязняющейся у потребителя примесями, не разрешающими ее повторное использование. Для компенсации этих потерь из природного источника забирается соответствующее количество воды и насосами НС1 направляется на станцию ХВО. Очищенная вода сливается в бассейн охлаждающих устройств. Для поддержания солевого баланса из бассейна ведется непрерывная продувка части воды в канализацию.

**Оборотные системы** сооружаются как по техническим условиям, экологическим требованиям и экономическим соображениям.

По техническим условиям применения данной системы может оказаться просто необходимо потому, что дебет имеющегося природного водоисточника недостаточен для осуществления прямоточного водоснабжения.

Необходимость оборотных систем обуславливается и экологическими требованиями. Применение оборотных систем позволяет снизить количество сбросов загрязненной воды в водоемы. Наиболее ценны с экологической точки зрения оборотные системы без сброса продувки – **бессточные** системы. В бессточных (замкнутых) системах водоснабжения на предприятиях вместо свежей воды используется доочищенная до норм качества технической воды смесь промышленных и бытовых сточных вод, предварительно прошедшая биологическую очистку. Биологически очищенные сточные воды, используемые в техническом водоснабжении, должны отвечать техническим, экономическим и санитарно-гигиеническим требованиям. Но и при соблюдении соответствующих норм такая вода не может использоваться в пищевой, мясомолочной и фармацевтической промышленности.

Из экономических соображений использование оборотных систем водоснабжения позволяет снизить затраты на сооружение водозаборных

устройств, насосных станций первого подъема, водоводов, очистных сооружений природной воды и канализационных линий.

## **2. ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ**

### **2.1. Использование технической воды в промышленности**

Техническая вода на промышленных предприятиях используется по трем направлениям:

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

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

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

#### **2.1.1. Требования к качеству технической воды**

По экономическим соображениям, требованиям экологии, а также ограниченным запасам воды в природных источниках на промышленных предприятиях рекомендуется сооружать оборотные системы технического водоснабжения. В оборотных системах технического водоснабжения вода используется многократно.

В зависимости от изменения качества воды в процессе ее использования оборотное водоснабжение подразделяется на:

1. «чистые циклы» - для воды, которая при использовании только нагревается;
2. «грязные циклы»- для воды, которая только загрязняется;
3. «смешанные циклы»- для воды, которая при использовании одновременно и нагревается, и загрязняется.

Для промышленных предприятий 1-й группы техническая вода регламентируется предельной температурой используемой воды. Она должна быть  $\leq 30^{\circ}\text{C}$ , а ее оптимальное значение  $15^{\circ}\text{C}$ .

В системах оборотного водоснабжения карбонатная жесткость воды, используемой как хладоноситель Ca и Mg, не должна превышать  $\text{Ж}_k \leq 2,8...3,0 \text{ мг-экв/л}$ , а допустимая концентрация взвеси принимается в зависимости от скорости движения воды в охлаждающих аппаратах. Эти потребители не допускают повышения содержания механических примесей выше 50...100; сульфатов выше 40; сероводорода выше 0,5; масла выше 1...2; кислорода выше 4...6; сухого остатка выше 1000 (мг/кг) мг/л.

Вода, используемая как среда для отмывания и гидротранспортировки материалов, освобождается только от грубодисперсной смеси. Это относится к потребителям 2-й группы.

Для потребителей 3-й группы вода должна быть химически очищенной и общее содержание солей в ней не должно превышать **100...2000 мг/кг** в зависимости от давления вырабатываемого пара.

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

Для тушения пожаров и внутренних возгораний используется вода практически любого качества.

### 2.1.2. Расчетная потребность предприятия в технической воде

Расчетная потребность предприятия в технической воде  $Q_{\text{т}}^{\text{р}}$  в значительной мере зависит от типа используемого оборудования и принятой схемы технологического процесса.  $Q_{\text{т}}^{\text{р}}$  может определяться только по технологическим данным водопотребляющего оборудования.

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

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

Таблица 2.1- Удельные нормы расхода воды

No	Промышленное предприятие	Единица веса готового продукта (кол-во единиц)	Удельный расход воды $q_{\text{т}}$ , м <sup>3</sup>
1	Металлургический комбинат	1 т стали	220-245
		1 т чугуна	240-270
2	Трубопрокатный завод	1 т труб	120-130
3	Завод по выплавке свинца	1 т свинца	170-180
4	Завод по выплавке меди	1 т меди	180-310
5	Завод по выпуску соды	1 т соды	95-115
6	Целлюлозно-бумажный комбинат	1 т продукта	320-389
7	Меховая фабрика	1 тыс. шкур овчины	208-289
8	Фабрика по производству ваты	1 т ваты	70
9	Валяльно-войлочная фабрика	1 т изделий	40-96
10	Льнокомбинат	1 т ткани	190-350
11	Пряжескрасильное производство	1 т пряжи	150-300
12	Прядильная фабрика	1 т пряжи	60-210
13	Ситценабивная фабрика	1 т изделий	200-250
14	Клееварочное производство	1 т продукции	120-400

Расчетные расходы воды для технических нужд можно определить так:

$$Q_{\text{т(в)}}^{\text{р}} = M_{\text{с}} \cdot q_{\text{т}}$$

Тогда



$$Q_f = \frac{Q_{\text{пл}}}{24},$$

где  $M_{(c)}$  – количество выпускаемой продукции за сутки.

## 2.2. Использование хозяйственно-питьевой воды

Хозяйственно-питьевое водоснабжение предназначено:

1. для утоления жажды рабочих и служащих предприятия, приготовления пищи и мытья посуды;
2. для помывки работающих на предприятиях в душевых и умывальных установках;
3. на стирку в прачечных, на уборку помещений цехов, служб и отделов;
4. на полив зеленых насаждений, тротуаров и проездов.

Для хозяйственно-питьевого водоснабжения вода должна соответствовать **ГОСТ 2874-82** «Вода питьевая», то есть должна быть прозрачной, не иметь запахов, дурных привкусов и не должна содержать болезнетворных бактерий. Содержание же солей в этой воде может доходить до **7 мг-экв/л**.

### 2.2.1. Основные показатели качества хозяйственно-питьевой воды

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

13. **Бактериальная загрязненность воды.** Питьевая вода не должна содержать более 100 бактерий в 1мл. Расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды должны производиться в соответствии с требованиями СНиП 2.04.01-85.

### 2.2.2. Расчетное потребление хозяйственно-питьевой воды на предприятии

Расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды пром. предприятий должны определяться в соответствии с СНиП 2.04.01-85 и СНиП 2.09.02-85.

Выбор источника хозяйственно-питьевого водоснабжения должен производиться в соответствии с требованиями ГОСТ 17.1.1.04-80.

Суммарное расчетное часовое потребление хозяйственно-питьевой воды на предприятии  $Q_{\Sigma}^P$  определяется на основе СНиП.

$$Q_{\Sigma}^P = Q_{\text{ум}}^P + Q_{\text{д}}^P + Q_{\text{п}}^P + Q_{\text{ст}}^P, \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

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

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

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

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

#### Расчетный расход воды на умывание и утоление жажды

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

Горячие цеха - цеха с тепловыделением более 80 кДж на 1м<sup>3</sup>/ч (более 20 ккал на 1м<sup>3</sup>/ч).

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

Расчетный часовой расход воды рабочими и служащими предприятия на умывание и питье за максимальную смену определяется по выражению

$$Q_{\text{ум}}^P = 0,001 \cdot \frac{k_{\text{ум}}^{\text{су}} \cdot k_{\text{гц}}^{\text{су}} \cdot q_{\text{хц}} \cdot N^{\text{су}} + k_{\text{ум}}^{\text{су}} \cdot k_{\text{гц}}^{\text{су}} \cdot q_{\text{гц}} \cdot N^{\text{су}}}{\tau_{\text{см}}}, \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

где  $k_{\text{ум}}^{\text{су}}$ ,  $k_{\text{гц}}^{\text{су}}$  - коэффициенты суточной неравномерности потребления воды в обычных и горячих цехах соответственно;

$$k_{\text{ум}}^{\text{су}} = \frac{Q_{\text{ум}}^{\text{су}}}{Q_{\text{ум}}^P} \approx 1$$

принимается =1 для большинства предприятий.

$k_{\text{гц}}^{\text{су}}$ ,  $k_{\text{гц}}^{\text{су}}$  - коэффициенты часовой неравномерности в обычных и горячих цехах соответственно;

$$k_{\text{гц}}^{\text{су}} = Q_{\text{гц}}^P / Q_{\text{гц}}^{\text{су}} = 3,0;$$

$$k_{\text{гц}}^{\text{су}} = Q_{\text{гц}}^P / Q_{\text{гц}}^{\text{су}} = 2,5;$$

$Q^{\text{CP}}$  - средний часовой расход воды за максимальную смену, м<sup>3</sup>/ч;

$N^{ХЦ}$ ,  $N^{ГЦ}$ - количество работающих в максимальную смену на всем предприятии и в его горячих цехах соответственно, чел;

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

$q_{ХЦ}$  ( 25л/чел в смену;  $q_{ГЦ}$ = 45л/чел в смену.

### Расчетный расход воды на душевые установки

На производствах, связанных с загрязнением тела (или требующих особого санитарного режима), учитывается расход хозяйственно-питьевой воды в душевых из расчета  $q_d = 500$  л/час на 1 душевую сетку. Количество душевых сеток  $n_d$  определяется исходя из численности работающих, которым необходимо пользоваться душем по категории производства. Длительность работы душевых установок принимается равной 0,75 часа после окончания каждой смены.

Расчетный часовой расход ( $м^3/ч$ ) на душевых установках предприятия определяется по выражению:

$$Q_d^p = 0,001 \cdot n_d \cdot \frac{q_d}{0,75}, м^3/ч$$

Например:

$$n_d = \frac{500 \cdot 15}{15} \approx 33$$

Расчетное число человек на 1 душевую сетку определяется по СНиП.

### Расчетный расход воды на полив территории предприятия

Расчетный часовой расход воды ( $м^3/ч$ ) на полив территории предприятия определяется по формуле:

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

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

$F_{ni}$ - площадь поливаемой территории данного вида,  $м^2$ ;

$q_{ni}$ - расход воды на один полив 1  $м^2$  конкретного вида поливаемой территории, л/ $м^2$ ;

для асфальтированных покрытий:  $q_{п(асф)} = 0,3 \dots 0,5$  л/ $м^2$ ,

для зеленых насаждений:  $q_{п(зел)} = 3 \dots 6$  л/ $м^2$ ;

$\tau_{ni}$ - продолжительность полива территории данного вида, ч/сутки;

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

### Расчетный расход воды в столовых предприятия

Расчетный часовой расход воды ( $м^3/ч$ ) в столовых предприятия определяется так:

$$Q_{ст}^p = 0,001 \cdot k_{ст} \cdot \frac{q_{ст} \cdot N_{ст}}{\tau_{ст}}, м^3/ч$$

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

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

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

$T_{см}$  - продолжительность смены, часы.

### Расчетный расход воды на пожаротушение

Расход воды на наружное пожаротушение через гидранты нормируется **СНиП 2.04.02-84\*** в зависимости от строительного объема производственных зданий, степени огнестойкости их строительных конструкций и категории производства по пожарной опасности, размещенного в рассматриваемых зданиях.

Таблица 2.2 - Нормы расхода воды на наружное тушение одного пожара

Степень огнестойкости помещений зданий	Категория строения-здания по пожарной опасности	Расход воды $q_{рас}$ ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) $\text{л/с}$ на один пожар при объеме зданий в тыс. $\text{м}^3$						
		<3	3-5	5-20	20-50	50-200	200-400	>400
I и II	Г, Д	(30)10	(30)10	(30)10	(30)10	(50)15	(70)20	(90)25
I и II	А, Б, В	(30)10	(30)10	(50)15	(70)20	(100)30	(200)35	(140)40
III	Г, Д	(30)10	(30)10	(50)15	(90)25	- 35	- -	- -
III	В	(30)10	(50)15	(70)20	(100)30	- 40	- -	- -
IV и V	Г, Д	(30)10	(50)15	(70)20	(100)30	- -	- -	- -
IV и V	В	(50)15	(70)20	(90)25	(140)40	- -	- -	- -

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

1. Если промышленное предприятие занимает площадь <150га, то считается, что на нем может возникнуть одновременно 1 пожар (расход воды, на тушение которого принимается по таблице).

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

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

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

Максимальный срок восстановления пожарного объема воды должен быть не более:

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

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

### Режимы водопотребления (графики водопотребления)

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

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

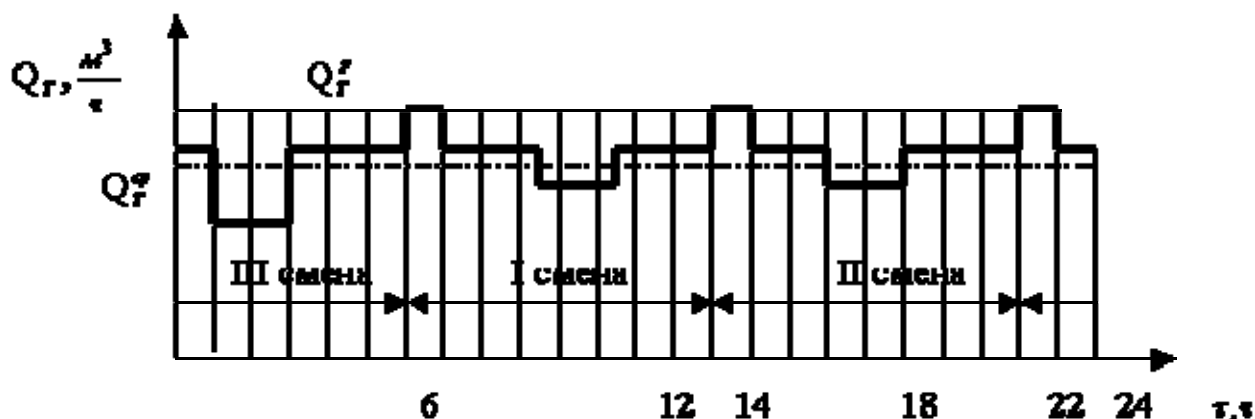


Рис.1.1 График суточного технологического водопотребления

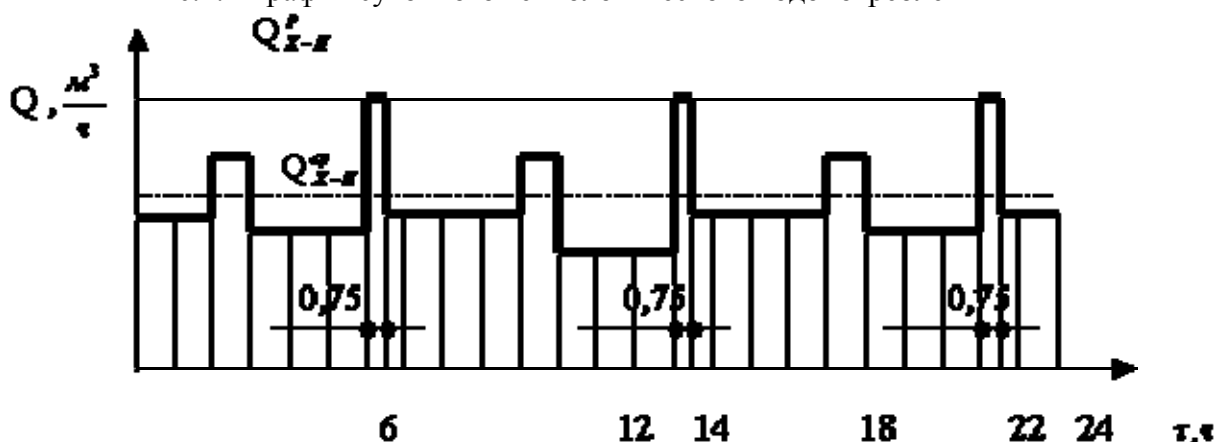


Рис.1.2 График суточного потребления хозяйственно-питьевой воды

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

Значение коэффициента часовой неравномерности определяется так:

$$k_h = \frac{Q_T^P}{Q_T^P} = 1,0 \dots 1,2$$

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

Для оборотных систем водоснабжения по значению  $Q_T^P$  определяются диаметры водопроводных сетей. По величине  $Q_T^P$  с учетом потерь воды и безвозвратного ее потребления определяются диаметры трубопроводов загрязненной и нагретой воды. По значению  $Q_T^P$  находится требуемая производительность насосов оборотного водоснабжения, производительность охлаждающих и очистных сооружений отработанной воды.

Суточный график хозяйственно-питьевого водопотребления (рис.1.2) носит пиковый характер из-за больших, но кратковременных расходов воды в душевых и в обеденные перерывы.

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

На основании полученных значений  $Q_{\text{г.н}}$  рассчитываются диаметры водопроводной сети, водоводов и производительность насосов  $\Pi^{\text{г}^0}$  подъема прямоточных систем водоснабжения, не имеющих в своем составе напорной регулирующей емкости.

### 3. НАПОРЫ

Системы водоснабжения должны подавать воду потребителям не только в заданном количестве, но и под требуемым напором. В инженерной практике существует понятие необходимого «свободного» напора.

#### 3.1. Свободный напор

Разбор воды потребителями, как правило, происходит на некоторой высоте над поверхностью земли в водозаборной точке. Поэтому, в водопроводной сети должно быть обеспечено давление, необходимое для подъема воды на данную высоту. В водозаборной точке должен происходить излив воды и, кроме того, необходимо учесть сопротивление движению воды. То есть в водопроводной сети необходимо иметь внутреннее давление  $P$ , достаточное для подъема воды до наивысшей водозаборной точки и ее излива, а также для преодоления всех сопротивлений на ее пути от сети до точки излива.

Иными словами, пьезометрическая высота в любой точке водопроводной сети равняется сумме геометрической высоты подъема воды (над этой точкой) и суммарной потери напора на пути движения воды.

Эта пьезометрическая высота, необходимая для нормальной работы водопровода называется «свободным напором», который равен

$$H_{\text{св}} = P / (\rho g), \text{ м}$$

$$H_{\text{св}} = H_{\text{г}} + h_{\text{н}} + \Delta h, \text{ м}$$

где  $H_{\text{г}}$  – геометрическая высота расположения наивысшей водозаборной точки над поверхностью земли, т.е. высота расположения самого высокого (расчетного) водозаборного устройства, м;

$h_{\text{н}}$  – избыточный напор, необходимый для излива расчетного расхода воды в водозаборном устройстве, м;

$\Delta h$  – потери напора на пути движения воды от точки присоединения к водопроводной сети до водозаборного устройства, м.

Величины  $h_{\text{н}}$  и  $\Delta h$  могут быть получены при помощи гидравлического расчета и, следовательно, может быть найдена величина свободного напора  $H_{\text{св}}$ , требуемого в данной точке сети наружного водопровода.

В практике водоснабжения при проектировании наружных водопроводных сетей для упрощения расчетов величину необходимого свободного напора  $H_{\text{св}}$  определяют в зависимости от этажности зданий: при одноэтажной застройке  $H_{\text{св}}$  составляет не менее 10м, при большей этажности на каждый этаж добавляют по 4м. Следовательно:

$$H_{\text{св}} = 4(n-1) + 10,$$

где  $n$  – количество этажей.

Для систем пожаротушения низкого давления минимальный свободный напор у пожарных гидрантов, устанавливаемых на сети, также должен быть не менее 10м.

Ориентировочно этот напор можно определить по формуле:

где  $h_{зд}$  – высота здания, м;

Напор в сети хозяйственно-питьевого водопровода у потребителя должен быть не более 60м.

Изобразим вертикальный продольный разрез прямоточной системы производственного хоз-питьевого водоснабжения, на котором покажем положение пьезометрических линий для случая максимального водозабора.

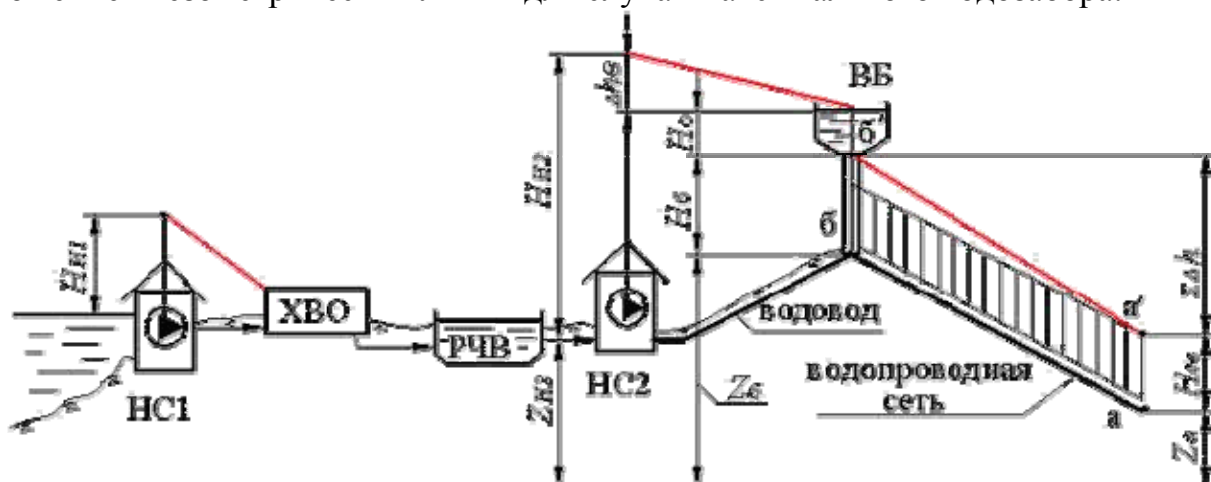


Рисунок позволяет установить связь между элементами системы водоснабжения в отношении напоров. Самыми неблагоприятно расположенными в отношении напора оказываются точки, дальше всего отстоящие от башни и имеющие наибольшие геодезические отметки. В этих точках будут самые низкие пьезометрические отметки (вследствие падения напора в сети от источника питания до этих конечных точек) и самые малые величины располагаемого свободного напора.

Для определения величины расчетного напора, который необходимо создать в начале сети, следует выбрать «критическую» точку сети, самую

неблагоприятную как в отношении ее геодезической отметки, так и в отношении удаленности от источника питания.

Пусть на рисунке 3.1 такой критической точкой будет точка **а** (с отметкой  $z_a$ ). Отложив в этой точке величину требуемого (в зависимости от этажности) свободного напора  $H_{св}$ , получим расчетную пьезометрическую отметку для критической точки сети  $z_a + H_{св}$ .

Требуемая величина  $H_{св}$  должна быть обеспечена в точке **а** в любой момент времени, включая период максимального водоразбора, при котором  $\sum \Delta h - \max$ .

Пьезометрическая линия, характеризующая падение напора в сети при максимальном водоразборе показана на схеме в виде линии  $b'a'$ .

В точке **б** должен быть создан такой напор  $H_b$ , чтобы при максимальном уклоне пьезометрической линии напор в точке **а** не падал ниже заданной величины  $H_{св}$ . Напор  $H_b$  обеспечивается расположением на дне бака водонапорной башни на соответствующей высоте.

Очевидно, что

$$z_b + H_b = z_a + H_{св} + \sum \Delta h$$

Отсюда может быть определена расчетная высота башни, т.е. высота расположения дна бака башни над поверхностью земли

$$H_b = H_{св} + \sum \Delta h - (z_b - z_a)$$

Расположив башню на возможно более высокой отметки  $z_b$ , получим при имеющихся отметках наибольшую величину  $z_b - z_a$ , а, следовательно, минимальную величину  $H_b$ , т.е. наименьшую высоту башни (наименьшую стоимость). Поэтому водонапорную башню стремятся располагать на высоких отметках.

Если в результате расчета будет получена величина  $H_b \leq 0$ , то в место башни устраивают напорный резервуар, расположенный на поверхности земли (или частично заглубленный в землю). Такие резервуары всегда будут значительно дешевле, чем башня с той же емкостью бака.

Следует иметь в виду, что максимальные  $H_{св}$  в сети не должны превосходить определенных пределов. Они устанавливаются в зависимости от материала и типа труб и условий эксплуатации сети. В соответствии со СНиП в сетях хозяйственного водоснабжения  $H_{св} \leq 60$  м.

На рисунке показана также пьезометрическая линия для водовода, подающего воду от **НС2** до башни. При этом расчетным положением пьезометрической линии, диктующим величину напора насосов, будет такое, при котором конечная точка пьезометрической линии располагается на высоте максимального уровня воды в баке башни, а величина потерь напора в водоводе  $\Delta h_p$  соответствует максимальному количеству воды, подаваемой насосами по графику работы насосной станции.

Напор, создаваемый насосами

$$H_{н2} = (z_1 - z_2) + (H_b + H_0) + \Delta h_p,$$

где  $z_{н2}$  – отметка оси насоса;

$H_0$  – расчетная высота бака башни.

Следует отметить, что насосы, выбранные для подачи расхода  $Q_n$  на высоту  $H_{н2}$  (т.е. при наивысшем уровне воды в баке башни), при более низких уровнях будут работать под меньшими напорами и подавать большие количества воды.



Поэтому, действительный график подачи воды будет отличаться от запланированного (при условии постоянного расчетного напора).

Можно также установить зависимость между напором  $H_{н1}$ , создаваемым насосами станции 1 подъема, и свободным напором, который необходимо обеспечить из станции **ХВО** с учетом отметок местности и потерь напора в трубах.

Установленная связь между отдельными элементами системы водоснабжения полностью характеризует режим ее работы при изменении водоразбора в случае нормального водопотребления.

### **3.3. Расчетные величины напоров в оборотных системах технического водоснабжения**

Расчетная величина напора в том или ином сооружении СПВ определяется наибольшей высотой расположения оборудования, потребляющего воду; избыточным давлением воды, поддерживающим перед этим оборудованием и величиной гидравлических сопротивлений трубопроводов и сооружений системы.

#### **3.3.1. Расчетный напор насосов 1 подъема**

Расчетный напор насосов 1 подъема при наиболее тяжелом режиме их работы, когда в реке установился наинизший уровень воды, а резервуар градири заполнен полностью и насосы подают расчетный напор, определяется по соотношению

$$H_{н1} = h_{гр} + \Delta h_{хво} + \Delta h_{в} + \Delta h_{взс} + (z_{гр} - z_{нгв}), \text{ м}$$

где  $h_{гр}$  – отметка высшего уровня воды в резервуаре градири над его дном, м;

$\Delta h_{хво}$  – потери напора в очистных сооружениях природной воды, м;

$\Delta h_{в}$  – потери напора в водоводах от насосной 1 подъема до очистных сооружений;

$\Delta h_{взс}$  – потери напора в водозаборных сооружениях и всасывающем трубопроводе насосов 1 подъема;

$z_{гр}$  – геодезическая отметка дна резервуара градири, м;

$z_{нгв}$  – геодезическая отметка наинизшего горизонта воды в реке, м.

#### **3.3.2. Расчетный напор насосов 2 подъема**

Насосы 2 подъема должны создавать напор, достаточный чтобы преодолеть гидравлическое сопротивление трубопроводов от градири до ввода в цех, где установлено оборудование, требующего максимального напора и расположенное на наибольшей высоте.

Наиболее тяжелые условия работы насосов для обеспечения необходимого напора будут при режиме, когда потребитель забирает из сети расчетный расход, а в резервуаре градири уровень воды опустился до наинизшей отметки  $z_{гр}$ .

Расчетный напор насосов 2 подъема в этом случае должен составлять

$$H_{\Sigma} = h_{об} + \frac{P_{об}}{\rho g} + \Delta h_c + \Delta h_{г-2} + (z_{ц} - z_{гр}), \text{ м}$$

где  $h_{об}$  – высота установки водопотребляющего оборудования в цехе, м;

$P_{об}$  – необходимое избыточное давление перед оборудованием, Па;

$\Delta h_c$  – потери напора в водопроводной сети от НС2 до цеха, где установлено оборудование;

$\Delta h_{г-2}$  – потери напора в трубопроводе от градирни до НС2;

$z_{ц}$  – геодезическая отметка пола в цехе, где установлено водопотребляющее оборудование (требуется *max* напора и находится на наибольшей высоте), м;

$z_{гр}$  – геодезическая отметка дна резервуара градирни, м.

### 3.3.3. Расчетный напор насосов оборотной воды

Расчетный напор насосов оборотной воды при наиболее тяжелом для них режиме работы (когда уровень в резервуаре очищенной воды опустился до отметки  $z_{рез}$ ) должен составлять

$$H_{цк} = h_k + h_{гр} + \Delta h_{цк-г} + \Delta h_{ров-цк} + (z_{гр} - z_{рез}), \text{ м}$$

где  $h_k$  – высота расположения распределительных коллекторов охлаждаемой воды над верхним уровнем воды в резервуаре градирни, м;

$h_{гр}$  – отметка высшего уровня воды в резервуаре градирни над его дном, м;

$\Delta h_{цк-г}$  – потери напора при движении воды по трубопроводу от насосной оборотной воды до градирни, м;

$\Delta h_{ров-цк}$  – потери напора во всасывающем трубопроводе от резервуара очищенной воды до насосов оборотной воды, м;

$z_{гр}$  – геодезическая отметка дна резервуара градирни, м;

$z_{ров}$  – уровень воды в резервуаре очищенной воды, м.

Таким образом, выбрав места размещения основных сооружений системы водоснабжения на площадке предприятия, установив отметки рельефа местности в местах их размещения, рассчитав размеры основных сооружений (исходя из выявленных ранее расчетных расходов воды) и подсчитав гидравлические потери в сооружениях и трубопроводах, можно определить необходимые напоры насосов и подобрать наиболее подходящее из выпускаемых промышленностью.

## 4. ИСТОЧНИКИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

### 4.1. Требования к источникам воды

Потребность предприятия в воде всех категорий удовлетворяется из природных источников, которые должны соответствовать следующим основным требованиям:

а) обеспечивать бесперебойное получение необходимого предприятию количества воды с учетом перспективы его развития;

б) подавать воду такого качества, которое в наибольшей степени отвечает требованиям потребителей или позволяет достичь его за счет простой и экологичной обработки исходной воды;

в) обеспечивать возможность подачи воды потребителям с наименьшей затратой средств;

г) обладать такой мощностью, чтобы расчетный отбор воды из него не нарушал сложившуюся экологическую систему.

Правильное решение вопроса о выборе источника водоснабжения для конкретного потребителя требует тщательного изучения и анализа водных ресурсов района, в котором расположен потребитель.

Для водоснабжения промпредприятий используются поверхностные и подземные воды. Поверхностные источники – это реки, озера, реже моря; подземные источники – грунтовые и артезианские воды, и родники.

#### **4.2. Качество воды в источниках**

Вода в большинстве рек обладает значительной мутностью, высоким содержанием органических веществ и бактерий, а часто и значительной цветностью. Наряду с этим речная вода характеризуется относительно небольшой жесткостью.

Вода озер обычно отличается весьма малым содержанием взвешенных веществ (т.е. малой мутностью). Качество всех поверхностных вод сильно зависит от атмосферных осадков и таяния снегов, в период паводков их мутность и бактериальная загрязненность возрастает, а жесткость снижается.

Подземные воды, как правило, не содержат взвешенных веществ (т.е. весьма прозрачны), обладают низкой бактериальной загрязненностью, но наряду с этими положительными качествами во многих случаях сильно минерализованы. В зависимости от характера растворенных в них солей, они могут обладать теми или иными отрицательными свойствами: повышенной жесткостью, наличием неприятного привкуса и некоторыми другими.

#### **4.3. Выбор источника водоснабжения**

Вопрос о выборе источника водоснабжения является одним из главных при проектировании СПВ, т.к. он определяет наличие в ее составе тех или иных сооружений, а, следовательно, стоимость строительства и эксплуатации.

При выборе источника водоснабжения следует учитывать качество воды и его мощность.

Выбор источника воды определяется главным образом местными природными условиями, поэтому предварительно проводятся топографические, гидрологические, санитарные и другие изыскания.

Для хозяйственно-питьевого водоснабжения рекомендуется использовать подземные источники воды, отказ от которых требует всестороннего обоснования. СНиП 2.04.02-84\* запрещает использовать подземные воды питьевого качества для нужд, не связанных с хозяйственно-питьевым водоснабжением.

При наличии нескольких источников воды прибегают к технико-экономическому сравнению возможных вариантов.

Для забора воды из природного источника и частичной очистке ее сооружаются водозаборные сооружения (ВЗС).

Выбор источника должен производиться согласно ГОСТ 17.1.1.04-80.

#### **4.4. Характеристика подземных вод**

**Подземные воды** образуются вследствие просачивания в землю атмосферных и поверхностных вод. Подземные воды могут быть **безнапорными** и **напорными (артезианскими)**.

**Безнапорные воды** заполняют водоносные горизонты не полностью и имеют свободную поверхность.

Безнапорные подземные воды первого от поверхности земли водоносного горизонта называются **грунтовыми**. Грунтовые воды характеризуются повышенной загрязненностью, поэтому при их использовании в большинстве случаев необходима очистка.

**Напорные (артезианские) воды** заполняют водоносные горизонты полностью. Артезианские воды, как правило, характеризуются высоким качеством и в большинстве случаев для хозяйственно-питьевых целей могут использоваться без очистки.

В колодцах или скважинах, вскрывающих напорные водоносные горизонты, вода поднимается до некоторой пьезометрической линии. Если пьезометрическая линия проходит выше поверхности земли, то наблюдается излив воды.

Уровень воды, устанавливающийся в колодце при отсутствии забора воды, называется **статическим**. При безнапорных водах статический уровень совпадает с уровнем подземных вод, а при напорных водах – с пьезометрической линией.

При откачке воды из колодца уровень ее снижается, причем тем больше, чем интенсивнее откачка. Такой уровень называется **динамическим**.

Безнапорные и напорные воды могут выходить на поверхность земли в виде родников. Выход безнапорных вод называют нисходящим ключом. Ключевая вода отличается высоким качеством и может использоваться без очистки.

### **5. ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ**

#### **5.1. Сооружения для забора поверхностных вод**

##### **5.1.1. Классификация поверхностных водозаборов**

Водозаборные сооружения (ВЗС) следует различать по типу водоема: речные, озерные и морские.

1. ВЗС классифицируют по требуемой категории надежности подачи воды. В соответствии с СНиП все ВЗС подразделяются на **3** категории: I, II, III. При этом категория ВЗС должна совпадать с категорией системы водоснабжения, в которой функционирует ВЗС.

**I** категория – ВЗС, обеспечивающие бесперебойный отбор расчетного расхода воды. К ним относятся все типы береговых незатопляемых сооружений, водоприемные окна которых всегда доступны для обслуживания, а очистка их сороудерживающих решеток механизирована.

**II** категория - ВЗС, обеспечивающие отбор расчетного расхода воды с возможностью перерывов подачи воды до 5 часов или снижения ее подачи до 1 месяца. К ним относятся все типы русловых затопленных водоприемников, расположенных в водоеме в удалении от берега и практически недоступных в период половодья, ледохода и т.п.

**III** категория - ВЗС, отбор воды через которые может прекращаться до 3 суток. К ним следует относить плавучие и подвижные водоприемники.

2. ВЗС классифицируют по производительности на:

- малой производительности, до  $1 \text{ м}^3/\text{с}$ ;
- средней производительности, от 1 до  $6 \text{ м}^3/\text{с}$ ;
- большой производительности, более  $6 \text{ м}^3/\text{с}$ .

3. ВЗС классифицируют по месту расположения водоприемника:

- береговые;
- русловые;
- приплотинные и другие.

4. По степени стационарности: стационарные и нестационарные (передвижные, плавучие).

5. По назначению: хозяйственно-питьевые и технологические.

### **5.1.2. Требования к ВЗС для приема поверхностных вод**

Сооружения должны обеспечивать бесперебойное снабжение потребителя водой возможно лучшего качества. Решение этой задачи достигается правильным выбором их места расположения (в плане и по глубине), типа и конструкции.

Место расположения сооружения в плане следует выбирать как можно ближе к потребителю, на устойчивом участке водоема, в районе наименьшего загрязнения водоема (на реках выше населенных пунктов, промышленных предприятий и мест сбора сточных вод), вне участков ледяных заторов и интенсивного движения донных наносов.

Глубинное положение места забора воды на реке следует определять из условия, чтобы расстояние от низа льда (в зимний период) до верха «приемных окон» водозабора было не менее  $0,2 \dots 0,3 \text{ м}$ , а «порог» между дном реки и низом «приемных окон» (необходимый для исключения попадания в водозаборные сооружения донных наносов) составлял не менее  $0,7 \dots 1 \text{ м}$ .

Условия работы водозаборных сооружений на водохранилищах, озерах и морях резко отличается от условий работы сооружений на реках. Существенные осложнения создают здесь возникающие на больших акваториях волнения и течения. Течения переносят наносы, лед, планктон, водоросли и могут вызвать размыв и перемещение берегов. Поэтому, места забора воды следует выносить за пределы зон течения воды. Волнение обуславливает необходимость заглубления места забора воды. Так, расстояние между верхом «приемных окон» и уровнем воды должно быть не меньше половины высоты волны. При этом «порог» между дном и низом «приемных окон» должен составлять  $2 \dots 7 \text{ м}$ .

### **5.1.3. Речные водозаборные сооружения**

## Водозаборные сооружения берегового типа

При наличии вблизи берега глубин, обеспечивающих требуемые условия забора воды, и при достаточно крутом берегу применяются водозаборы берегового типа. Их располагают на склоне берега с приемом воды непосредственно из русла реки. При этом насосы I подъема могут быть расположены в отдельном здании насосной станции или в самом водозаборе. Поэтому, различают два вида водозаборов берегового типа – раздельный и совмещенный.

### Раздельный водозабор берегового типа

Раздельный водозабор берегового типа представлен на рисунке 5.1.

Раздельный водозабор берегового типа представляет собой колодец 1 (обычно железобетонный), передняя стенка которого выходит в русло реки. Вода поступает в водозабор через входные окна 2, снабженные решетками для предотвращения попадания внутрь водозабора крупного мусора и посторонних предметов.

Далее вода проходит через сетки 4, установленные в перегородке 5, разделяющей водозаборный колодец на два отделения: А – приемное и В – всасывающее. На сетках задерживается значительная часть загрязнений (водоросли, мелкий сор).

Вода, прошедшая через сетки сквозь всасывающие трубы 3, забирается насосами 7. Над водозаборным колодцем надстраивается служебное помещение 6. Устройство насосной станции в отдельно стоящем здании 8 может быть обусловлено характером рельефа берега и степенью его затопления паводковыми водами.

Для лучшего всасывания желательно располагать насосную станцию 8 как можно ближе к водозаборному колодцу.

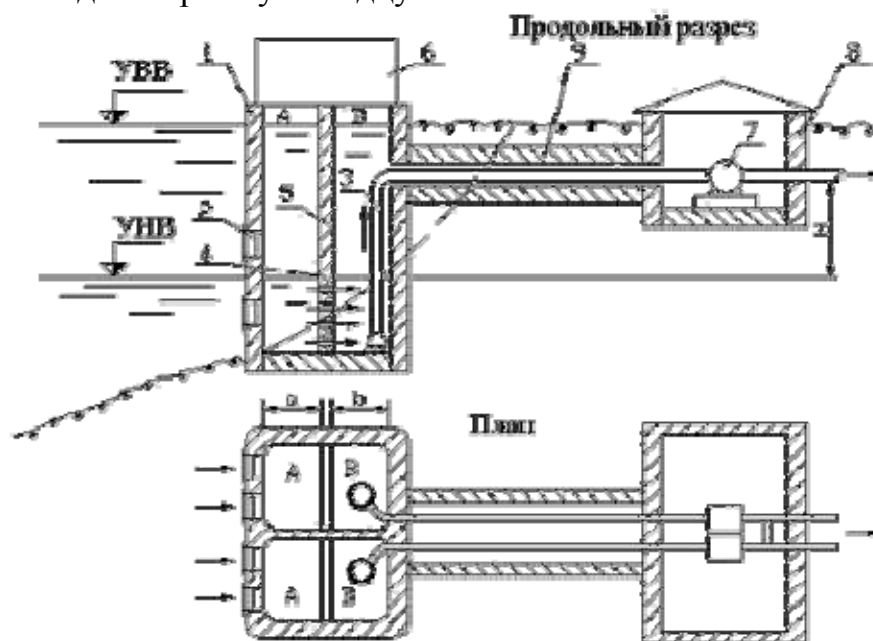


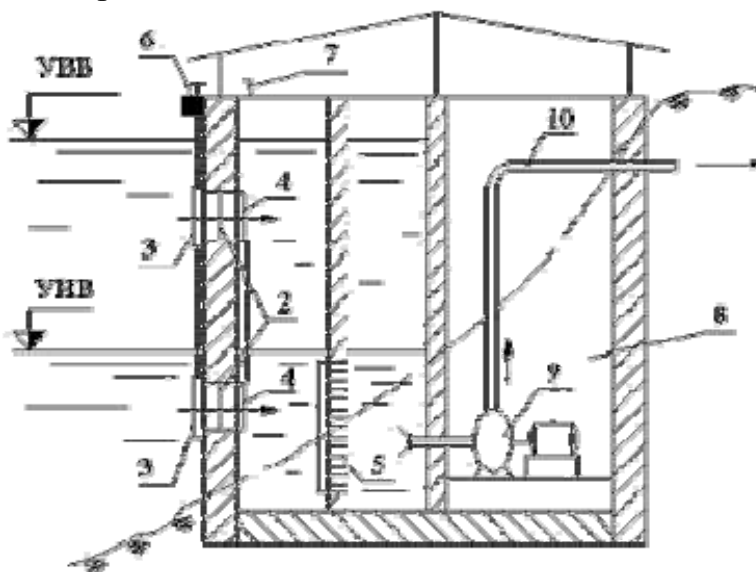
Рисунок 5.1 – Раздельный водозабор берегового типа

Отметка оси насосов определяется отметкой наинизшего уровня воды в реке и допустимой высотой всасывания насосов с учетом потерь напора во всасывающих трубопроводах. Всасывающие трубопроводы в некоторых случаях располагают в специальных галереях 9 для защиты от повреждений и облегчения их осмотра.

Водозаборный колодец обычно разделяется продольными перегородками на несколько параллельных секций. Количество секций определяется числом насосов, секции независимы друг от друга, что позволяет обеспечить бесперебойную работу в случае очистки или ремонта водозаборного устройства.

### Береговые водозаборы совмещенного типа

При благоприятных условиях экономически целесообразно устройство совмещенных водозаборов.



- 1 – береговой колодец;
- 2 – водоприемные окна;
- 3 – сороудерживающие решетки;
- 4 – затворы (шиберы) для закрытия окон;
- 5 – плоские сетки;
- 6 – мостик для обслуживания решеток;
- 7 – колонка управления затворами;
- 8 – насосная станция;
- 9 – насос;
- 10 – напорный трубопровод.

Рисунок 5.2 – Береговой водозабор совмещенного типа

Существуют и другие схемы совмещенных водозаборов. Представленная схема получила широкое распространение в инженерной практике. Насосы при таком исполнении находятся под заливом даже при самых низких уровнях воды в реке.

Водозаборы берегового типа могут иметь в плане круглую, эллипсоидальную или прямоугольную форму, выбираемую в зависимости от места расположения водозабора, условий обтекания его водами реки и от используемого оборудования насосной станции.

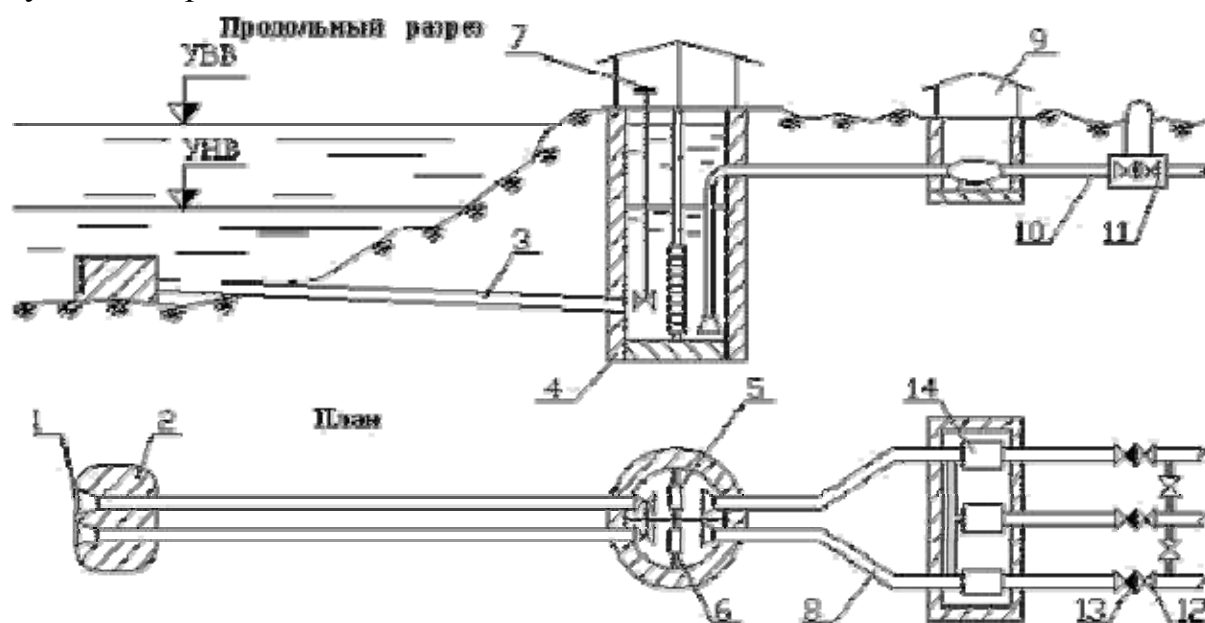
Размеры водозабора, его основных элементов и оборудования (сеток, решеток, труб и др.) определяют частично путем гидравлического расчета и частично по соображениям конструктивного и эксплуатационного характера. Кроме того, водозабор проверяется на действии сил давления воды, льда и грунта (на всплытие, на опрокидывание, на сдвиг), а также на прочность при действии заданных нагрузок.

### Речные водозаборы руслового типа

Водозаборы руслового типа чаще всего применяют при относительно пологом берегу, когда требуемые для забора воды глубины в реке находятся на значительном расстоянии от берега. Кроме того, при пологом берегу сезонные колебания уровня воды в реке вызывают затопление берега. А насосная станция должна быть расположена вне зоны затопления, поэтому длина труб от места приема воды до насосной станции получается весьма большой.

Вода из реки в береговой колодец руслового водозабора поступает, как правило, по самотечным трубопроводам.

Схема руслового водозабора раздельного типа может быть представлена следующим образом:



- 1 – водоприемные окна с решетками;
- 2 – оголовки;
- 3 – самотечные трубопроводы;
- 4 – береговой колодец;
- 5 – плоские съемные сетки;
- 6 – поперечная перегородка;
- 7 – колонка управления задвижками;
- 8 – всасывающие трубопроводы;
- 9 – насосная станция;
- 10 – напорные трубопроводы;
- 11 – камера переключения;
- 12 – задвижки;
- 13 – обратные клапаны;



14 – горизонтальные центробежные насосы.

Рисунок 5.3 - Русловой водозабор отдельного типа

Приемные оголовки подразделяются на три вида: постоянно затопленные, затопляемые высокими водами, незатопляемые.

Затопленные оголовки имеют в практике наиболее широкое распространение, т.к. значительно дешевле незатопляемых оголовков. Затопленные оголовки не подвергаются воздействию ледовых нагрузок.

Оголовки бывают деревянными, бетонными или железобетонными. В последнее время применяются бетонные или железобетонные оголовки.

Для обеспечения бесперебойной подачи воды все основные элементы водозаборных сооружений, как правило, дублируются. Поэтому, число самотечных линий, соединяющих оголовки с береговым колодцем (как и число их секций) должно быть не менее двух.

Диаметр труб самотечных линий определяются в зависимости от заданного расхода и принятого значения расчетной скорости. Строительные нормы рекомендуют принимать для самотечных линий водозаборов руслового типа расчетную скорость движения воды в пределах от **0,7** до **1,5** м/с. большие значения следует принимать для больших расходов при большем содержании взвеси и при относительно малой длине линий. Но полностью предотвратить осаждение взвеси в самотечных трубопроводах не удастся, поэтому их подвергают периодической очистке (промывка обратным током воды).

Береговые колодцы, как и обычные водозаборы берегового типа, устраиваются отдельными или совмещаются с насосными станциями (последнее чаще).

## **5.2. Сооружения для забора подземных вод**

Тип и конструкция сооружения для приема подземных вод зависит, в основном, от глубины их залегания и мощности водонасосного горизонта.

Сооружения для приема подземных вод могут быть разделены на четыре вида:

1. Трубчатые колодцы;
2. Шахтные колодцы;
3. Горизонтальные водозаборы;
4. Каптажные камеры.

### **5.2.1. Трубчатые колодцы**

**Трубчатые колодцы** служат для приема безнапорных и напорных подземных вод, залегающих на глубине более **10** м. Это самый распространенный вид водоприемных сооружений для систем водоснабжения промышленных предприятий.

Трубчатые колодцы устраивают путем бурения в земле скважин, стенки которых крепят обсадными стальными трубами. По мере заглубления колодца диаметр обсадных труб уменьшают, в результате чего колодец приобретает телескопическую форму. Над верхом колодца делают кирпичную или бетонную камеру. В нижней части колодца устанавливают фильтр, состоящий из

надфильтровой, водоприемной (фильтрующей) и отстойной частей. Трубчатые колодцы можно оборудовать фильтрами следующих типов: дырчатыми, щелевыми, сетчатыми, проволочными и гравийными.

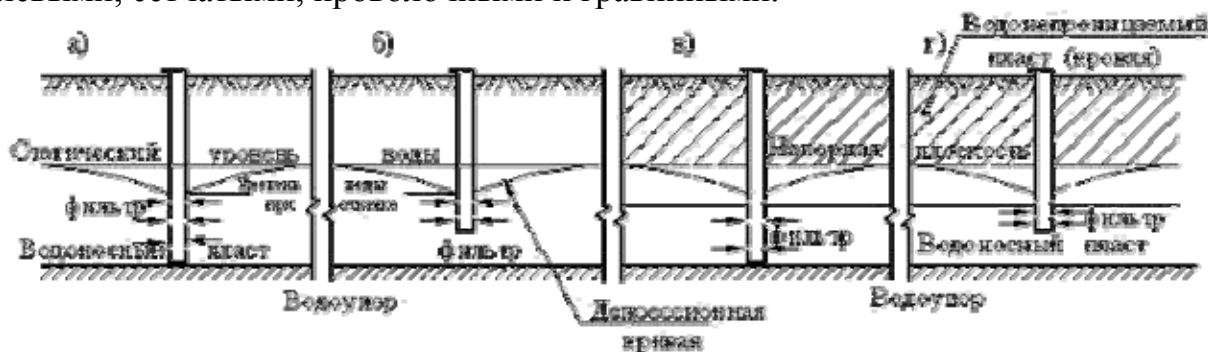


Рисунок 5.4 – Трубчатые колодцы

Трубчатые колодцы могут использоваться для приема как безнапорных (рисунок а, б), так и напорных (рисунок в, г) подземных вод. В том, и в другом случае они могут быть доведены до подстилающего водоупорного пласта – «совершенные колодцы» (рисунок а, в) или заканчиваться в толще водоносного пласта – «несовершенные колодцы» (рисунок б, г).

В зависимости от требуемого расхода и мощности водоносного горизонта устраивается один или несколько трубчатых колодцев, располагаемых перпендикулярно направлению потока подземных вод (рисунок 5.5).

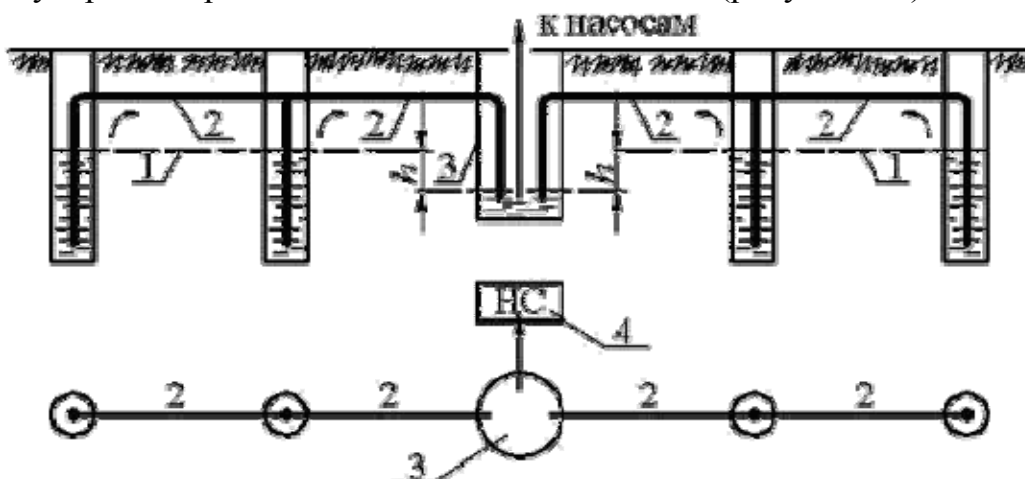


Рисунок 5.5 – Схема расположения трубчатых колодцев

При неглубоком залегании динамического уровня 1 подземные воды отводят из трубчатых колодцев по самотечным или сифонным трубопроводам 2 в сборный колодец 3, из которого их откачивают насосами насосной станции 4. применение сифонных трубопроводов позволяет уменьшать глубину заложения сборных трубопроводов. При глубоком залегании динамического уровня (более 20м от поверхности земли) каждый колодец оборудуют насосом.

### 5.2.2. Шахтные колодцы

Шахтные колодцы служат для приема подземных вод, залегающих на глубине не более 30м. Их выполняют из бетона, кирпича, бутового камня и дерева. Чаще всего шахтные колодцы строят опускным способом, поэтому они имеют обычно круглую форму в плане.

Для приема воды дно шахтных колодцев устраивают в виде, так называемых, обратных фильтров путем послойной засыпки зернистых материалов с постепенным увеличением крупности зерен снизу вверх. В боковых стенках колодцев создают водоприемные отверстия. Для повышения дебета шахтных колодцев увеличивают площадь донного фильтра путем расширения основания.

Для получения значительных расходов воды устраивают несколько шахтных колодцев, которые располагают перпендикулярно направлению потоков грунтовых вод. Воду из каждого колодца отводят в сборный колодец, из которого ее перекачивают насосами на очистные сооружения или к потребителям.

### **5.2.3. Горизонтальные водозаборы**

**Горизонтальные водозаборы** устраивают для приема грунтовых вод, залегающих на небольшой глубине (до 8м), при малой мощности водонасосного горизонта. Их выполняют из железобетонных, бетонных или керамических труб с круглыми или щелевыми отверстиями. Для очистки и осмотра горизонтальных водозаборов через каждые 50...150м по их длине устраивают смотровые колодцы.

### **5.2.4. Каптажные камеры**

**Каптажные камеры** применяют в системах водоснабжения при использовании ключевой воды. Для захвата вод восходящих ключей устраивают каптажные камеры по типу шахтных колодцев, располагая их над местами выходов воды, а для захвата вод нисходящих ключей выполняют камеры с приемом воды через боковые стенки. Для увеличения площади приема воды каптаж осуществляют в виде горизонтальных водозаборов.

## **6. НАСОСЫ И НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ**

### **6.1. Насосы (основное оборудование СПВ)**

#### **6.1.1. Классификация насосов**

Был разработан **ГОСТ 17398-72** «Насосы. Термины и определения».

Все насосы подразделяются на 2 группы: динамические и объемные.

1). Динамические подразделяются на лопастные насосы и насосы трения.

Лопастные насосы объединяют в свою очередь две группы насосов: центробежные и осевые.

Насосы трения и инерции – это группа динамических насосов, в которых перемещение жидкости осуществляется силами трения и инерции. В эту группу входят шнековые, вихревые, лабиринтные, червячные и струйные насосы.

2). Объемные насосы объединяют в свою группу: поршневые, плунжерные, диафрагменные, роторные, шестеренные, винтовые и другие типы насосов.

Насосы каждой из перечисленных групп отличаются друг от друга конструктивными решениями отдельных деталей и узлов. В зависимости от

этого их классифицируют также и по конструктивным признакам. Например, центробежный насос консольного типа или консольный насос.

Кроме того, насосы подразделяются и по эксплуатационным признакам (например, скважинные насосы, дозировочные насосы и т.п.).

В системах водоснабжения мы имеем дело с насосными агрегатами: насос и двигатель, соединенные между собой.

Насосная установка – это насосный агрегат с комплектом оборудования, смонтированного по определенной схеме.

### **6.1.2. Типы насосов**

По числу комплектов рабочих органов (рабочих колес, направляющих аппаратов и т.п.) различают одноступенчатые, двухступенчатые и многоступенчатые насосы.

#### **Одноступенчатые насосы с горизонтальным валом для подачи воды и незагрязненных жидкостей**

Одноступенчатые насосы с осевым входом, как правило, бывают консольного типа. Согласно ГОСТ 8337-87 насосы такого типа имеют входные патрубки от 37 до 200 мм и рассчитаны на подачу от 5 до 360 м<sup>3</sup>/ч.

Промышленность выпускает центробежные консольные насосы двух типов: типа К- с горизонтальным валом и отдельной стойкой и типа КМ – с горизонтальным валом, моноблочные.

В обозначении насоса кроме букв входят две группы цифр: первая группа цифр обозначает диаметр входного патрубка в мм, уменьшенный в 25 раз, а цифры после буквы – коэффициент быстроходности, уменьшенный в 10 раз и округленный до целого числа.

Например, насос 4К-6 имеет входной патрубок  $d=100\text{мм}$  и коэффициент быстроходности  $\approx 60$ .

Насос 3КМ-9 является моноблочным консольным насосом с входным патрубком  $d=75\text{мм}$  и коэффициентом быстроходности 87.

Промышленностью выпускаются насосы 4К-8, 1<sup>1/2</sup>К-6, 2К-6 и 3К-9, 4К-25.

В установках с большой подачей воды широкое распространение получили одноступенчатые насосы с двусторонним подводом жидкости к рабочему колесу типа Д и НД.

Согласно ГОСТ 10272-87 подача насосов этого типа находится в пределах 120...12000 м<sup>3</sup>/ч, а напоры, развиваемые ими, составляют 10...140 м вод.ст.

Например, насос 10Д-9 имеет входной патрубок диаметром  $d=250\text{мм}$  и коэффициент быстроходности " 90.

#### **Насосы одноступенчатые вертикальные (по ГОСТ 19740-74)**

Применяются для установки в заглубленных насосных станциях, если необходимо сократить их площадь.

Согласно ГОСТ вертикальные насосы должны изготавливаться с подачей от 1 до 18 м<sup>3</sup>/с и напором от 18 до 105 м вод.ст.

В настоящее время изготавливаются насосы следующих типов: 28В-12; 32В-12; 36В-12; 40В-16; 52В-11; 52В-17 и 72В-22 с подачей до  $12 \text{ м}^3/\text{с}$ . «В»-нерегулируемые; «ВР»-регулируемые.

### **Многоступенчатые горизонтальные насосы (по ГОСТ 10407-88)**

Развивают большие напоры при относительно небольших подачах.

ГОСТ регламентирует параметры двух типов многоступенчатых насосов: секционных – МС с подачей от 10 до  $1300 \text{ м}^3/\text{ч}$  нормальных от 20 до 650 м вод.ст. и высоконапорных и спиральных двухступенчатых и многоступенчатых типа М.

### **Осевые насосы (по ГОСТ 9366-80)**

Согласно ГОСТ изготавливают осевые вертикальные насосы двух типов:

тип **О**- с жестко закрепленными лопастями колеса и тип **ОП** - с поворотными лопастями колеса («О» - регулируемые и «ОП»- нерегулируемые)

Насосы рассчитаны на подачу больших расходов жидкости (до  $140000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ) при относительно небольших напорах (4...20 м вод.ст.).

Насосы просты и компактны, их можно использовать для подачи загрязненных жидкостей.

### **Насосы для химически агрессивных жидкостей**

В соответствии с требованиями ГОСТ центробежные насосы для химически агрессивных жидкостей (например, коагулянта) изготавливаются шести типов: Х; АХ; ХГ; ХП; ХПА; ПХП.

### **Насосы трения и инерции Вихревые насосы (ГОСТ 10392-80Е)**

Жидкость захватывается лопатками у входа в кольцевой канал, попадает в межлопастную полость и затем вновь выбрасывается в кольцевой канал.

Вихревые насосы развивают напоры в 2...4 раза больше, чем центробежные при том же диаметре рабочего колеса. Насосы обладают самовсасывающей способностью.

Вихревые насосы выпускают с подачей от 1 до  $50 \text{ м}^3/\text{ч}$  при напорах от 25 до 100 м. Высота всасывания в пределах 4...8 м.

### **Центробежно-вихревые насосы**

Центробежно-вихревые насосы типа **ЦВ** изготавливают с подачей от 14 до  $36 \text{ м}^3/\text{ч}$  и напором до 280 м ст. жидкости. Насосы имеют осевой подвод жидкости.

Насосы типа **ЦВ** применяют главным образом в качестве питательных насосов для котлов малой мощности.

### **Лабиринтные насосы**

Основными деталями лабиринтных насосов являются – шнек (ротор) и обойма корпуса.

Насосы находят применение преимущественно в химической промышленности, иногда применяют для подачи реагентов в системах водоснабжения.

### **Струйные насосы**

Струйные насосы – гидроэлеваторы или эжекторы. Струйные насосы используются для подъема воды из артезианских скважин, для отлива воды при производстве строительных работ.

Например, Струйный насос (гидроэлеватор) типа **ВСН-50** обеспечивает подачу 14...17 л/с.

### **Объемные насосы**

#### **Возвратно-поступательные насосы**

К возвратно-поступательным насосам относятся поршневые и плунжерные насосы.

Плунжер – скалка, выполненная в виде полого стакана, движется в уплотняющем сальнике.

В водоснабжении нашли применение следующие типы насосов:

Плунжерный насос – дозатор типа **НД**, используется для дозирования коагулянта, известкового молока и других реагентов. Промышленность выпускает насосы марок **НД 160/10...НД 1000/10** с подачей 160, 400, 630 и 1000 л/с и максимальным давлением 10 атм. Для перекачивания осадка (например, из первичных отстойников) применяют плунжерные насосы типа **НП** (**НП-28**, **НП-50** с подачей 28 и 54 м<sup>3</sup>/ч при напоре 30 м ст.).

#### **Диафрагменные и шланговые насосы**

Диафрагменные насосы развивают небольшой напор. Применяется для откачки воды при производстве строительных работ. Некоторые типы насосов применяют в качестве дозирующих в сооружениях для очистки воды и обработки сточных вод.

### **Винтовые и шестеренные насосы**

Винтовые насосы по принципу действия относятся к роторным насосам. В зависимости от числа рабочих винтов различают одно-, двух-, трех- и многовинтовые насосы.

В системах водоснабжения применяются одновинтовые насосы. Например, **ВНМ 18-2**.

Шестеренные насосы, также как и винтовые, по принципу действия являются объемными.

Применяются главным образом для перекачивания масла в гидроприводах машин и системах смазки крупных механизмов.

### **Водоподъемное оборудование водяных скважин** **Погружные скважинные насосные агрегаты**

В настоящее время промышленность выпускает несколько типов погружных скважинных насосных агрегатов: серии **АП**, **АПВ**, серии **ЭЦВ**, **ЭПЛ** и **ЭПНЛ** с подачей от 3 до 470 м<sup>3</sup>/ч для скважин диаметром до 400 мм.

### **Полупогружные скважинные насосные агрегаты**

Насосы находятся в скважинах, а двигатели расположены на поверхности земли.

Наиболее распространены полупогружные скважинные насосные агрегаты типов **АТН**, **НА** и **А** (такие агрегаты называют артезианскими).

Например, **АТН-8**, **АТН-10** и **АТН-14** соответственно для скважин 200, 250 и 300 мм.

## **НАСОСЫ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ**

для пресной воды и других не корродирующих металлы жидкостей

N	Конструктивные особенности или назначение	Марка	ГОСТ
1	Центробежные консольные	К	
2	Консольные моноблочные	КМ	
3	Центробежные двухстороннего входа	Д	ГОСТ 10272-87
4	Центробежные вертикальные нерегулируемые	В	ГОСТ 19740-74 (с/изм)
5	Центробежные вертикальные регулируемые	ВР	
6	Центробежные диагональные нерегулируемые	ДВ	
7	Центробежные диагональные регулируемые	ДПВ	
8	Осевые вертикальные нерегулируемые	ОВ	ГОСТ 9366-80 (с/изм)
9	Осевые вертикальные регулируемые	ОПВ	
10	Осевые горизонтальные регулируемые	ОПГ	
11	Осевые моноблочные	ОПВ; ОМПВ	
12	Вихревые	ВК; ВКС; ВКО	ГОСТ 10392-80Е
13	Центробежно-вихревые	ЦВК; ЦВКС	ГОСТ 10392-80Е
14	Многоступенчатые	ЦНС; МС	ГОСТ 10407-88
	<b>СКВАЖИННЫЕ</b>		
1	Скважинные с погружным	ЭЦВ	ГОСТ 10428-

	электродвигателем		79Е (с/изм)
2	Скважинные с электродвигателем над скважиной	УЦТВ	
	<b>ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ</b>		
1	Питательные	ПЭ; ПТ; ПТН	ГОСТ 22337-77 (с/изм)
2	Конденсаторные	КС; КсД	ГОСТ 6000-79 (с/изм)
3	Сетевые	СЭ	ГОСТ 22465-88
	<b>ДЛЯ СТОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ (ФЕКАЛЬНЫЕ)</b>		
1	Горизонтальные	СД; СМ; СДС	ГОСТ 11379- 80Е (с/изм)
	<b>ДОЗИРОВОЧНЫЕ</b>		
1	Плунжерные	НД; НДР; НД-Э	
2	Поршневые		
3	Сильфонные		

## 6.2. Насосные станции

Водопроводные насосные станции являются наиболее ответственными сооружениями в системах водоснабжения, обеспечивающие подачу необходимого количества воды под требуемым напором.

Насосные станции представляют собой достаточно сложный комплекс механического оборудования и энергетических установок (электродвигателей, силовых трансформаторов, распределительных устройств), трубопроводов, арматуры, контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации.

### 6.2.1. Классификация насосных станций

1. По надежности действия насосные станции (НС) подразделяются на три категории:

**первая категория** - не допускается перерыв в подаче воды, т.к. это может привести к повреждению технологического оборудования или даже к аварии;

**вторая категория** – допускается кратковременный перерыв в подаче воды на время, необходимое для включения резервных агрегатов обслуживающим персоналом;

**третья категория** – допускается перерыв в подаче воды на время ликвидации аварии, но не более 1 суток.

2. По расположению в общей схеме водоснабжения насосные станции подразделяются на:

**станции I подъема** – предназначены для подачи воды из источника водоснабжения на очистные сооружения. Если очистка воды не требуется, то насосные станции I подъема служат для подачи воды в резервуары или водонапорную башню.



В некоторых системах водоснабжения (чаще всего малых) насосная станция I подъема может быть единственной в данной системе, тогда ее просто называют насосной станцией;

**станции II подъема** – предназначены для подачи очищенной воды из резервуаров в водоводы и распределительную сеть. Иногда насосную станцию II подъема блокируют с очистными сооружениями или (при благоприятном рельефе местности) с насосной станцией I подъема;

**станции обратного водоснабжения**, где одна группа насосов подает отработанную на производстве горячую воду на охлаждающие устройства, а другая возвращает охлажденную воду в цеха; или отработавшая горячая вода поступает на охлаждающие устройства самотеком под остаточным напором, а группа насосов возвращает охлажденную воду в цеха;

**повысительные станции** служат для повышения напора в сети либо в отдельных или нескольких зданиях.

3. По виду обслуживания объектов (по назначению) насосные станции подразделяются на станции, подающие воду на технические, хозяйственно-питьевые и противопожарные нужды.

4. По расположению насосного оборудования относительно поверхности земли насосные станции подразделяются на:

- наземные – с полом на уровне или выше поверхности земли;
- заглубленные – с наземным строением и полом ниже поверхности земли;
- подземные – с перекрытием на уровне или ниже поверхности земли.

5. По степени автоматизации управления различают насосные станции с ручным управлением, автоматизированные НС и станции с дистанционным управлением.

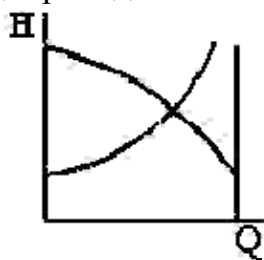
НС противопожарных и объединенных противопожарных водопроводов относятся к первой категории надежности.

Ко второй категории надежности относятся НС противопожарных и объединенных водопроводов при наличии на сети емкостей с необходимым противопожарным запасом воды, обеспечивающих требуемый напор.

НС противопожарных и объединенных противопожарных водопроводов при расходе воды на наружное пожаротушение до 20 л/с, а также насосные станции, подающие воду на полив, подающие воду во вспомогательные цеха промышленных предприятий, относятся к третьей категории надежности.

## 6.2.2. Подбор насосов

Подбор насосов производится по их характеристике **Q-H**. С учетом совместной работы насосов и водопроводной сети.



При этом следует учитывать в соответствующих случаях:

- суточный график водопотребления;
- наличие и объем регулирующей емкости;
- условия пожаротушения;
- целесообразность применения однотипных насосов;
- экономичность подъема воды в связи с КПД насоса;
- допустимое снижение подачи воды на время ликвидации аварии;
- влияние категории насосной станции, числа и мощности рабочих насосов, на потребность в резервных агрегатах, на общую установленную мощность, а также на стоимость оборудования и здания.

Число резервных агрегатов, подающих воду в одну и ту же сеть или в водоводы необходимо принимать согласно следующей таблице:

Число рабочих насосов одной группы	Число резервных насосов на станциях категории		
	I	II	III
1...3	2	1	1
4...6	2	2	1
7...9	3	3	2
10 и более	4	4	3

### 6.2.3. Расположение оборудования и арматуры в помещении НС

Расположение насосов и трубопроводов на насосных станциях должно отвечать следующим основным требованиям:

- надежность действия;
- удобство, простота и безопасность обслуживания;
- минимальная протяженность трубопроводов и простота узлов коммуникации трубопроводов;
- возможность расширения станции.

По условиям ремонта и эксплуатации целесообразно устанавливать по возможности однотипные насосы с одинаковой производительностью.

#### Основные схемы расположения насосов

В практике получили следующие основные схемы расположения насосов:

1. однорядное расположение агрегатов перпендикулярно продольной оси станции. В этом случае достигается компактность размещения оборудования, небольшая ширина здания. Такое расположение применимо при малых и при больших агрегатах;

2. однорядное расположение агрегатов параллельно оси станции. Здесь достигается компактность размещения оборудования при ещё меньшей ширине машинного зала станции (чем при первой схеме);

3. двухрядное расположение агрегатов (рядами). В этом случае увеличивается пролет здания, и усложняются коммуникации трубопроводов. Схема целесообразна при большом числе агрегатов разных параметров;

4. двухрядное расположение агрегатов в шахматном порядке. Здесь достигается компактность расположения трубопроводов, сокращаются размеры машинного зала. Схема применима при большом числе крупных агрегатов.

### **Повышение надежности работы**

Для повышения надежности работы станции насосы следует устанавливать под залив при самом низком уровне воды в водоёме или резервуаре.

Если насос установлен с превышением его оси над самым низким уровнем воды, то это повышение должно быть меньше допустимой высоты всасывания насосов на величину потерь напора во всасывающем трубопроводе.

### **Требования к трубопроводам НС**

Трубы в насосных станциях применяют стальные на сварке в виде крупноблочных соединений. Для присоединения насосов и арматуры на трубопроводы привариваются фланцы.

Всасывающие трубы должны быть возможно меньшей длины и иметь малое количество фасонных частей: колен, отводов, тройников, что обеспечит минимальные потери напора. Всасывающие трубы должны иметь непрерывный подъем к насосу (уклон не менее 0,005), чтобы воздух, выделяющийся из воды, свободно двигался с водой к насосу. Во всасывающих трубах не должно образовываться воздушных мешков. Скорость движения воды во всасывающих трубопроводах диаметр < 250мм следует принимать 1...2 м/с, (при диаметре > 250мм – 1,2...1,6 м/с).

Скорость движения воды в напорных трубопроводах внутри станции следует принимать: 1,5...2 м/с для труб диаметром < 250мм (и 2...2,5 м/с для труб диаметром > 250мм).

### **Прокладка трубопроводов внутри насосных станций**

Трубы внутри НС могут быть уложены:

- в каналах;
- в подвальных помещениях под полом машзала;
- на полу насосной станции;
- вверх над агрегатами (в исключительных случаях).

Всасывающие и напорные трубопроводы в помещениях насосных станций, как правило, укладывают над поверхностью пола.

Количество всасывающих линий независимо от количества агрегатов должно быть не менее двух. Всасывающие линии насосов, установленных под заливом, следует оборудовать задвижками. Это обеспечит возможность демонтажа насосов при любых условиях их работы.

Особое внимание уделяется расположению всасывающих трубопроводов в сооружениях, из которых забирается вода (резервуарах чистой воды; всасывающих камерах водоприёмных колодцев и др.), поскольку в их отверстия не должен засасываться воздух и осадки со дна сооружений.

Напорные линии каждого насоса оборудуют задвижками и обратными клапанами, располагаемыми между насосами и задвижками.

Для измерения и учета расхода воды на напорных трубопроводах в машинном отделении или в камере, примыкающей к нему, устанавливают водомеры.

#### **6.2.4. Вспомогательное оборудование насосных станций**

Машинные отделения кроме того должны иметь следующее вспомогательное оборудование:

- вакуум-насосы для заливки основных насосов, если они установлены не под заливом;
- дренажные насосы для удаления из заглубленных насосных станций грунтовой воды, просачивающейся через стены;
- подъемно-транспортные механизмы для монтажа и демонтажа оборудования.

Для приведения в действие насосов применяют синхронные и асинхронные двигатели.

Насосные станции I и II категории надежности должны быть обеспечены бесперебойным питанием электроэнергией.

#### **6.2.5. Особенности устройства насосных станций различного назначения**

В зависимости от назначения станции, выбор и размещение основного и резервного оборудования имеет свои особенности, поэтому различны строительные конструкции зданий станций, а также их компоновка.

##### **Насосные станции 1 подъема (НС1)**

Насосные станции 1 подъема обычно устраивают заглубленными.

Подземную часть здания НС1 выполняют из железобетона и тщательно изолируют от грунтовых вод. В плане здания могут иметь круглое или прямоугольное сечение.

При небольшом числе насосов (3...5) строят круглые в плане здания НС1, а при большом числе – прямоугольные.

Как правило, в НС1 устраивают отдельные всасывающие линии для каждого насоса. Коллекторы переключения напорных трубопроводов монтируют в отдельных камерах, примыкающих к насосной станции или расположенных в непосредственной близости от нее. В этих же камерах располагаются задвижки и обратные клапаны.

##### **Насосные станции 2 подъема (НС2)**

НС2 подъема устраивают или незаглубленными (пол машинного зала находится на уровне земли), или полузаглубленными (пол машинного зала на 2...3м ниже поверхности земли). Величину заглубления пола станции

определяют из условия, чтобы высота всасывания не превышала величины, допустимой для принятого типа насосов.

Незаглубленные НС2 проще и экономичнее заглубленных, но в них не всегда обеспечивается допустимая высота всасывания насосов.

Насосные станции 2 подъема (НС2) забирают воду из резервуаров чистой воды (или из артезианских водозаборов) и подают ее в сеть. Поэтому, в некоторых случаях НС2 встраивают в здание станции очистки воды.

### **Станции оборотной воды (СОВ) (Циркуляционные насосные станции – ЦНС)**

В циркуляционных насосных станциях, как правило, устанавливают две группы насосов:

- 1) для подачи отработанной (нагретой) воды на охлаждающие сооружения;
- 2) для подачи охлажденной воды потребителям.

ЦНС располагают вблизи от сооружений для охлаждения воды, откуда вода по самотечным линиям подается в приемные камеры станции.

В целях обеспечения надежности работы насосов их устанавливают под заливом, поэтому ЦНС устраивают заглубленными или полуглубленными.

#### **6.2.6. Производительность насосных станций**

##### **Подача насосами 1 подъема**

Есть два случая работы насосов:

- 1) подача воды на очистные сооружения;
- 2) подача воды непосредственно в сеть.

1). Когда НС1 подает воду на очистные сооружения, ее работу рассчитывают на подачу среднего часового расхода в сутки с максимальным водопотреблением (с учетом расхода воды на собственные нужды очистных сооружений).

Средняя часовая подача станции

$$Q_{\text{ср}} = \frac{\alpha \cdot Q_{\text{ср}}^{\text{м}}}{T}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

где  $Q_{\text{ср}}^{\text{м}}$  – максимальный расход воды за целые сутки,  $\text{м}^3$ ;

$\alpha$  – коэффициент, учитывающий расход воды на собственные нужды очистных сооружений ( $\alpha = 1,04 \dots 1,1$ );

$T$  – число часов работы сооружений для очистки воды (как правило,  $T=24\text{ч}$ ).

Если в СПВ нет сооружений для обработки воды, например, при использовании источников подземных вод, а насосы подают воду в резервуар, то общую подачу насосов 1 подъема определяют так

$$Q_{\text{ср}} = \frac{\alpha \cdot Q_{\text{ср}}^{\text{м}}}{24}$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий расход воды на собственные нужды очистных сооружений ( $\alpha = 1,01 \dots 1,03$ ).

2). Подачу насосов 1 подъема, перекачивающих воду непосредственно в сеть, устанавливают равной наибольшему часовому расходу в сутки с максимальным водопотреблением  $Q_{\text{г}}^{\text{м}}$ .

При обслуживании насосами оборотных систем водоснабжения подачу насосов 1 подъема принимают равной среднему часовому расходу свежей (добавочной) воды в сутки с максимальным водопотреблением.

### Подача насосов 2 подъема

Насосы 2 подъема подают воду из резервуаров в сеть потребителя, поэтому режим их работы, а, следовательно, их количество и производительность зависят от графика водопотребления.

Графики водопотребления строятся по данным промпредприятий.

Насосные станции 2 подъема могут работать в режиме равномерной или ступенчатой подачи. При ступенчатой подаче в различные часы суток работает разное число насосов в зависимости от водопотребления.

При равномерном водопотреблении насосы выбирают с расчетом на равномерную подачу воды, т.е. в этом случае подача (производительность) насоса = **4,17 % от суточного водопотребления**. Так как требуемый расход воды обеспечивается насосами, то отпадает необходимость в устройстве водонапорной башни.

В случае неравномерного водопотребления график может иметь следующий вид

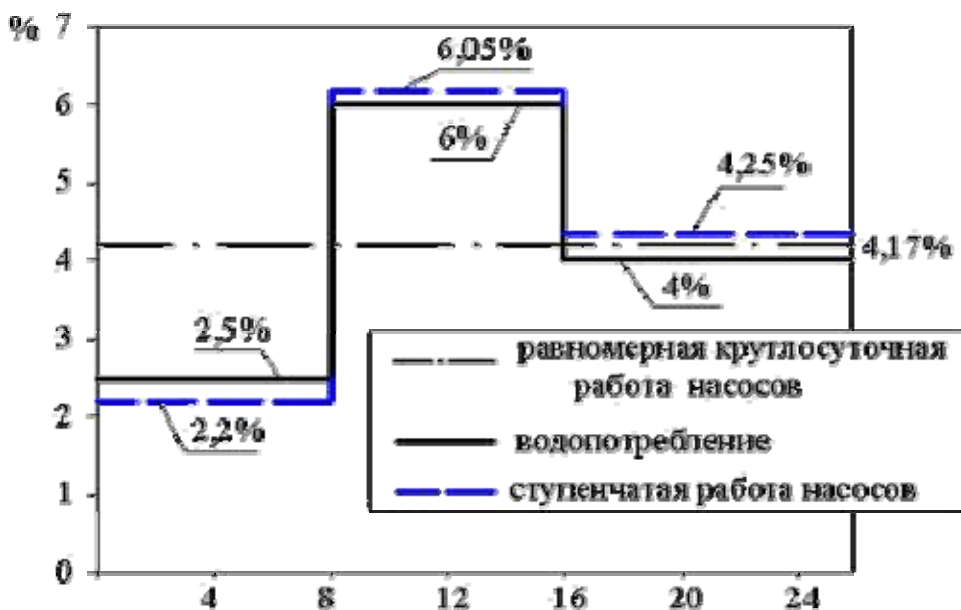


Рисунок 6.1 – График неравномерного водопотребления

В первую смену водопотребление составляет 2,5%, во вторую – 6%, в третью смену – 4% в час.

При организации ступенчатой работы насосов в первую смену может быть выбран насос подачей 2,2% в час. Во вторую смену будет работать этот же насос, и к нему подключается насос подачей 4,25%. Суммарная подача двумя насосами с учетом их параллельной работы  $\approx 6,05\%$ . В третью смену отключается насос подачей 2,2%, а продолжает работать насос подачей (производительностью) 4,25%.

## **. ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ ВОДЫ**

Качество воды природных источников, так же как и требования, предъявленные к качеству различными потребителями весьма разнообразны. Оценка качества воды природного источника с точки зрения требований потребителей позволяет решить вопрос о возможности его использования для определенного потребителя, а также установить необходимость и характер обработки воды на очистных сооружениях.

По своему качеству вода, идущая на хозяйственно-питьевые нужды, должна отвечать требованиям ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая».

Возможность использования источника воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения обуславливается ГОСТ 2761-57\* «Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Правила выбора и оценки качества».

К воде, идущей на технологические нужды промышленных предприятий, предъявляются специальные требования, устанавливаемые ведомственными нормами и техническими условиями.

### **7.1. Основные методы обработки воды**

Сравнивая данные качества воды природных источников (полученные по результатам анализа) с требованиями потребителей определяют мероприятия для ее обработки.

В практике водоснабжения применяются следующие основные технологические операции для улучшения качества воды:

- осветление – удаление взвешенных веществ;
- обесцвечивание – устранение веществ, придающих воде цвет;
- обеззараживание – уничтожение содержащихся в воде бактерий;
- опреснение – частичное удаление растворенных солей до норм;
- умягчение – удаление солей кальция и магния, обуславливающих жесткость воды;
- обезжелезивание – освобождение воды от растворимых соединений железа;
- обесфторивание – удаление соединений фтора;
- фторирование – добавление в воду фтора;
- дегазация – удаление из воды растворимых газов ( $H_2S$ ,  $CO_2$ ,  $O_2$ );
- дезактивация – удаление из воды радиоактивных веществ.

Перед использованием воды в технологических системах потребителей ее необходимо обработать. Основные процессы обработки воды для технического водоснабжения проходят в очистных сооружениях, в задачу которых входит:

1. удаление из воды содержащихся в ней взвешенных (нерастворимых) веществ (осветление воды);
2. устранение веществ, обуславливающих цветность воды (обесцвечивание воды);
3. уничтожение содержащихся в воде бактерий (обеззараживание воды);
4. удаление из воды катионов кальция и магния (умягчение воды).

#### **7.1.1. Осветление воды**

Удаление взвешенных механических примесей природных и сточных вод чаще всего осуществляется:

1. путем отстаивания воды в отстойниках;
2. пропуском воды через слой ранее выпавшего осадка в осветлителях;
3. пропуском воды через слой зернистого материала в фильтрах, или же путем комбинированного использования данных устройств.

### Отстаивание воды

Отстаивание воды осуществляется в горизонтальных, вертикальных и радиальных отстойниках.

#### Горизонтальные отстойники

Горизонтальный отстойник представляет собой бассейн прямоугольной формы длиной  $L$ , шириной  $B$ , глубиной  $H$ .

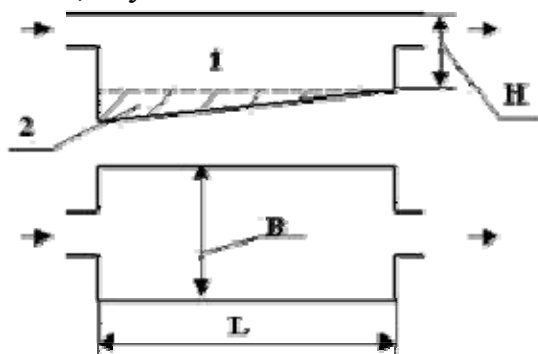


Рисунок 7.1 - Горизонтальный отстойник

Вода, подлежащая осветлению, подходит с одного торца бассейна, проходит вдоль зоны осаждения 1 отстойника и отводится у противоположного торца. Ниже глубины  $H$  в отстойнике расположена зона накопления 2, в которой собирается и уплотняется выпавший осадок, причем ее дно имеет уклон, обратный ходу воды, не менее 0,02.

Размеры отстойника следует определять в соответствии с рекомендациями СНиП. Если ширина отстойника значительна, то он разделяется продольными перегородками шириной не более 6м. Объем зоны накопления отстойника должен быть рассчитан на прием осадка, выпадающего между его шестками,  $\text{м}^3$ :

$$V_{\text{н}} = \frac{Q_{\text{сут}}(N_{\text{ср}} - N_{\text{н}}) \cdot T}{1000 \cdot \delta},$$

где  $Q_{\text{сут}}$  – суточная производительность отстойника,  $\text{м}^3/\text{сутки}$ ;

$N_{\text{ср}}$  – средняя в период между выпусками осадков расчетная мутность поступающей воды,  $\text{мг/л}$ ;

$N_{\text{н}}$  – заданная мутность отстоянной воды,  $\text{мг/л}$ ;

$T$  – продолжительность периода между выпусками осадков,  $\text{сут}$ ;

$\delta$  – расчетная концентрация уплотненного осадка в зоне накопления,  $\text{г/л}$ .

При изменении  $N_{\text{ср}}$  от 100 до 2500  $\text{мг/л}$  значение  $\delta$  изменяется от 8 до 40  $\text{г/л}$ . При значительном содержании взвешенных частиц в осветляемой воде удаление осадка из отстойника должно быть механизировано. С этой целью



устанавливаются скребковые транспортеры с насосом или системы дырчатых труб.

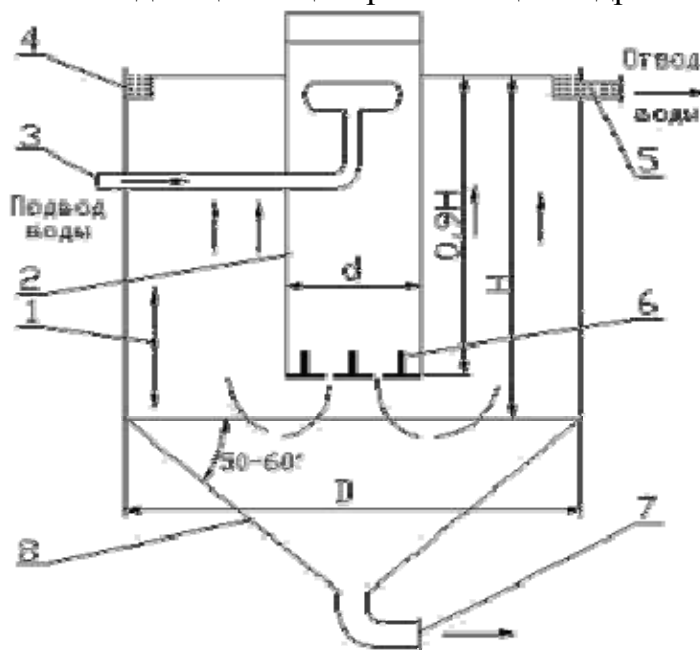
Горизонтальные отстойники экономически оправдываются при необходимости осветлять **более  $10 \text{ м}^3/\text{с воды}$** . Как правило, сооружают не менее двух параллельно работающих горизонтальных отстойников.

В воду перед подачей в отстойник обычно добавляют коагулянт, способствующий укрупнению взвеси. Образующиеся при коагуляции крупные частицы осаждаются во много раз быстрее. В качестве коагулянта чаще всего применяют: сернокислый алюминий, железный купорос, хлорное железо ( $\text{Al}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{FeSO}_4$ ;  $\text{FeCl}$ ). Глубина зоны осаждения  $H=2,5 \dots 3,5 \text{ м}$ .

### Вертикальные отстойники

В вертикальных отстойниках осветляемая вода движется вертикально – снизу вверх. Вертикальные отстойники применяют при обработке **не более  $1,0 \text{ м}^3/\text{с воды}$** .

Вертикальный отстойник представляет собой цилиндрический корпус (рисунок 7.2) с коническим днищем и центральной цилиндрической трубой.



- 1 – корпус;
- 2 – центральная труба;
- 3 – подающая труба;
- 4 – сборный желоб;
- 5 – отводная труба;
- 6 – гаситель;
- 7 – труба отвода осадка.
- $v$  – скорость движения воды;
- $u$  – скорость выпадения частиц  
(в неподвижной воде)

Рисунок 7.2 - Вертикальный отстойник

Отстаивание воды осуществляется следующим образом. Вода по трубе 3 подается в верхнюю часть центральной трубы 2 и, опускаясь по ней вниз, проходит через гаситель 6 в нижнюю часть корпуса отстойника. Далее вода

движется со скоростью  $w \approx 0,5 \dots 0,6$  мм/с вверх по кольцевому сечению между корпусом и центральной трубой и отводится через сборный желоб 4 и отводную трубу 5. Взвешенные частицы во время восходящего движения воды стремятся опуститься со скоростью выпадения частиц  $u$  вниз.

Все частицы, у которых  $u \geq w$  будут задерживаться в отстойнике и постепенно оседать в его нижней части, угол конусности которой  $\alpha = 50 \dots 60^\circ$  обеспечивает сползание осадка к трубе отвода его по 7. По трубе 7 осадок периодически удаляется из отстойника без выключения его из работы.

Высота цилиндрической части отстойника  $H=4 \dots 5$  м. Диаметр отстойника можно определить по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{\beta \cdot 4 \cdot Q}{\pi \cdot w} + d^2},$$

где  $Q$  – расчетное количество воды, проходящей через отстойник, м<sup>3</sup>/с;

$\beta$  – коэффициент объемного использования отстойника, учитывающий наличие зон с локальными значениями скорости движения воды больше  $w$ ;

$d$  – диаметр центральной трубы определяется по соотношению:

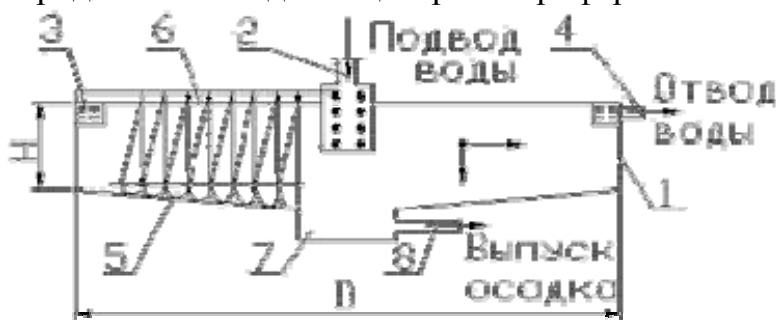
$$d = \frac{4 \cdot Q \cdot \tau}{0,9 \cdot H \cdot \pi}, \text{ м}$$

$\tau = 900 \dots 1200$  – время пребывания взвешенной частицы в центральной трубе, с.

Рекомендуется в вертикальных отстойниках иметь отношение  $D/H \leq 1,5$ . Вертикальные отстойники, как правило, используют коагулированную воду.

### Радиальные отстойники

Радиальные отстойники (рисунок 7.3) имеют радиальное направление воды и представляют собой круглый железобетонный резервуар большого диаметра и небольшой глубины -  $D/H > 3,5$ . При увеличении отношения  $D/H$  возрастают горизонтальные составляющие скорости движения воды, причем значение скорости по мере продвижения воды от центра к периферии снижается.



- 1 – железобетонный резервуар;
- 2 – центральный распределительный цилиндр;
- 3 – круговой водосливной желоб;
- 4 – отводная труба;
- 5 – скребки;
- 6 – вращающаяся ферма;
- 7 – приямок;
- 8 – грязевая труба.

Рисунок 7.3 - Радиальный отстойник

Отстаивание воды осуществляется так: вода подается в центральную часть отстойника внутрь цилиндра **2** с глухим дном и дырчатыми стенками, погруженного в отстойник на глубину **Н**. Через отверстия в стенках цилиндра поток воды равномерно распределяется по отстойнику и движется к его периферии, где поступает в круговой водосливной желоб **3**. Затем вода отводится из желоба по трубам **4**. Осадок выпадает на дно отстойника и специальными скребками **5**, закрепленными на медленно вращающейся вокруг центра отстойника ферме **6**, сгребается в приямок **7**, откуда удаляется по грязевой трубе **8**.

Радиальные отстойники устраивают диаметром **5...60м**. Глубина отстойника по его периферии **h=1,5...2,5м**. Дно отстойника выполняется с уклоном по направлению к центру. Глубина отстойника в центре:

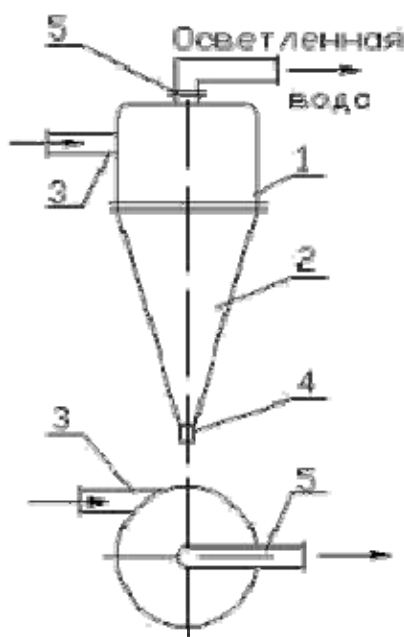
$$H_{\text{ц}} = h + iR,$$

где **R** – радиус радиального отстойника;

**i** – уклон днища отстойника, принимается равным **0,04**.

### Безнапорный Гидроциклон

Гидроциклон представляет собой цилиндрический корпус с вытянутым коническим днищем (рисунок 7.4).



**1** – корпус;

**2** – коническое днище;

**3**–тангенциально расположенный подающий патрубок;

**4** – выпускной патрубок;

**5** – отводящий патрубок.

Рисунок 7.4 – Гидроциклон

Принцип работы гидроциклона следующий: вода подается в корпус **1** через тангенциально расположенный патрубок **3**. При вращении воды частицы взвеси отгоняются к цилиндрической стенке корпуса **1** и сползают по ней в конусное днище, из которого удаляются через выпуск **4**. Осветленная вода отводится из центра корпуса **1** через патрубок **5**.

Производительность гидроциклона может быть определена по формуле:

$$Q=3600 \cdot \alpha \cdot \mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta H}$$

где  $Q$  – количество осветляемой воды, м<sup>3</sup>/ч;

$\alpha$  – коэффициент, учитывающий потери воды в осадке и равный 0,85...0,90;

$\mu$  – коэффициент расхода гидроциклона;

$\omega$  – площадь сечения подающего патрубка;

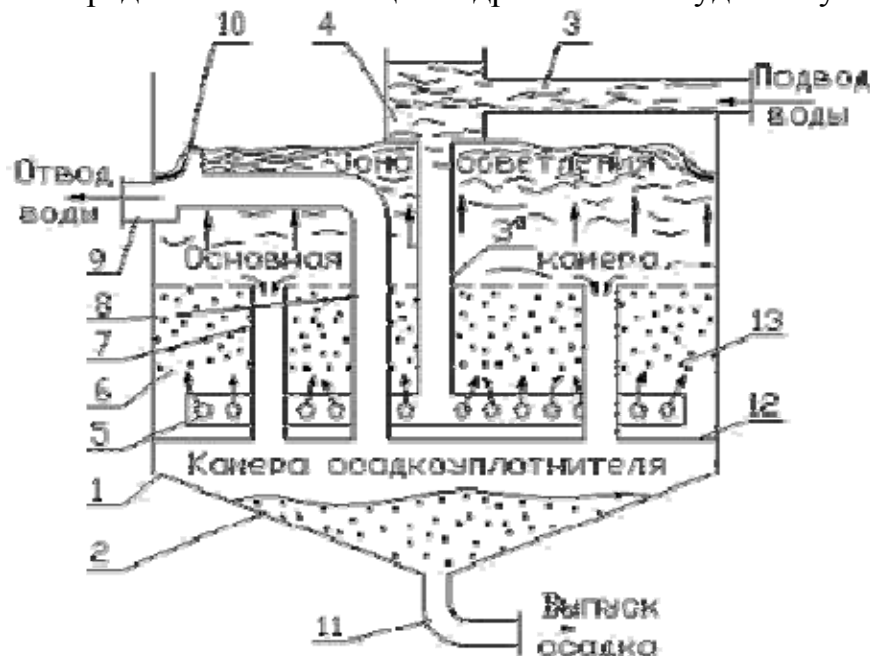
$\Delta H$  – потери напора в гидроциклоне.

Эффективность работы гидроциклона возрастает с увеличением скорости вращения воды (и, следовательно, расхода воды). Причем эта скорость (при заданной производительности) будет тем больше, чем меньше диаметр гидроциклона. При этом одновременно будут возрастать  $\Delta H$  и расход энергии на подачу воды.

Для удаления тонкодисперсной взвеси оказывается рациональным применение гидроциклонов весьма малых диаметров (порядка 10...20мм). Для возможности осветления заданных количеств воды при этом приходится использовать значительное число параллельно включенных гидроциклонов.

### Осветление воды в осветлителях

При повышенных требованиях технологии к качеству воды и наличию в исходной воде большого количества мелкодисперсной взвеси осветление в отстойниках может оказаться недостаточным и потребуются дополнительная стадия очистки. Рассмотрим одну из возможных конструкций осветлителя – осветлитель с поддонным осадкоуплотнителем и дырчатым днищем (рисунок 7.5). Осветлитель представляет собой цилиндрический сосуд с конусным дном.



1 – корпус;

2 – коническое дно;

3 – подводящий патрубок;

3<sup>a</sup> – вертикальная труба;

4 – лоток;

5 – дырчатые трубы;

6 – взвешенные слои осадка;

- 7 – осадкоотводящие трубы;
- 8 – труба;
- 9 – отводящий патрубок;
- 10 – лоток;
- 11 – патрубок отвода;
- 12 – сплошное днище;
- 13 – дырчатое днище.

Рисунок 7.5 - Осветлитель с дырчатым днищем

Вода с коагулянтном через подводящий патрубок 3 подводится в лоток 4, служащий воздухоотделителем, а из него по вертикальной трубе 3<sup>а</sup> подается в дырчатые трубы 5. Через отверстия в этих трубах вода поступает в пространство, ограниченное снизу сплошным днищем 12, а сверху – дырчатым днищем 13. Днище 12 разделяет осветлитель на камеру осадкоуплотнения и основную камеру.

Через отверстия в дырчатом днище вода проходит в основную камеру, в которой происходит выпадение взвешенных частиц. Частицы, выпадающие из воды, оседают на поверхности дырчатого днища, образуя слой взвешенного осадка 6.

Последующие порции воды фильтруются через этот слой, очищаясь в нем как от крупных, так и от мелких взвешенных частиц.

Затем вода поднимается вверх и переливается в лоток 10, из которого отводится через отводящий патрубок 9.

Для того, чтобы осветлитель полностью не заполнялся осадком в днище 12 заделывается система осадкоотводящих труб 7, высота которых определяет высоту фильтрующего слоя осадка 6.

Камера осадкоуплотнения через трубу 8 соединяется с лотком 10. Так как уровень воды в основной камере выше, чем в лотке 10, то под действием этой разности-уровней возникает циркуляция воды из основной камеры через трубы 7 в камеру осадкоуплотнения, а из нее через трубу 8 в лоток 10. При этом вода, сливающаяся в трубы 7, захватывает весь слой осадка выше их уровня. Осадок, попадая в камеру осадкоуплотнения, осаждается в поддонном осадкоуплотнителе. По мере накопления осадок отводится через патрубок 11.

Процессы, происходящие во взвешенном слое осадков, очень сложны. Поэтому трудно определить численные соотношения между требуемым эффектом осветления и основными параметрами взвешенного слоя, и расчет осветлителей основан на использовании результатов технологического моделирования. СНиП рекомендует принимать расчетные скорости восходящего движения коагулированной воды над слоем взвеси  $W_0$  и долю воды, уходящую в осадкоуплотняющую камеру  $k_0$  по данным следующей таблицы.

Содержание взвеси в исходной воде, мг/л	Скорость восходящего движения $W_0$ , мм/с		Доля воды, уходящей в осадкоуплотнитель, $k_0$
	В зимний период	В летний период	
<20	0,4–0,5	0,6–0,7	0,35–0,40
20–100	0,5–0,6	0,7–0,8	0,20–0,25
100–400	0,6–0,8	0,8–1,0	0,25–0,30
400–1000	0,8–1,0	1,0–1,1	0,30–0,35
1000–2500	1,0–1,2	1,1–1,2	0,35–0,40

Суммарная площадь осадкоотводящих труб,  $\text{м}^2$ , определяется по формуле

$$F = \frac{k_v \cdot Q}{1000 \cdot \omega_{от}},$$

где  $\omega_{от}$  – скорость движения осадка с водой в осадкоотводящих трубах,  $\text{мм/с}$  (обычно  $\omega_{от} = 40 \dots 60 \text{ мм/с}$ );

$Q$  – количество воды, проходящее через осветлитель,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Диаметр осветлителя определяется по следующему соотношению

$$D = \sqrt{\frac{4(1-k_0) \cdot Q}{\pi \cdot \omega_0 \cdot 1000} + \frac{k_0 \cdot Q}{\omega_{от} \cdot 1000}}$$

Высота слоя взвешенного осадка принимается равной  $2 \dots 2,5 \text{ м}$ , а зоны осветления над слоем взвеси от  $1,5$  до  $2,0 \text{ м}$ .

### 7.1.2. Фильтрация воды

Важной стадией осветления воды является ее фильтрация. При фильтровании вода проходит через пористую среду, образованную слоем фильтрующего материала. Существует большое разнообразие фильтров, различающихся:

- 1) **видом фильтрующегося материала;**
- 2) **скоростью фильтрования;**
- 3) **механизмом задержания взвешенных частиц;**
- 4) **конструктивным оформлением.**

1) Фильтры по виду фильтрующей среды делятся на:

- зернистые- песок, антрацит, керамзит;
- сетчатые – сетки с ячейками различных размеров;
- каркасные или намывные – диатомитовые;
- с плавающей загрузкой – гранулы вспененного пенополистирола.

2) По скорости фильтрования различают:

- медленные фильтры  $\omega_f$  ( $0,3 \text{ м/ч}$  (открытые));
- скорые  $\omega_f = 2 \dots 15 \text{ м/ч}$  (открытые и напорные);
- сверхскорые  $\omega_f$  ( $25 \text{ м/ч}$  (напорные)).

3) По характеру механизма задержания взвеси различают:

1. Фильтрация через фильтрующую пленку, образованную частицами взвеси, оседающими на поверхности загрузки. Этот механизм характерен для медленных фильтров, в которых вначале задерживаются только частицы, имеющие размеры больше размеров пор фильтрующего материала. По мере задержания частиц размеры пор в слое осадка уменьшаются, и он задерживает все более мелкую взвесь.

В этих фильтрах в процессе работы качество осветленной воды (фильтрата) постоянно улучшается, но одновременно растет гидравлическое сопротивление фильтрующей пленки и необходимая высота столба воды над фильтрующим слоем. Для восстановления начального гидравлического сопротивления через 1-2 месяца работы фильтрующая пленка вместе с верхним слоем фильтрующего материала толщиной 1-2 см снимается.

Для медленных фильтров не требуется коагуляция воды, но из-за небольшой скорости фильтрования фильтры имеют большие размеры и в настоящее время на промышленных предприятиях используются мало.

2. Фильтрование без образования фильтрующей пленки. В этом случае задержание частиц, загрязняющих воду, происходит в толще слоя фильтрующего материала. Там они прилипают к зернам материала и удерживаются на них.

Этот механизм характерен для скорых и сверхскорых фильтров.

В процессе работы фильтров оседающие или прилипающие частицы сокращают размеры пор фильтрующего материала. Следовательно, увеличивается скорость движения воды через поры, что приводит к увеличению потерь напора в фильтрующем слое. Потери напора могут возрастать до тех пор, пока через определенный промежуток времени  $\tau_{\text{н}}$  они не превысят величину максимального (обычно 3 м) располагаемого напора перед фильтром, после чего фильтр должен очищаться.

Кроме того, из-за увеличения скорости движение воды в порах начинается частичный вынос ранее осевших частиц взвеси, и качество фильтрата осветленной воды ухудшается. Через определенный промежуток времени работы фильтров (з качество осветленной воды становится ниже требуемых по нормам, и фильтр также должен очищаться.

Как значения  $\tau_{\text{н}}$ , так и значения  $\tau_{\text{з}}$  зависит от качества воды, характеристик взвеси, фильтрующего материала, толщины фильтрующего слоя и скорости фильтрования.

Значение  $\tau_{\text{н}}$  уменьшается при увеличении скорости фильтрования, увеличении высоты фильтрующего слоя, уменьшении частиц фильтрующего материала.

Значение  $\tau_{\text{з}}$  уменьшается при увеличении скорости фильтрования, уменьшении высоты фильтрующего слоя, увеличении частиц фильтрующего материала.

Размер частиц фильтрующего материала и толщину фильтрующего слоя подбирают таким образом, чтобы  $\tau_{\text{з}}/\tau_{\text{н}} = 1,3...1,5$ .

### **Принципы работы скорых фильтров**

Фильтры, работающие по принципу скорого фильтрования, или «скорые фильтры», широко применяются в практике очистки воды. Скорость фильтрования для этих фильтров принимается **от 6 до 12 м/ч** в зависимости от типа фильтров и крупности загрузки.

Скорые фильтры используют для осветления мутных и цветных вод после коагулирования и отстаивания, при умягчении, обезжелезивании и в некоторых других случаях.

Вода в процессе фильтрования может проходить через скорые фильтры:

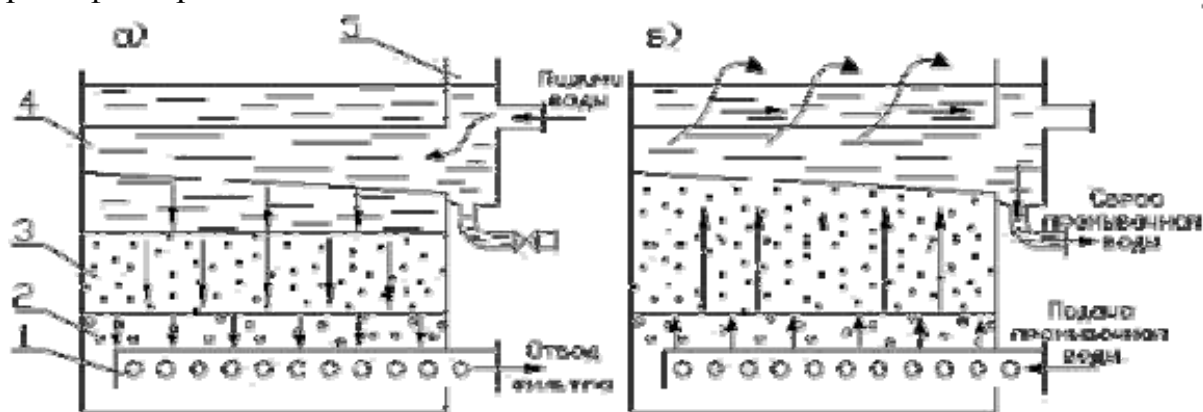
1) самотеком – благодаря превышению уровня воды в фильтре над уровнем воды в резервуаре чистой воды (в который вода отводится);

2) под напором (обычно создаваемым насосами) – фильтры в этом случае устраиваются в виде закрытых напорных резервуаров.

В соответствии с этими принципами работы различают фильтры самотечные и напорные.

### Осветление воды в самотечном фильтре

Обычные самотечные фильтры устраивают чаще всего в виде прямоугольных в плане железобетонных резервуаров (или металлических). На рисунке 7.6 (а и б) показаны схематически устройство и принцип работы скорого фильтра.



- 1 – дренажное устройство;
- 2 – слой поддерживающего материала (гравия);
- 3 – слой фильтрующего материала (песка);
- 4 – желоб;
- 5 – карман.

Рисунок 7.6 -Самотечный скорый фильтр

Фильтр работает следующим образом: вода подается в карман 5, из него через желоб 4 поступает в пространство над фильтрующим материалом, создавая столб воды. Под действием сил гравитации вода просачивается через фильтрующий материал 3, очищаясь от взвешенных частиц. Затем проходит слой гравия 4 и отводится при помощи дренажных устройств 5.

Пропускная способность фильтра определяется скоростью фильтрования ( $\omega$ , т.е. скоростью вертикального движения воды через фильтрующий слой, м/ч:

$$\omega_{\phi} = \frac{Q_{\phi}}{F_{\phi}},$$

где  $Q_{\phi}$  – количество воды, проходящей через фильтр, м<sup>3</sup>/ч;

$F_{\phi}$  – площадь фильтра, м<sup>2</sup>.

При промывке фильтр выключается из работы, промывочная вода подается снизу через дренажное устройство и проходит слой гравия и песка в обратном направлении. Затем промывочная вода отводится через желоб 4 и патрубок сброса промывочной воды.

При очистке фильтров очищенная вода подается со скоростью в несколько раз превышающей скорость фильтрации. Обратный поток воды встряхивает песок и интенсивно отмывает его от загрязнений практически за 5...7 минут.

Опыт эксплуатации скорых фильтров показывает, что их необходимо очищать 1-2 раза в сутки, а иногда и чаще.

### Определение размеров фильтров



Площадь одного фильтра определяется по формуле:

$$F_{1,ф} = \frac{F_{полн}}{n}, \text{ м}^2$$

где  $F_{полн}$  – требующаяся полная площадь фильтров,  $\text{м}^2$ ;  
 $n$  – количество параллельно работающих фильтров, шт.

Количество параллельно работающих фильтров определяется по соотношению

$$n = 0,5 \cdot \sqrt{F_{полн}},$$

а требуемая полная площадь фильтров по формуле:

$$F_{полн} = \frac{Q_{сут}}{\omega_{\phi} \cdot 24 - 3,6 \cdot q \cdot \tau_1 \cdot m - \omega_{\phi} \cdot m \cdot (\tau_2 + \tau_4)},$$

где  $Q_{сут}$  – суточная расчетная потребность в воде снабжаемого объекта,  $\text{м}^3/\text{сутки}$ ;

$\omega_{\phi}$  – скорость фильтрования ( $\omega_{\phi} = Q_{\phi}/F_{\phi}$ ),  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$q$  – расчетная интенсивность промывки фильтров,  $\text{л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ ;

$\tau_1$  – длительность одной промывки фильтра, ( $\tau_1 = 0,09 \dots 0,11 \text{ ч}$ );

$\tau_2$  – длительность перерывов в работе фильтра, ( $\tau_2 = 0,33 \text{ ч}$ );

$\tau_4$  – длительность сброса первого фильтра после очередной промывки, ( $\tau_4 = 0,17 \text{ ч}$ );

$m$  – количество промывок одного фильтра в сутки.

Расчетная скорость фильтрования  $\omega_{\phi}$  в зависимости от характера материала фильтрующего слоя и его высоты определяется в соответствии с рекомендациями СНиП.

### Осветление воды в напорных фильтрах

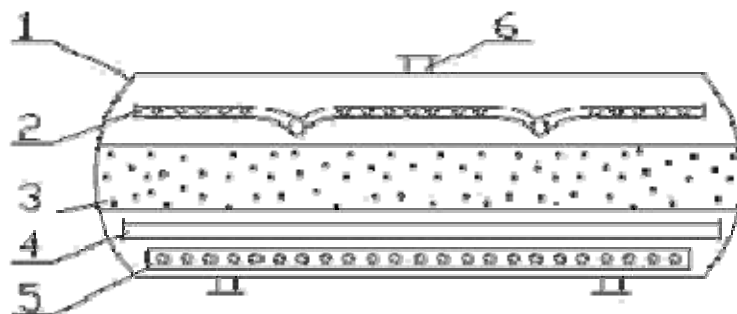
После самотечных очистных сооружений в систему водоснабжения должна включаться насосная **станция 2<sup>го</sup> подъема**. Применение напорных фильтров позволяет проводить через них воду под напором насосов **станции 1<sup>го</sup> подъема**, т.е. исключить из системы станцию 2<sup>го</sup> подъема и сократить капитальные и эксплуатационные затраты.

В системах технического водоснабжения очень часто применяют осветление воды только в фильтрах, что позволяет исключить очистку в отстойниках и осветлителях и даже коагулирование. В этих случаях применяют грубозернистые фильтры с повышенными скоростями фильтрования (**10...15  $\text{м}/\text{ч}$** ).

Загрузка таких фильтров состоит из песка или дробленого антрацита с крупностью зерен от **0,8 до 2,5 мм**. Увеличение крупности зерен регламентирует толщину фильтрующего слоя – **1,5...3,0 м**. Эти фильтры необходимо часто промывать (одновременно с промывкой фильтры продувают воздухом, сокращая тем самым расход промывочной воды).

Осветление воды только в фильтрах позволяет создавать систему производственного водоснабжения без насосной станции 2<sup>го</sup> подъема, т.е. сократить капитальные и эксплуатационные затраты. В этих случаях

используют напорные фильтры. Они выполняются в виде стальных цилиндрических резервуаров, рассчитанных на заданное внутреннее давление, позволяющее подавать воду после фильтров к потребителю (рисунок 7.7). Внутри резервуаров размещаются элементы, аналогичные элементам самотечных фильтров.



- 1 – корпус фильтра;
- 2 – дырчатые трубы для подачи воды;
- 3 – фильтрующий материал;
- 4 – распределительная система для воздуха;
- 5 – нижний дырчатый коллектор для сбора фильтрата;
- 6 – штуцер для выпуска воздуха.

Рисунок 7.7 - Горизонтальный напорный фильтр

Потери напора в этих фильтрах не превышают 0,06...0,1 МПа. После прохождения фильтров остается еще достаточный напор для подачи воды в напорный резервуар, башню, либо непосредственно в сеть, снабжающую потребителей.

Изготавливаются также напорные вертикальные фильтры. Наибольший диаметр изготавливаемых у нас вертикальных фильтров 3,4 м, что соответствует фильтрующей площади "  $9\text{ м}^2$ . Толщина фильтрующего слоя для фильтров всех диаметров принята равной 1 м.

Для станции большой производительности требуется значительное число таких фильтров, в этих случаях целесообразно устанавливать горизонтальные фильтры. Горизонтальные фильтры при том же диаметре могут дать значительно большую площадь фильтрования за счет увеличения длины корпуса.

### 7.1.3. Обеззараживание воды, уничтожение запахов и привкусов

#### Задачи обеззараживания

Отстаиванием и фильтрованием не достигается полная очистка воды от содержащихся в ней микроорганизмов. Поэтому в системах хозяйственно-питьевого назначения и в некоторых системах технологического назначения (пищевая, фармацевтическая и др. промышленности) для окончательного удаления микроорганизмов применяется обеззараживание (дезинфекция) воды.

В некоторых случаях дезинфекция применяется как единственная самостоятельная мера очистки воды (например, при использовании подземных вод, ненадежных с санитарной точки зрения).

Обеззараживание воды может быть осуществлено при помощи различных мероприятий: хлорирование, озонированием, бактерицидным облучением и другими.

В современной практике очистки воды наиболее широкое распространение получила ее дезинфекция путем хлорирования.

### Хлорирование воды

Для хлорирования воды на очистных станциях систем водоснабжения используется жидкий хлор и хлорная известь. Хлорная известь используется для станций малой производительности.

**Хлорирование воды жидким хлором.** При введении хлора в воду образуются хлорноватистая и соляная кислоты:



Далее происходит диссоциация образовавшейся хлорноватистой кислоты:



Получающиеся в результате диссоциации **HOCl** гипохлоритные ионы **OCl<sup>-</sup>** обладают наряду с недиссоциированными молекулами **HOCl** бактерицидным свойством.

Сумма  $\text{Cl}_2 + \text{HOCl} + \text{OCl}^-$  называется свободным активным хлором.

Назначение дозы хлора является исключительно важным: недостаточная доза хлора приводит к тому, что он не оказывает необходимого бактерицидного действия; излишняя доза хлора ухудшает вкусовые качества воды.

Расчетная доза хлора при проектировании обеззараживающей установки должна приниматься исходя из необходимости очистки воды в период ее максимального загрязнения (например, в период паводков).

Показателем достаточности принятой дозы хлора служит наличие в воде **остаточного хлора** (остающегося в воде от введенной дозы после окисления находящихся в воде веществ). Согласно требованиям **ГОСТ 2874-73**, концентрация остаточного хлора в воде перед поступлением ее в сеть должна находиться в пределах **0,3...0,5 мг/л**.

За расчетную дозу следует принимать ту, которая обеспечит указанное количество остаточного хлора.

Для осветленной речной воды доза хлора обычно составляет **1,5...3 мг/л**, а при хлорировании подземных вод доза хлора обычно не превышает **1...1,5 мг/л**.

При введении хлора в воду необходимо организовать хорошее смешение его с водой. До подачи хлорированной воды потребителю должно предшествовать время контакта хлора с водой (не менее 30 минут). Это происходит обычно в резервуаре чистой воды.

Иногда применяют хлорирование перед поступлением воды на отстойнике (предварительное хлорирование), что способствует процессу коагуляции и снижению расхода коагулянта на самих очистных установках, а также поддержанию хорошего санитарного состояния на них.

Хлор поступает на станцию в металлических баллонах в сжиженном состоянии. Из баллонов хлор подается в воду через специальные приборы – хлораторы, в которых осуществляется его дозирование и смешивание с водой. Получаемая «хлорная вода» поступает в обрабатываемую воду.

## **Хлораторы**

Существуют хлораторы различных типов. По времени функционирования различают хлораторы непрерывного действия, рассчитанные на непрерывную подачу определенных количеств газа в единицу времени, и хлораторы порционные, которые подают через некоторый промежуток времени определенную порцию газа.

Существуют хлораторы, автоматически меняющие количество подаваемого хлора при изменении расхода обрабатываемой воды.

Кроме того, различают хлораторы напорные и вакуумные.

Недостатком напорных хлораторов является возможность утечки из них хлора, являющегося ядовитым веществом, что представляет собой опасность для обслуживающего персонала. Эта опасность отсутствует в вакуумных хлораторах, которые и рекомендуются для практического использования в установках по обеззараживанию воды.

## **Проектирование и эксплуатация хлораторных установок**

При проектировании и эксплуатации хлораторных установок необходимо учитывать требования, обеспечивающие безопасность обслуживающего персонала от вредного воздействия хлора.

Помещение хлораторной должно быть расположено на первом этаже фильтровальной или насосной станции, либо примыкать к ним, либо находится в отдельном здании.

В помещении хлораторной, примыкающей к зданию фильтровальной станции, должно быть две двери: одна – ведущая в помещении станции, другая – ведущая наружу. Двери должны герметически закрываться. В помещении хлораторной необходимо предусмотреть систему искусственной вытяжной вентиляции.

При расходовании установкой более трех баллонов жидкого хлора в сутки при хлораторной необходимо устроить склад баллонов, рассчитанный на хранение трехсуточного запаса хлора.

## **Озонирование воды**

Обеззараживание воды с помощью озона получает в настоящее время широкое распространение.

Озонирование осуществляется пропуском через воду озонированного воздуха, т.е. воздуха, в котором кислород частично переведен в трехатомную форму ( $O_3$ ).

Озон обеспечивает надежное обеззараживание воды. Он обладает рядом преимуществ по сравнению с хлором:

- 1) Получается непосредственно на станции очистки воды;
- 2) Не ухудшает вкусовых качеств воды;
- 3) Не приводит к возникновению в ней запахов.

Озон токсичен: предельно-допустимое содержание его в воздухе помещений, где находятся люди **0,00001 мг/л**. следовательно, озоновые установки не должны пропускать озон в помещение.

Доза озона для обеззараживания воды колеблется в пределах **от 0,6 до 3,5 мг/л** в зависимости от свойств обрабатываемой воды.

Озон получается в озонаторах (генераторах озона) в результате тихого электрического разряда в подаваемом воздухе. Генераторы озона различных систем серийно изготавливаются промышленностью.

Для смешения воды с озоном служат смесители, туда озон подается вместе с воздухом через распределительную систему. Контакт воды с мельчайшими пузырьками озона происходит в условиях противотока.

Опыт использования озона показывает возможность использования его для борьбы с вирусом, озонирование успешно используется также для обесцвечивания воды, борьбы с запахами и привкусами. Наконец, озонирование может использоваться для удаления из воды солей железа и марганца.

### **Бактерицидное облучение воды**

Уничтожение бактерий, которые находятся в воде, может быть достигнуто путем обработки воды ультрафиолетовыми лучами.

Процесс обеззараживания воды бактерицидными лучами осуществляется на специальных установках. В этих установках вода тонким слоем обтекает источники бактерицидного излучения – ртутно - кварцевые или аргоно-ртутные лампы.

Обеззараживающие установки могут быть напорного и безнапорного типа, состоящие из нескольких (двух-пяти) последовательно соединенных камер. Производительность установки в зависимости от числа камер равна **30...150 м<sup>3</sup>/ч**. конструкция установки допускает внутреннее давление до **0,5 МПа**.

Метод обеззараживания воды бактерицидными лучами имеет ряд преимуществ по сравнению с хлорированием:

- 1) Простота в эксплуатации установок;
- 2) Нет необходимости в применении реагентов;
- 3) Не ухудшаются вкусовые качества воды.

Стоимость обеззараживания воды бактерицидными лучами не дороже стоимости хлорирования.

К недостаткам метода следует отнести то, что установка эффективно может работать с водой, обладающей наибольшей проницаемостью для лучей – с прозрачной водой. Для воды повышенной мутности и цветности невозможно использовать установки этого типа.

### **Удаление запахов и привкусов в воде**

Наличие запахов и привкусов в природной воде обуславливается выделением пахнущих веществ микроорганизмами и водорослями.

Для удаления запахов и привкусов можно применять хлорирование. Если хлорирование воды проводится для обеззараживания, то уничтожение запахов и привкусов может быть произведено попутно.

Для уничтожения запахов и привкусов, вызываемых микроорганизмами, применяется также метод сорбционного фильтрования. Воду фильтруют через слой активированного угля. Объем загрузки фильтра из активированного угля составляет **0,06...0,12 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup>/ч** фильтруемой воды.

Уничтожению привкусов и запахов природной воды может также способствовать введение в нее перманганата калия (**0,1..2 мг/л**).

Запахи и привкусы в воде могут быть вызваны также наличием в ней некоторых неорганических веществ, например, сероводорода и железа. Уничтожение этих запахов и привкусов производится одновременно с процессами обезжелезивания воды и удаления из нее сероводорода.

### **Обезжелезивание воды**

Наличие в воде большого количества железа придает ей неприятный привкус, делает ее непригодной для хозяйственно-производственного потребления и вызывает отложения в трубах водопроводной сети.

В соответствии с требованиями **ГОСТ 2874-73** содержание железа в воде хозяйственно-питьевых водопроводов не должно превышать **0,3 мг/л**.

Некоторые производства предъявляют к воде еще более жесткие требования.

В подземных водах железо чаще всего встречается в растворенном состоянии в виде двууглекислого соединения **Fe(НСО<sub>3</sub>)<sub>2</sub>**.

В водах поверхностных источников железо может находиться в виде органических соединений (гуминовое железо) или в виде сернокислого соединения **FeSO<sub>4</sub>**.

Метод обезжелезивания зависит от формы содержания железа в воде.

Применяют следующие методы обезжелезивания:

- безреагентный, осуществляемый путем аэрации, отстаивания и фильтрования;
- реагентный (коагулирование, хлорирование, известкование);
- метод катионного обмена, применяемый в том случае, когда кроме обезжелезивания, необходимо умягчать воду с помощью катализаторов.

Правильно выбрать метод можно только пробным обезжелезиванием.

Из подземных вод двухвалентное железо выводит при помощи аэрации. Двууглекислое железо – нестойкое соединение, которое в контакте с воздухом легко распадается.

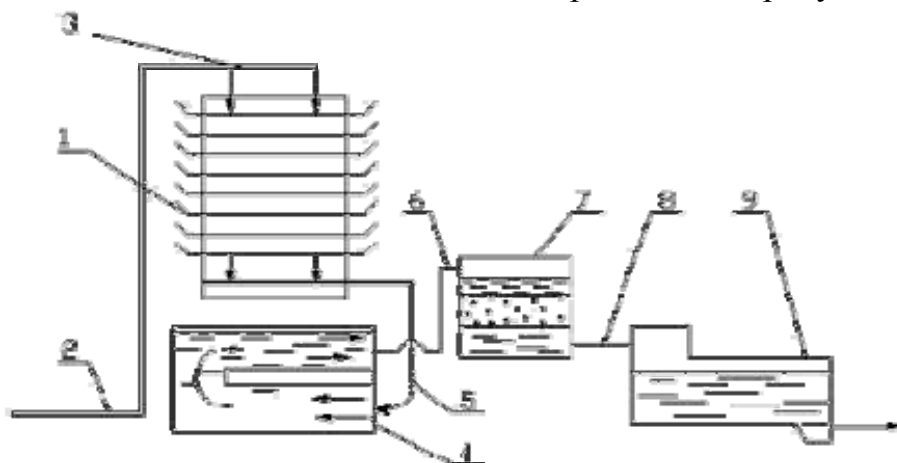
В результате реакции 1 мг гидролизованного железа выделяется 1,57 мг/л свободной углекислоты **СО<sub>2</sub>**, щелочность воды при этом снижается на 0,036 мг·экв/л. Эта реакция интенсивно протекает при аэрации, которая осуществляется путем разбрызгивания воды на контактных или вентиляторных градирнях. Образовавшийся гидрат закиси железа **Fe(ОН)<sub>2</sub>**, соединяясь с кислородом, превращается в коллоидную гидроокись железа **Fe(ОН)<sub>3</sub>**, которая при коагуляции превращается в окись железа **Fe<sub>2</sub>О<sub>3</sub>·3Н<sub>2</sub>О**, выпадающую в осадок в виде хлопьев.

Процесс обезжелезивания аэрацией зависит от **рН** воды, он протекает тем быстрее, чем выше **рН**. Для повышения **рН** воды необходимо удалять из нее углекислоту **СО<sub>2</sub>**.

Метод обезжелезивания воды аэрацией является наиболее дешевым, так как не требует никаких реагентов.

### Установки для обезжелезивания воды

Схема установки для обезжелезивания воды приведена на рисунке 7.8.



- 1 – контактная градирня;
- 2 – подающий трубопровод;
- 3 – распределительная система;
- 4 – контактный резервуар;
- 5 – трубопровод отвода воды из градирни;
- 6 – трубопровод;
- 7 – осветлительные фильтры;
- 8 – трубопровод фильтрованной воды;
- 9 – резервуар чистой воды.

Рисунок 7.8 - Обезжелезивающая установка с контактной градирней

Воду на градирню 1 подают по трубопроводу 2 через распределительную систему 3. В градирне вода обогащается кислородом, и из нее удаляется углекислота. Далее через трубопровод 5 вода сливается в контактный резервуар 4. В резервуаре 4 завершается процесс окисления двухвалентного железа в трехвалентное, его гидролиз и образование хлопьев.

Из контактного резервуара по трубопроводу 6 вода поступает на осветлительные фильтры 7, предназначенные для задержания хлопьев. Вода может поступать самотеком (если позволяет рельеф местности) или подаваться насосами. Фильтры могут быть открытыми или напорными.

Очищенная вода через трубопровод 8 поступает в резервуар чистой воды 9, из которого насосами 2<sup>го</sup> подъема подается потребителям.

При расчете таких обезжелезивающих установок определяют площадь и выбирают загрузку контактной градирни, вычисляют емкость контактного резервуара и определяют площадь, количество и загрузку фильтров.

Обезжелезивающие установки с контактной градирней применяются при небольшой производительности водоочистной станции – до 75 м<sup>3</sup>/ч.

Если производительность водоочистной станции превышает 75 м<sup>3</sup>/ч, то аэрацию воды осуществляют на вентиляторной градирне.

В практике обезжелезивания подъемных вод широко распространен метод фильтрования с упрощенной аэрацией. При использовании этого метода

азрированная вода, обогащенная кислородом, сразу же подается на фильтр, минуя контактный резервуар. При этом реакция окисления двухвалентного железа происходит непосредственно в толще фильтрующего слоя на поверхности зерен загрузки.

### Удаление из воды растворенных газов

Чаще всего в процессе водоподготовки требуется удаление углекислоты, кислорода и сероводорода.

Все три газа относятся к коррозионно-агрессивным газам. Углекислота, кроме того, агрессивна по отношению к бетону.

Свойство этих газов обуславливать и усиливать коррозионные процессы, а также неприятный запах, который сообщает воде сероводород, вызывает необходимость удаления их из воды.

Мероприятия, связанные с удалением из воды растворенных в ней газов, называются дегазацией воды.

Применяются химические и физические методы дегазации воды.

1. Сущность химических методов заключается в использовании определенных реагентов, которые связывают растворенные в воде газы.

Обескислороживание воды достигается введением в нее сульфита натрия ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), сернистого газа ( $\text{SO}_2$ ) или гидрозина ( $\text{Na}_2\text{H}_4$ ).

Последний химический способ обескислороживания воды является самым совершенным, но и наиболее дорогим.

Химическим методам удаления из воды сероводорода является обработка ее хлором:

а) с окислением до серы



б) с окислением до сульфатов



Эти реакции протекают параллельно в определенных соотношениях, зависящих от дозы хлора и **pH** воды.

Химическим методам газоудаления свойственны следующие недостатки:

- применение реагентов удорожающих процесс обработки воды;
- возможность ухудшения качества воды при нарушении дозировки реагентов.

Поэтому чаще применяются физические методы газоудаления.

2. Физические методы газоудаления осуществляются двумя способами:

а) вода, содержащая удаляемый газ, приводится в соприкосновение с воздухом, если парциальное давление удаляемого газа в воздухе близко к нулю;

б) создаются условия, при которых растворимость газа в воде становится близкой к нулю.

При помощи первого способа, т.е. при помощи аэрации воды, обычно удаляется свободная углекислота и сероводород, поскольку парциальное давление этих газов в атмосферном воздухе близко к нулю.

Второй способ применяют обычно при удалении из воды кислорода, т.к. при значительном парциальном давлении кислорода в атмосферном воздухе аэрацией воды кислород из нее удалить нельзя.



Для удаления кислорода из воды ее доводят до кипения, при котором растворимость всех газов в воде падает до нуля. Вода доводится до кипения либо ее нагреванием (термические деаэраторы), либо понижением давления до такого значения, при котором вода кипит при данной температуре (вакуумные дегазаторы).

## Дегазаторы

Удаление из воды растворенных газов в процессе водоподготовки осуществляется на дегазаторах разных типов, которые различаются:

- по их конструктивному исполнению;
- по характеру движения воды и воздуха;
- по обстановке, в которой происходит процесс дегазации.

Дегазаторы можно классифицировать следующим образом:

**1. Пленочные дегазаторы.** Представляют собой колонны, загруженные той или иной насадкой (кольцами Рашига, деревянной или другой), по которой вода стекает тонкой пленкой. Насадка обеспечивает большую поверхность соприкосновения воды и воздуха, нагнетаемого вентилятором навстречу потоку воды.

**2. Барботажные дегазаторы.** В дегазаторах этого типа через слой медленно движущейся воды продувается сжатый воздух.

**3. Вакуумные дегазаторы.** В них при помощи вакуум-насосов или водоструйных эжекторов создается такое давление, при котором вода кипит при данной температуре.

При водообработке в основном применяются пленочные дегазаторы. Для удаления кислорода из воды применяют вакуумные (или термические) дегазаторы. Барботажные дегазаторы применяются редко в виду больших затрат на их эксплуатацию (расход электроэнергии на компрессию воздуха).

## Проектирование дегазаторов

При проектировании дегазаторов должны быть определены следующие величины:

- площадь поперечного сечения дегазатора;
- необходимый расход воздуха;
- площадь поверхности насадки, обеспечивающая заданный эффект дегазации.

Площадь поперечного сечения дегазаторов определяется по допустимой плотности орошения насадки, т.е. по расходу воды, приходящемуся на 1 м<sup>2</sup> площади поперечного сечения дегазатора.

При глубоком удалении из воды углекислоты (до 2...3 мг/л):

- на дегазаторах, загруженных кольцами Рашига (2,5(25(3 мм), допустимая плотность орошения насадки **60 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>•ч)**, удельный расход воздуха **15 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>**;
- на дегазаторах, загруженных деревянной насадкой из досок, допустимая плотность орошения насадки **40 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>•ч)**, а удельный расход воздуха **20 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>**;
- при удалении кислорода из воды в вакуумных дегазаторах допустимая плотность орошения насадки **5 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>•ч)**.

Требуемая площадь поверхности насадок, загружаемых в дегазатор, определяется по следующей формуле (м<sup>2</sup>):

$$F = \frac{G}{k \cdot \Delta C_{\Phi}},$$

где **G** – количество удаленного газа, кг/ч;

**k** – коэффициент десорбции, равный количеству газа, удаляемого в единицу времени через единицу площади поверхности соприкосновения жидкой и газообразной сред при движущей силе процесса десорбции, равной единице, м/ч.

**ΔC<sub>Φ</sub>** – средняя движущая сила процесса десорбции, кг/м<sup>3</sup>.

Величину **G** определяют по соотношению **G = q • C<sub>y</sub>/1000**,

где **q** – расход обрабатываемой воды, м<sup>3</sup>/ч.

**C<sub>γ</sub>** – расчетное количество углекислоты, которое нужно удалить для поднятия **pH** воды до 7,5.

Значение **k** находят по графикам **k = f(t<sub>воды</sub>)**, а

$$\Delta C_{\Phi} = \frac{C_{\max} - C_{\text{опт}}}{2,3 \cdot g \frac{C_{\max}}{C_{\text{опт}}}}$$

**C<sub>max</sub>**, **C<sub>опт</sub>** – максимальная и оптимальная концентрации углекислоты, мг/л.

**C<sub>опт</sub>** – определяется по номограмме.

## 7.2. Состав сооружений станций ХВО

Состав основных сооружений водоочистных станций выбирается в зависимости от качества исходной воды, а также производительности станций.

Примерный состав сооружений станций ХВО для хозяйственно-питьевых и технологических целей представлен в таблицах:

Таблица 7.1 - Примерный состав сооружений станций осветления и обесцвечивания воды для хозяйственно-питьевых целей

Состав основных сооружений	Содержание взвешенных веществ в исходной воде, мг/л	Цветность воды, град	Производительность станции, м <sup>3</sup> /сут
<b>1.Обработка воды с применением коагулянтов</b>			
<b>Прямоточное фильтрование</b>			
Сетки и напорные фильтры	до 50	до 80	до 3000
Сетки и открытые фильтры	до 30	до 50	любая
Сетки и контактные осветлители	до 150	до 150	любая
Сетки, вертикальные отстойники, фильтры	до 2500	любая	до 3000
Сетки, осветлители с взвешенным осадком, фильтры	до 2500	любая	более 3000
Сетки, горизонтальные отстойники, фильтры	до 2500	любая	более 30000
Сетки, две ступени отстойников, фильтры	более 2500	любая	любая
<b>2. Обработка воды без применения коагулянтов</b>			
<b>Медленные фильтры</b>			
С удалением песка при регенерации	до 50	до 50	до 1000
Без удаления песка при регенерации (с механическим рылением и гидросмывом загрязнений)	до 700	до 50	до 30000
Медленные фильтры без удаления песка при регенерации (с механическим рылением и гидросмывом загрязнений)	до 1000	до 50	до 30000

Таблица 7.2 - Примерный состав сооружений станций очистки воды для производственных нужд

Состав основных сооружений	Содержание взвешенных веществ в исходной воде, мг/л	Производительность станции, м <sup>3</sup> /сут	Среднее содержание взвешенных веществ в очищенной воде, мг/л
Крупнозернистые фильтры с водовоздушной промывкой, без коагуляции	до 150	Любая	30...50
То же, с коагуляцией	до 150	любая	5...10
Горизонтальные или радиальные отстойники с коагуляцией	До 2500	любая	Определяется технологическим анализом
Горизонтальные или радиальные отстойники с коагуляцией	до 2500	любая	8...12
Осветлители со слоем взвешенного осадка (с коагуляцией)	50...2500	до 30000	8...12
Предварительные отстойники-устройства для коагуляции - вторичные отстойники	Более 2500	любая	8...12

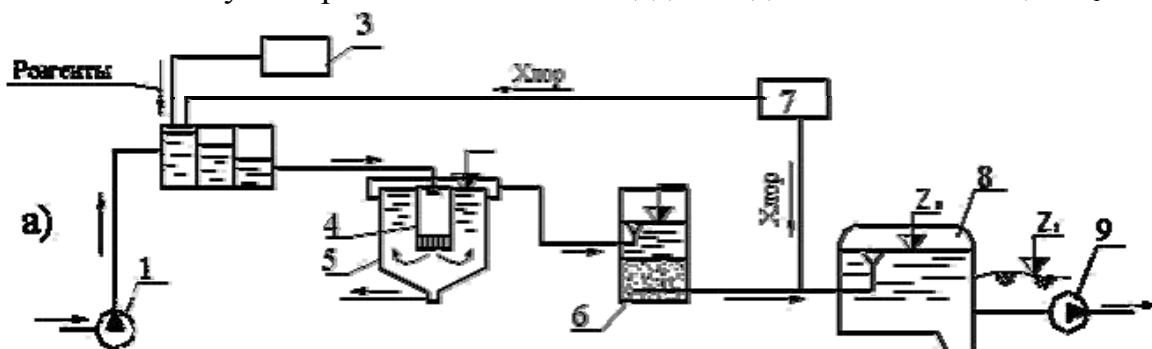
В большинстве случаев станции ХВО располагают вблизи источника водоснабжения, следовательно, недалеко от НС I. По принципу перемещения воды в сооружениях станции различают самотечные и напорные системы.

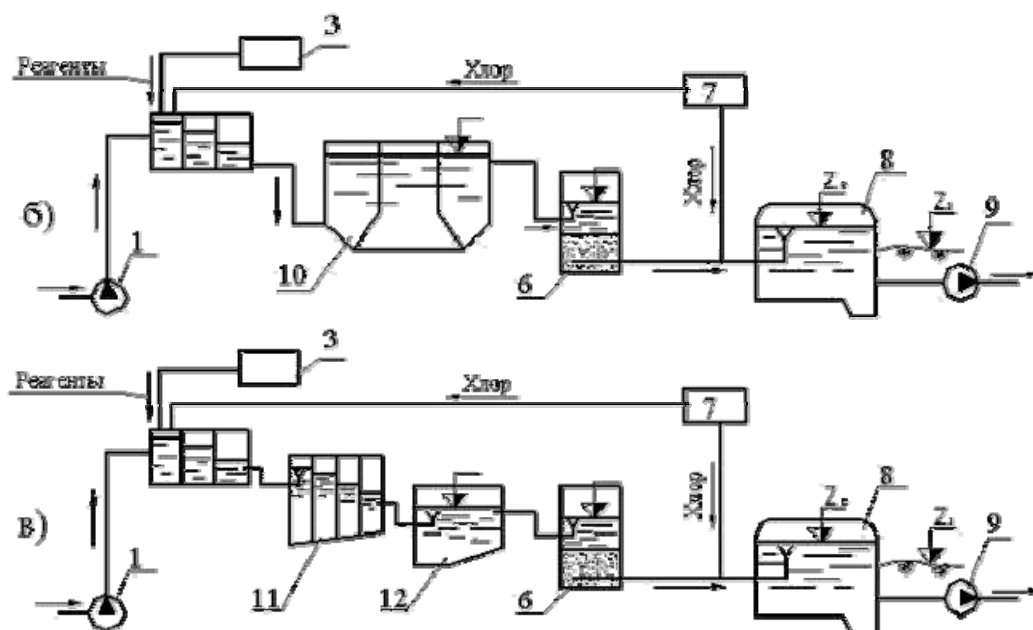
Наибольшее распространение в практике водоочистки имеют схемы очистных сооружений с самотечным движением воды. Вода, поданная насосами I подъема, самотеком проходит все очистные сооружения и поступает в резервуар чистой воды, из которого забирается насосами II подъема.

### 7.3. Высотные схемы станций ХВО

Состав и технологическую схему работы самотечных систем обычно представляют в виде высотной схемы в профиле основных сооружений водоочистной станции (рисунок ).

Высотную схему начинают составлять с наиболее низко расположенного сооружения – резервуара чистой воды. При определении отметок уровней воды в элементах сооружений водоочистной станции за начальную отметку принимают отметку поверхности земли площадки водоочистной станции  $Z_1$ .





а – с вертикальными отстойниками и скорыми фильтрами;

б – с осветлителями и фильтрами;

в – с горизонтальными отстойниками и фильтрами.

1 – насосная станция I подъема;

2 – смесители;

3 – реагентное хозяйство;

4 – водоворотная камера хлопьеобразования;

5 – вертикальный отстойник;

6 – скорые фильтры;

7 – хлораторная;

8 – резервуары чистой воды;

9 - насосная станция II подъема;

10 – осветлители;

11 – камера хлопьеобразования;

12 – горизонтальные отстойники

Рисунок 7.9 – Высотные схемы технологических сооружений водоочистных станций

Отметку наивысшего уровня воды в РЧВ  $z_2$  обычно назначают из экономических и санитарных соображений на 0,5м выше отметки  $z_1$ . Затем, задаваясь потерями напора, определяют отметки уровней в отдельных сооружениях станции и соединительных коммуникациях между ними. Для ориентировочных расчетов эти потери можно принять следующими:

Таблица 7.3 – Потери напора для различных видов оборудования

Сооружения и оборудование	Потери напора, м
Барабанные сетки и микрофильтры	0,5...0,7
Сетки входной камеры контактных осветлителей	0,2
Смесители	0,4...0,9
Камеры хлопьеобразования	0,4...0,5
Отстойники	0,6...0,7
Осветлители с взвешенным осадком	0,7...0,8
Фильтры	3,0...3,5
Медленные фильтры	1,5...2,0
Измерительная аппаратура	0,5
Индикаторы расхода	0,2...0,3

Таблица 7.4 – Потери напора для различных видов коммуникаций

Соединительные коммуникации	Потери напора, м
От смесителей к отстойникам	0,3...0,5
От смесителей к осветлителям с взвешенным осадком	0,5
От смесителя к контактными осветлителям	0,5...0,7
От отстойников или осветлителей с взвешенным осадком к фильтрам	0,5...1,0
От фильтров или контактных осветлителей к РВЧ	1,0

Для уменьшения стоимости строительства станции водоочистки ее отдельные сооружения следует приспособлять к рельефу местности с учетом обеспечения незатопляемости площадки и возможности самотечного отвода сточных вод и осадков из всех сооружений.

Диаметры труб соединительных коммуникаций определяют в зависимости от величины расчетного расхода воды и допускаемых скоростей ее движения (таблица 7.5).

Таблица 7.5 - Значение допускаемых скоростей движения воды в соединительных коммуникациях станций

Соединительные коммуникации	Допускаемые скорости воды, м/с
От насосной станции к смесителю	1...1,2
От смесителя к камере хлопьеобразования или к осветлителю	0,8...1,0
От камеры хлопьеобразования к отстойнику	0,05...0,1
От отстойников к фильтрам	0,8...1,2
От фильтров к РВЧ	1,0...1,5
Трубы, подводящие промывочную воду к фильтрам	1,5...2,0
Канал для отвода промывочной воды после фильтров	(0,8

## 8. ЗАПАСНЫЕ И РЕГУЛИРУЮЩИЕ ЕМКОСТИ

### 8.1 Назначение емкостей и их классификация

Емкости в системах водоснабжения предназначены для хранения запасов воды, регулирования подачи и расхода воды и обеспечения необходимых напоров. В соответствии со сменой водоснабжения и расположением емкостей они могут выполнять одно или несколько назначений.

Емкости (резервуары), используемые в системах водоснабжения, разделяют следующим образом:

1. по назначению – на регулирующие, запасные и комбинированные (регулирующие и запасные);
2. по способу подачи воды в сеть – на напорные (водонапорные башни, напорные резервуары, водонапорные колонны, пневматические водонапорные установки) и безнапорные (подземные резервуары);
3. по материалу – на железобетонные, кирпичные и стальные.

Выбирать место расположения, тип и объем емкостей следует на основании расчетов совместной работы их с насосными станциями, водоводами и сетью, учитывая местные условия и технологические требования.

В емкостях в зависимости от их назначения должны находиться регулирующий, неприкосновенный противопожарный и аварийный запасы воды.

## **8.2 Водонапорные башни**

### **8.2.1 Назначение водонапорных башен. Их устройство**

Водонапорные башни предназначены для хранения регулирующих и противопожарных запасов воды, а также для поддержания и создания в сети необходимых напоров.

Водонапорная башня состоит из строительных и монтажных элементов. К строительным элементам относятся: фундамент башни, ствол, бак (резервуар), шатер. Шатер монтируется так, что он закрывает полностью резервуар. К монтажным элементам относятся: система водопроводов, арматура, вспомогательные монтажные детали.

Водонапорные башни допускается проектировать с шатром или без шатра в зависимости от режима работы башни, величины емкости бака, климатических условий и температуры воды в источнике. Шатер предохраняет бак от воздействия температуры наружного воздуха. Расстояние между станками шатра и бака  $a \geq 0,7 \dots 0,8$  м. Бесшатровые металлические башни могут быть как с теплоизоляцией, так и без нее.

Без теплоизолирующей обшивки стенок бака бесшатровые водонапорные башни эксплуатируют в следующих случаях. Когда вода подается из подземных источников при минимальной температуре воздуха не ниже  $-25^{\circ}\text{C}$  и при обмене воды не менее одного раза в сутки в случае, когда вода подается из открытых источников при минимальной температуре воздуха не ниже  $-15^{\circ}\text{C}$  и обмене воды в баке не менее двух раз в сутки.

При использовании подземных вод и водообмене в баке не менее двух раз в сутки шатер башни не отапливают. При использовании поверхностных вод в условиях возможной температуры воздуха ниже  $-20^{\circ}\text{C}$  их утепляют и используют электроподогрев.

### **8.2.2 Определение объема бака башни**

Полный объем бака башни определяют по формуле

$$V_{\text{б}} = V_{\text{р}} + V_{\text{пр}}$$

где  $V_{\text{р}}$  – регулирующий объем воды в баке,  $\text{м}^3$ ;

$V_{\text{пр}}$  – неприкосновенный противопожарный запас воды в баке,  $\text{м}^3$ .

### **8.2.3 Определение регулирующего объема**

Регулирующий объем определяют путем совмещения графиков водопотребления и подачи питающих башню насосов. После выбора оптимального графика работы насосов этот объем определяют по формуле

$$V_{\text{р}} = \frac{Q_{\text{нп}} \cdot (d_{\text{н}} + d_{\text{н}})}{100},$$

где  $Q_{p.cyt}$  – расчетный суточный расход воды,  $m^3/cyt$ ;

$d_n, d_n$  – наибольшие ординаты между линиями водопотребления и подачи воды насосами соответственно по избытку и недостатке, % от  $Q_{p.cyt}$ .

С учетом способности центробежных насосов к саморегулированию (увеличивать подачу воды при уменьшении напора и, наоборот, уменьшать подачу при увеличении  $H$ ) рекомендуется уменьшать регулируемую емкость бака башни по сравнению со значением, вычисленным по формуле:

- при расположении башни в начале сети (сети с проходной башней) – на 10...15%;
- для сети с контррезервуаром – на 30...40%.

#### 8.2.4 Определение противопожарного запаса воды

Неприкосновенный противопожарный запас воды в баке башни определяется по формуле

$$V_{\text{п}} = 0,6 \cdot (Q_{p.c} + Q_n).$$

где  $Q_{p.c}$  – расчетный секундный (максимальный) расход воды из водопроводной сети, л/с;

$Q_n$  – расчетный секундный (максимальный) расход воды из сети на 10-минутную продолжительность тушения пожаров спринклерными или дричерными установками.

#### 8.2.5 Оборудование водонапорных башен

После определения величин  $V_6$  и  $H_6$  принимают размеры типовой водонапорной башни. Для большинства водонапорных башен отношение высоты бака к диаметру  $H/D = 0,5...1$ .

Водонапорная башня должна быть оборудована трубопроводами и арматурой. Трубы применяются стальные. Диаметры подводящих и отводящих труб (стояков) определяют в зависимости от расхода и допускаемой скорости, которая не должна превышать 1...1,2 м/с.

Диаметр переливной трубы  $d_{\text{пер}}$  принимают обычно на 2...3 сортамента меньше диаметра подающей трубы  $d_{\text{под}}$ , но исходя из условия пропуска разности расходов воды, поступающей и забираемой из бака.

Водонапорные башни оборудуют сигнализирующими устройствами для автоматической передачи показаний уровней воды в баке на насосные станции. В качестве таких устройств наиболее распространены поплавковые, контактные и манометрические датчики уровней, которые в зависимости от уровней воды в баке замыкают и размыкают электрическую цепь. Их используют для автоматического пуска и останова насосов, питающих водопроводную сеть.

При автоматизации работы насосов, подающих воду в башню, регулирующий объем воды в баке определяют по формуле

$$V_{\text{р}} = \frac{Q_n}{4 \cdot n},$$

где  $Q_n$  – средняя подача насосов за период между включением и отключением,  $m^3/ч$ ;

$n$  – количество включений насоса в час.



Оптимальное число включений насосов устанавливается на основании технико-экономических расчетов. Ориентировочно можно принимать  $n = 5; 6$ .

Подкачивающие насосы подбирают по расходу

$$Q_{\text{нп}} = Q_{\text{макс}} - Q_{\text{нч}}$$

где  $Q_{\text{макс}}$  - максимальное водопотребление из сети,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$Q_{\text{нч2}}$  – подача насосов 2<sup>го</sup> подъема в этот час,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

### 8.3 Резервуары

Резервуары предназначены для хранения хозяйственных, противопожарных, технологических и аварийных запасов воды.

#### 8.3.1 Типы резервуаров

В зависимости от конструкции и принципа работы они бывают следующих типов:

1. по форме – круглые (горизонтальные, вертикальные) и прямоугольные;
2. по степени заглубления – подземные и полуподземные;
3. по материалу – железобетонные и бетонные;
4. по наличию перекрытия – открытые и закрытые;
5. по способу поступления воды из них – безнапорные и напорные.

#### 8.3.2 Назначение резервуаров

Напорные резервуары располагают на высоких отметках местности, они выполняют ту же роль, что и водонапорные башни.

Безнапорные резервуары устраивают, главным образом, при водоочистных станциях, это резервуары чистой воды (РЧВ). Воду из них забирают насосами 2<sup>го</sup> подъема и подают в водопроводную сеть.

Для обеспечения надежности водоснабжения в системах крупных водопроводов необходимо устраивать несколько резервуаров (обычно не менее двух), дающих в сумме расчетную емкость.

#### 8.3.3 Определение объема подземных резервуаров

Объем подземных резервуаров, расположенных при водоочистной станции, определяют по формуле

$$V_{\text{рез}} = V_{\text{р}} + V_{\text{пож}} + V_{\text{оч}}$$

где  $V_{\text{р}}$  – регулирующая емкость, определяемая совмещением графика поступления воды в резервуар с очистной станции и графика работы насосной станции 2<sup>го</sup> подъема,  $\text{м}^3$ ;

$V_{\text{пож}}$  – неприкосновенный противопожарный запас воды, рассчитанный на тушение расчетного количества пожаров в течение 3 или 2 ч, с ее одновременной подачей на хозяйственно-питьевые и производственные нужды в течение трех смежных часов наибольшего расхода по графику водопотребления,  $\text{м}^3$ ;

$V_{\text{оч}}$  – объем воды на собственные нужды водоочистной станции,  $\text{м}^3$ .

Регулирующую емкость  $V_p$  можно определить по формуле

$$V_p = \frac{Q_{p,сут} \cdot \Sigma V_1}{100} = \frac{Q_{p,сут} \cdot \Sigma V_2}{100},$$

где  $Q_{p,сут}$  – расчетный суточный расход воды, потребляемой из водопроводной сети, м<sup>3</sup>/ч;

$\Sigma V_1, \Sigma V_2$  – суммы объемов воды, аккумулирующейся в РЧВ и расходующейся из него в течение суток соответственно, % от  $Q_{p,сут}$ .

Если графики поступления воды в РЧВ и воды из него совпадают, то  $V_p = 0$ . В этом случае предусматривают запас воды

$$V_p = (0,5 \dots 1) \cdot Q_H$$

При определении  $V_{пж}$  для бесперебойности подачи воды в резервуары из водоисточников или очистной станции допускается учитывать их пополнение во время пожаров. Поэтому, величину  $V_{пж}$  определяют по формуле

$$V_{пж} = \frac{3 \cdot 3600}{1000} \cdot Q_{пж} + V_{хоз} + 3 \cdot Q_1$$

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

$Q_1$  – расход воды, подаваемой в резервуары при тушении пожаров, м<sup>3</sup>/ч.

Объем воды, потребляемый за три смежных часа наибольшего водопотребления на производственные и хозяйственно-питьевые нужды во время тушения пожаров

$$V_{\Sigma} = \Sigma Q_{\Sigma} + \Sigma Q_{\Sigma}$$

где  $\Sigma Q_{\Sigma}$  – объем воды, потребляемый из сети в течение 3 смежных часов наибольшего расхода по графику водопотребления;

$\Sigma Q_{\Sigma}$  – объем воды, не учитываемый в течение трех часов тушения пожаров.

Объем воды в резервуаре на собственные нужды водоочистной станции  $V_{оч}$  рассчитывается на 2 промывки при промывке одного фильтра или на 3 промывки при одновременной промывке двух фильтров. Величину  $V_{оч}$  определяют после расчета водоочистной станции с учетом типа и площади фильтров, а также интенсивности и продолжительности их промывки.

Ориентировочно величину  $V_{оч}$  можно принять равной

$$V_{оч} = (0,01 \dots 0,015) \cdot Q_{p,сут}$$

## 9. ВОДОВОДЫ И ВОДОПРОВОДНЫЕ СЕТИ

### 9.1. Водоводы

Водоводы предназначены для транспортирования воды от водоисточника до объекта водоснабжения.

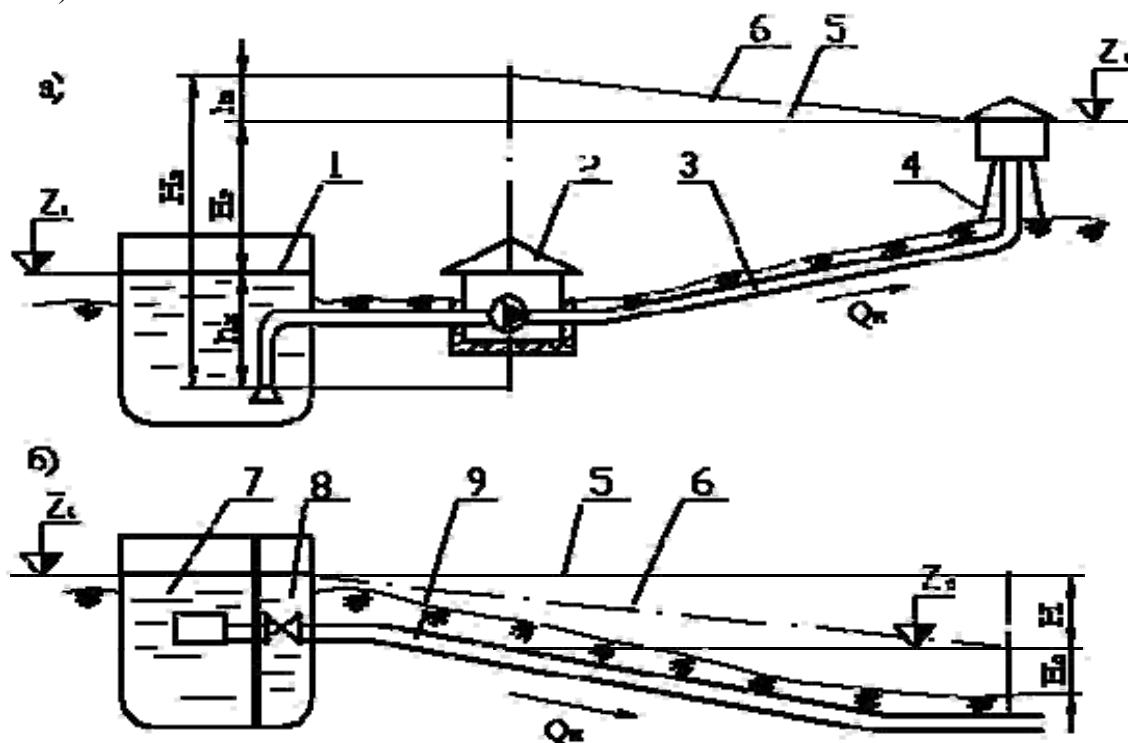
#### 9.1.1. Типы водоводов и их устройство

Водоводы подразделяются на **напорные, самотечные и комбинированные**. В напорных водоводах подача воды осуществляется насосом, в самотечных –

самотеком под действием сил тяжести. Комбинированный водовод состоит из напорных и самотечных водоводов.

Тип водовода выбирают в зависимости от типа водоисточника, удаленности его от объекта водоснабжения, топографических условий и расхода транспортируемой воды.

Рассмотрим схемы напорного и самотечного водоводов (рисунок 9.1, а и рисунок 9.2).



а) напорный водовод;  
б) самотечно-напорный водовод.

- 1 – резервуар;
- 2 – насосная станция;
- 3 – напорный водовод;
- 4 – водонапорная башня;
- 5 – линия гидростатического напора;
- 6 – линия гидродинамического напора;
- 7 – подземный напорный резервуар;
- 8 – камера переключения;
- 9 – самотечно-напорный водовод.

Рисунок 9.1 – Расчетные схемы водоводов

По напорным водоводам (рисунок 9.1, а) воду подают из питающего резервуара с меньшей отметки его свободной поверхности  $z_1$  в питательный резервуар на высоту  $z_2$ . Для этих водоводов линия гидродинамического напора всегда будет находится выше линии гидростатического напора.

В самотечных водоводах (рисунок 9.1, б) отметка уровня воды в питающем резервуаре больше отметок в питаемом на величину располагаемого напора  $H = z_1 - z_2$ . Для этих водоводов линия гидродинамического напора всегда будет находится ниже линии гидростатического напора.

Напорный и самотечный водоводы работают полным сечением, самотечно-безнапорный – неполным.

Водоводы являются ответственными элементами в системе, к ним предъявляются 2 основных требования: экономичность и надежность подачи воды потребителям.

Для обеспечения бесперебойности работы водоводы укладываются обычно в две нитки, которые часто соединяют переключениями, позволяющими выключить на ремонт какой-либо участок в случае аварии на нем.

Допускается укладка водовода в одну нитку при значительной его длине и технико-экономическом обосновании. Если водовод проектируют в одну нитку, необходимо предусмотреть устройства запасных резервуаров (в конце водовода).

Водоводы укладывают из стальных, чугунных асбестоцементных и железобетонных труб. Для предохранения одного трубопровода от разлива в случае аварии на втором расстояние между нитками водовода  $l$  принимают в зависимости от материала труб, внутреннего давления и геологических условий следующим образом:

- при диаметре труб до 300 мм –  $l \geq 0,7$  м;
- при 400(  $d \leq 1000$  мм –  $l = 1$  м;
- при  $d > 1000$  мм –  $l = 1,5$  м.

Трубы должны быть уложены на глубине, обеспечивающей незамерзаемость воды зимой, исключающей возможность не допускающей нагревание ее летом и предупреждающей повреждение труб под нагрузками от движущегося транспорта.

Для обеспечения незамерзаемости глубина укладки труб (считая до дна траншеи) должна быть на 0,5 м больше расчетной глубины проникания в грунт нулевой температуры:

$$H_{\text{гп}} = H_{\text{гп}} + 0,5 \text{ м} \quad (9.1)$$

За расчетную принимают максимальную глубину проникновения в грунт нулевой температуры  $H_{\text{гп}}$ , определяемую на основании многолетних наблюдений. Для предупреждения нагревания воды в летнее время глубину заложения труб хозяйственно-питьевых водопроводов следует принимать не менее 0,5 м, считая от верха труб.

### Выбор диаметров труб

Экономически наивыгоднейший диаметр труб **напорных водоводов** считается такой, при котором приведенные затраты по комплексу взаимосвязанных сооружений «Насосная станция и водовод» будут наименьшими.

Экономически наивыгоднейшим диаметром труб **самотечно-напорного водовода** считается такой (или комбинация из двух диаметров), которому соответствует наименьшая стоимость водовода при условии обеспечения требуемого напора в его концевой точке. Это условие выполняется при полном использовании располагаемого напора  $H$ .

#### 9.1.2. Совместная работа насосов и водоводов

Совместная работа насосов и водоводов возможна лишь в том случае, если развиваемый насосами напор  $H_n$ , соответствующий их производительности  $Q_n$ , будет равен полной высоте водоподъема  $H_p$ , определяемой по формуле (рисунок 9.2 а):

$$H_n = H_r + h_k + h_b = H_r - Q_n^2 \cdot (S_k + S_b), \quad (9.2)$$

где  $H_r$  – геометрическая высота водоподъема, измеряемая между уровнями воды в питающем ( $z_1$ ) и напорном ( $z_2$ ) резервуарах, м;

$h_k$  и  $h_b$  – потери напора в коммуникациях насосной станции и водоводе соответственно, м;

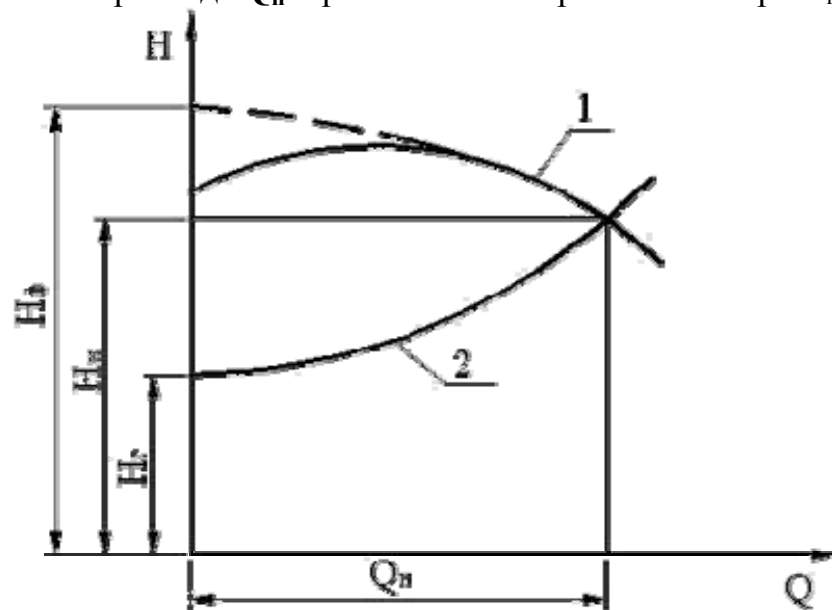
$Q_n$  – расход воды, подаваемый насосом, ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) л/с;

$S_k$  и  $S_b$  – сопротивления коммуникаций насосной станции и водовода,  $\frac{\text{с}^2 \cdot \text{м}}{\text{л}^2}$ .

Рассчитать совместную работу насосов и водоводов можно двумя способами: графическим и аналитическим.

Рассчитаем совместную работу насосов и водоводов графическим способом. Для этого на координатную сетку нанесем характеристику насоса  $Q$ - $H$  (кривая 1) и по формуле строим характеристику  $Q$ - $h$  водоводов (кривая 2).

Координата точки пересечения этих двух кривых определяет значения подаваемого насосом расхода  $Q_n$  и развиваемого при этом напора  $H_n$ .



1 – характеристика  $Q$ - $H$  центробежного насоса;

2 – характеристика водопроводной системы.

Рисунок 9.2 – График совместной работы насосов и водоводов

При втором способе характеристики  $Q$ - $H$  насосов и трубопроводов представляют аналитическими выражениями:

для насосов

$$H_n = H_r - S_k Q_n^2, \quad (9.3)$$

для трубопроводов – уравнением (9.2).

Приравняв правые части выражений (9.2) и (9.3), после преобразований получим формулу для определения расхода воды

$$Q_H = \sqrt{\frac{H_\Phi + H_T}{S_K + S_B + S_\Phi}} \quad (9.4)$$

где  $H_\Phi$  и  $S_\Phi$  – параметры аналитической характеристики  $Q$ - $H$  центробежных насосов, величину которых можно вычислить по формулам

$$S_\Phi = \frac{H_1 - H_2}{Q_2^2 - Q_1^2}; \quad (9.5)$$

$$H_\Phi = H_1 + S_\Phi Q_1^2 = H_2 + S_\Phi Q_2^2, \quad (9.6)$$

где  $H_1$  и  $H_2$  – напоры, развиваемые насосом при подаче соответственно  $Q_1$  и  $Q_2$  (принимаются по справочным данным).

### 9.1.3. Оборудование водоводов

**1). Переключения на водоводах.** Количество переключений на водоводах определяют расчетом из условий подачи аварийного расхода (л/с):

$$Q_{ав} = k_{сн} \cdot Q_H, \quad (9.7)$$

где  $k_{сн}$  – коэффициент допустимого снижения подачи воды при аварии;

$Q_H$  – подача воды насосами при нормальной работе водовода, л/с.

Количество переключений, устанавливаемых на водоводе, определяется так:

$$R = n - 1, \quad (9.8)$$

где  $n$  – число участков, на которые разделена перемычками каждая нитка водовода (определяется по разным соотношениям для напорного и для самотечно-напорного водовода).

**2). Дополнительные линии.** Если требуется увеличить подачу воды по водоводу от существующей насосной станции с известными характеристиками за счет прокладки дополнительной линии, то задача сводится к определению длины или диаметра этой линии.

Как правило, дополнительно прокладываемый трубопровод имеет такую же длину  $L$ , как существующие линии водовода. Поэтому необходимо лишь определить диаметр дополнительного трубопровода.

### 3). Вантузы и водовыпуски.

Вантузы устанавливают в повышенных переломных точках водовода. Они предназначены для выпуска воздуха, выделяющегося из воды.

Водовыпуски устанавливают в пониженных точках трубопровода. Они служат для сброса воды при выключении ремонтного участка, после промывки перед сдачей в эксплуатацию по окончании строительства или после проведения ремонтных работ.

При проектировании и расчете вантузов и водовыпусков следует руководствоваться такими рекомендациями: длина ремонтного участка водовода должна быть не более **5 км**, время опорожнения ремонтного участка трубопровода должно составлять не более **2 ч**, а отношение диаметра выпуска к диаметру водовода  $\approx 0,35$ .