

ЛЕКЦИЯ 1

Тема 1. Системы и схемы водоснабжения

1.1 История развития, современное состояние и перспективы развития в республике сельскохозяйственного водоснабжения

Среди многих отраслей народного хозяйства, направленных на повышение уровня жизни людей, благоустройство населенных пунктов и развития сельскохозяйственного и промышленного производства одно из ключевых мест занимает водоснабжение.

Водоснабжение – это обеспечение водой населенных пунктов, производственных и других объектов для удовлетворения хозяйственно-питьевых, производственных и противопожарных нужд.

Водоснабжение – это комплекс мероприятий по обеспечению водой различных потребителей.

Обеспечение населения чистой, доброкачественной водой имеет большое гигиеническое значение, так как предохраняет людей от различных эпидемиологических заболеваний, передаваемых через воду. Подача достаточного количества воды в населенный пункт позволяет поднять общий уровень его благоустройства. Для удовлетворения потребностей современных крупных населенных пунктов в воде требуются громадные ее количества, измеряемые в миллионах кубических метров в сутки.

Для примера, если в средние века в городах на одного человека приходилось 25 л воды в сутки, то теперь ее расходуется 200...400 л, а в крупных городах 500 л и более.

Выполнение этой задачи, а также обеспечение высоких санитарных качеств питьевой воды требуют тщательного выбора природных источников, их защиты от загрязнения и надлежащей очистки воды на водопроводных сооружениях.

Производственные процессы на промышленных предприятиях также сопровождаются большим расходом воды. При этом предприятия отдельных отраслей промышленности и энергохозяйства потребляют количество воды, нередко значительно превосходящее коммунальное водопотребление крупных городов.

Так, например, для добычи 1 л нефти нужно израсходовать 10 л воды, для производства 1 кг бумаги – 200 л, 1 кг шерстяной ткани – 600 л, 1 т стали – 20 м³, для выработки 1 т ацетатного шелка – 2660 м³

воды, лавсана – 4 200 м³, а капронового волокна – 5 600 м³ воды.

Следует отметить, что, кроме обеспечения водой населения и промышленности, осуществляемого системами водоснабжения, огромное народно-хозяйственное значение имеет обеспечение водой сельского хозяйства, в особенности в орошаемом земледелии. Например, чтобы получить 1 кг сухого пшеничного зерна, необходимо израсходовать 750 л воды.

Первые сведения, которые мы имеем об искусственных сооружениях для добывания воды – колодцах, относятся к III тысячелетию до н. э., в древнем Египте уже имелись простейшие механизмы для подъема воды из колодцев наподобие наших «журавлей».

В Вавилоне воду поднимали на довольно значительную высоту с помощью различных приспособлений с использованием блоков. В водопроводах Египта и Вавилона для подачи воды из резервуаров применялись трубы гончарные, деревянные, а также металлические (свинцовые и медные). В Древнем Китае для водоснабжения использовались весьма глубокие колодцы, из которых воду доставали ведрами с помощью воротов или блоков.

В период расцвета Древней Греции и Рима существовали довольно большие централизованные системы водоснабжения. В Рим вода подавалась к городу самотеком по каналам. При пересечении долин или оврагов каналы прокладывались по специальным мостам – акведукам. В городе вода подводилась к центральным резервуарам, откуда подавалась по трубам к общественным баням и купальням, к дворцам и домам патрициев, а также к общественным фонтанам и бассейнам, которыми пользовалось население.

Начальные сведения об устройстве централизованных городских водопроводов в других странах Европы относятся к XII в. В конце XII в. построен первый самотечный водопровод в Париже. В XIII в. начинается централизованное водоснабжение Лондона. К началу XV в. относятся сведения об устройстве водопроводов в немецких городах.

Зарождение и развитие капиталистической мануфактуры вызвало развитие и водопроводной техники. Промышленная революция XVIII в. обусловила строительство фабрично-заводских водопроводов. В то же время сброс промышленных сточных вод в открытые водоемы привел к их сильному загрязнению и поставил вопрос об изыскании источников чистой воды, поэтому в это же время возникает необходимость в добыче подземных вод.

Из древних водопроводных устройств, которые применяли народы,

населявшие территорию бывшего СССР, в маловодных районах Средней Азии частично сохранились до нашего времени своеобразные сооружения для сбора грунтовых вод – подземные галереи, в Крыму найдены вырубленные в скалах емкости для сбора атмосферных вод, в Новгороде на территории княжеской резиденции при раскопках обнаружен самотечный водопровод из деревянных труб, время постройки которого отнесено к концу XI – началу XII в. Имеются сведения о самотечном водопроводе из гончарных труб, построенном в Грузии в начале XIII в.

В XII–XIV вв. в ряде русских городов были построены водопроводы для крепостей. В XV в. был сооружен самотечный родниковый водопровод для Московского Кремля. В 1631 г. в Кремле был построен водопровод, который подавал воду с помощью «водовозводной машины» в водонапорную башню. Для транспортирования воды от водонапорной башни к местам потребления использовались свинцовые трубы.

В 1718 г. по приказу Петра I был сооружен водопроводный канал для Летнего сада в Петербурге. В 1721 г. сооружаются знаменитые Петергофские фонтаны.

При Петре I начато также сооружение родникового водопровода в Царском селе (ныне г. Пушкин), законченного в 1749 г. Для Царского Села был построен крупный для того времени (длиной более 15 км) речной водопровод.

В 1804 г. заканчивается сооружение первого московского городского водопровода, который подавал в город самотеком грунтовую воду на расстояние около 16 км. Водопровод в дальнейшем перестраивался и модернизировался; были построены насосные станции, самотечные водоводы заменены напорными. В 1898 г. были построены около Рижского вокзала Крестовские водонапорные башни, в которых смонтированы стальные баки вместимостью по 1875 м³ каждый, расположенные на высоте 30 м над поверхностью земли.

Однако вплоть до Великой Октябрьской социалистической революции строительство водопроводов в России развивалось медленно. При этом большая часть построенных водопроводов находилась в неудовлетворительном состоянии; норма расхода воды на одного жителя была малой; надлежащей очистки воды не производилось; число домовых вводов было незначительно, и большая часть воды отпускалась населению через уличные водоразборы.

Развитие водоснабжения в республике тесно связано с развитием

такового в России. Однако после распада СССР оно получило новый виток. Так, 24 июня 1999 г. в республике был принят закон «О питьевом водоснабжении» (№ 271-З). Настоящий закон регулирует отношения в области питьевого водоснабжения и устанавливает государственные гарантии по обеспечению потребителей питьевой водой. Данный закон был первым на территории стран бывшего Советского Союза.

Дальнейшее развитие водоснабжение получило (и в большей степени сельскохозяйственное) с принятием в 2005 г. Государственной программы возрождения и развития села на 2005–2010 гг., предусматривающей в качестве результатов полностью удовлетворить потребности сельского населения в качественной питьевой воде за счет реконструкции и развития систем центрального и локального водоснабжения. В данный момент реализуются мероприятия подпрограммы «Чистая вода» Государственной программы «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2016 – 2020 годы, целью которой является обеспечение комфортных условий проживания в первую очередь за счет повышения эффективности и надежности функционирования объектов ЖКХ.

1.2 Системы водоснабжения и их классификация

Система водоснабжения – это комплекс взаимосвязанных сооружений, предназначенный для обеспечения потребностей в воде какого-либо потребителя.

В общем случае в задачу системы водоснабжения входит:

- добывание воды;
- подъем воды;
- улучшение качества воды (если нужно);
- транспортирование воды и распределение между потребителями;
- регулирование расходов.

В соответствии с перечисленными задачами системы водоснабжения в ее состав включаются следующие виды водопроводных сооружений:

- а) водозаборные сооружения, осуществляющие забор воды из выбранных для данного объекта природных источников;
- б) насосные станции (водоподъемные сооружения), создающие требуемые давления в водопроводных трубах для подачи заданных расходов воды на заданную высоту;

в) сооружения для очистки и обработки воды (очистные сооружения), осуществляющие улучшение качества природной воды в соответствии с требованиями потребителя;

г) водоводы и водопроводные сети, транспортирующие воду к объектам и местам ее потребления;

д) регулирующие и запасные емкости – резервуары различных типов для хранения и аккумулирования воды.

Системы водоснабжения классифицируются по различным признакам:

1) по видам потребителей:

- системы хозяйственно-питьевого водоснабжения;
- противопожарного водоснабжения;
- поливочные;
- многофункциональные;

2) по видам объектов водоснабжения:

- системы водоснабжения городов;
- водоснабжения поселков;
- водоснабжения производственных объектов;

3) по охвату снабжаемых объектов:

- системы водоснабжения одного объекта;
- системы водоснабжения групповые;

4) по кратности использования подаваемой воды:

- системы прямоточные;
- с оборотом воды;
- с последовательным использованием воды;

5) по природным источникам водоснабжения:

- системы, использующие воду поверхностных источников;
- системы, использующие подземные воды;

6) по способам подачи воды:

- самотечные системы;
- с механической подачей воды;
- смешанная подача.

Различают *централизованные системы водоснабжения* – все объекты снабжаются от одного источника и по одним и тем же трубопроводам, и *децентрализованные системы водоснабжения* – объекты снабжаются по различным трубопроводам и от различных источников.

Системы сельскохозяйственного водоснабжения, как правило, проектируются и строятся объединенными, а именно *хозяйственно-производственно-противопожарными*. Они могут быть централизо-

ванными, децентрализованными и комбинированными.

1.3 Схемы водоснабжения и состав сооружений

Системы водоснабжения устраивают по определенным схемам, которые представляют собой совокупность сооружений водопровода и последовательность расположения их на местности (рис. 2.3).

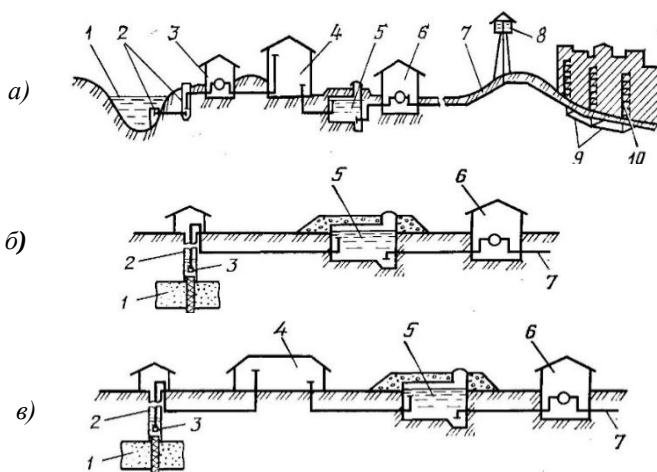


Рис. 2.3. Схемы водоснабжения:

а) состав сооружений при заборе воды из поверхностного водоисточника; *б)* состав сооружений при заборе воды из подземного источника (качество воды соответствует ГОСТ «Вода питьевая»); *в)* состав сооружений при заборе воды из подземного источника (качество воды не соответствует ГОСТ «Вода питьевая»). 1 – источник водоснабжения; 2 – водозаборное сооружение; 3 – насосная станция 1-го подъема; 4 – станция улучшения качества воды (УКВ); 5 – резервуар чистой воды; 6 – насосная станция 2-го подъема; 7 – водовод; 8 – водонапорная башня; 9 – наружная водопроводная сеть; 10 – внутренний водопровод

Набор сооружений, входящих в систему водоснабжения, зависит от вида источника (поверхностный или подземный), качества воды в нем и от цели применения поднятой воды.

В схеме *а)* (рис. 2.3) забор воды осуществляется из поверхностного водоисточника для питьевых целей, так как имеются очистные сооружения 4.

Если вода забирается только для технических целей, то, как правило, необходимость в ее очистке отпадает.

Если качество воды соответствует требованиям СанПиН 10-124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества», то очистные сооружения не предусматриваются (рис. 2.3, б), а если не соответствует – предусматриваются (рис. 2.3, в).

ЛЕКЦИЯ 2

Тема 2. ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ

2.1 Водопотребители и нормы водопотребления

Вода в населённых пунктах расходуется: населением для индивидуальных нужд, коммунально-бытовыми учреждениями, промышленными предприятиями, расположенными на территории населённого пункта, на обслуживание животных и содержание различных машин и механизмов.

Всех потребителей, проживающих в сельском населённом пункте, можно сгруппировать в три сектора:

- коммунальный (население, проживающее в домах различной степени благоустройства; школы; больницы; бани; полив газонов и цветников; скот и птица в личном пользовании);
- животноводческий (молочно- и свиноводческие фермы, птицефермы и пр.);
- производственный (предприятия по переработке сельскохозяйственной продукции, гаражи, мастерские и пр.).

Средний объем суточного потребления воды каждым водопотребителем определяется по зависимости:

$$Q_{\text{ср.сут}} = N \cdot q_0 \cdot 10^{-3}, \quad (3.1)$$

где $Q_{\text{ср.сут}}$ – средний суточный расход воды, м³/сут;

N – количество водопотребителей (число жителей, объем выпускаемой продукции и т. д.);

q_0 – среднесуточная норма водопотребления, л/сут.

Состав и количество водопотребителей берут или в статистических организациях или непосредственно в администрации населённого

пункта.

Среднесуточная норма водопотребления всех групп водопотребителей определяется по [16]. В нормы водопотребления для животных и птицы на сельскохозяйственных предприятиях включены расходы воды на мойку помещений, клеток, молочной посуды, приготовление кормов, охлаждение молока и другие процессы.

Количество воды на нужды учреждений и организаций обслуживания населения, а также неучтенные расходы при соответствующем обосновании допускается принимать дополнительно в размере от 10 % до 20 % суммарного расхода воды на питьевые и хозяйственные нужды населенных пунктов.

Для определения расчетных расходов воды на питьевые и хозяйственные нужды в отдельных жилых и общественных зданиях проектные нормы водопотребления следует принимать в соответствии с ТКП 45-4.01-319. Проектные нормы расхода воды на мойку и поливку покрытий территорий, а также поливку зеленых насаждений в населенных пунктах и на объектах производства следует принимать в соответствии с табл. А.2 (прил. А). Проектные нормы водопотребления на питьевые и хозяйственные нужды на объектах производства следует принимать в соответствии с ТКП 45-4.01-319. Проектные нормы расхода воды на одну душевую сетку на объектах производства следует принимать в соответствии с ТКП 45-4.01-319, а количество душевых сеток в зависимости от санитарно-гигиенических условий для конкретного производства – в соответствии с ТКП 45-3.02-209 (табл. А.3). Расход воды на влажную уборку помещений следует принимать 0,4 л на 1 м² площади помещений, в которых производят влажную уборку, при ее проведении 1 раз в сутки в течение 1 ч. Потери воды при проведении влажной уборки следует принимать в размере 15 % от расхода воды на указанные цели. При механизированной уборке помещений расходы воды следует принимать согласно техническим характеристикам используемых средств механизации.

Проектные нормы расхода воды на производственные нужды объектов производства следует определять по технологическим данным, по данным, полученным в результате исследований удельного водопотребления за последние 3 года, по технологическим нормативам водопотребления, определяемым в установленном порядке по [16]. Расходы воды на содержание и поение скота, птиц и зверей на животноводческих и иных объектах необходимо определять по отраслевым нормативам, а при их отсутствии – по проектным нормам водопотребления

на одно животное соответствующего вида в соответствии с табл. А.3 (прил. А).

Среднесуточный расход каждого сектора определяется как сумма среднесуточных расходов всех групп водопотребителей, входящих в него.

Среднесуточный расход посёлка определяется как сумма среднесуточных расходов секторов.

2.2 Учет неравномерности водопотребления, среднее и максимальное суточное водопотребление

В связи с неравномерностью водопотребления в течение года фактический режим водопотребления отличается от среднесуточного. Для того чтобы система водоснабжения надёжно обеспечивала потребителей водой в любое время года, её рассчитывают по максимальному суточному расходу. Отклонение максимального суточного расхода от среднесуточного учитывает коэффициент суточной неравномерности $K_{\text{сут}}$, который показывает, во сколько раз максимальный суточный расход превышает среднесуточный.

В общем случае коэффициент суточной неравномерности:

$$K_{\text{сут}} = \frac{Q_{\text{макс.сут}}}{Q_{\text{ср.сут}}}, \quad (3.2)$$

где $Q_{\text{макс.сут}}$ – максимальное суточное потребление.

Коэффициенты суточной неравномерности, приводятся в нормах проектирования. Для сельских населённых пунктов их принимают:

$K_{\text{сут}} = 1,3$ – для коммунального сектора;

$K_{\text{сут}} = 1,2$ – для животноводческого сектора;

$K_{\text{сут}} = 1,1$ – для производственного сектора.

При известных $Q_{\text{ср.сут}}$ и $K_{\text{сут}}$ определяется максимальное суточное водопотребление:

$$Q_{\text{макс.сут}} = K_{\text{сут}} \cdot Q_{\text{ср.сут}}. \quad (3.3)$$

Исходя из вышеизложенного, определяют максимальные суточные расходы потребителей, секторов и всего населённого пункта.

2.3 Водопотребление по часам суток

Водопотребители расходуют воду в течение суток неравномерно со значительными колебаниями в различные часы. Чтобы обеспечить требуемую пропускную способность распределительной сети труб и других сооружений системы водоснабжения необходимо знать максимальный требуемый расход. Для его определения необходимо просуммировать часовые расходы воды каждым потребителем и составить график водопотребления в течение суток.

Коэффициент суточной неравномерности водопотребления учитывает уклад жизни населения, режим работы организаций, степень санитарно-технического оборудования зданий и изменения водопотребления по сезонам года и дням недели.

Принимают максимальное ($K_{\text{макс.сут.}}$) и минимальное ($K_{\text{мин.сут.}}$) значения коэффициента суточной неравномерности водопотребления:

$K_{\text{макс.сут.}}$ – от 1,1 до 1,3;

$K_{\text{мин.сут.}}$ – от 0,7 до 0,9.

Коэффициент часовой неравномерности водопотребления учитывает изменение водопотребления по часам суток. Максимальное $K_{\text{макс.ч.}}$ и минимальное $K_{\text{мин.ч.}}$ значения коэффициента часовой неравномерности определяют по формулам:

$$K_{\text{макс.ч.}} = \alpha_{\text{макс.}} \beta_{\text{макс.}},$$

$$K_{\text{мин.ч.}} = \alpha_{\text{мин.}} \beta_{\text{мин.}},$$

где α – коэффициент, учитывающий степень санитарно-технического оборудования зданий, режим работы предприятий и другие местные условия; принимают: $\alpha_{\text{макс.}}$ – от 1,2 до 1,4;

$\alpha_{\text{мин.}}$ – от 0,4 до 0,6

β – коэффициент, учитывающий количество жителей в населенном пункте; принимают по таблице 3.1.

Коэффициенты часовой неравномерности водопотребления на питьевые и хозяйственные нужды на промышленных предприятиях следует принимать: 2,5 – для цехов с тепловыделением более 80 кДж на 1 м³/ч; 3,0 – для остальных цехов.

Т а б л и ц а 3.1. Значения коэффициентов, учитывающих количество жителей в населенном пункте

Количество жителей в населенном пункте, тыс. чел	$\beta_{\max.}$	$\beta_{\min.}$
1	2	3
До 0,10	4,50	0,01
0,15	4,00	0,01
0,20	3,50	0,02
0,30	3,00	0,03
0,50	2,50	0,05
0,75	2,20	0,07
1,00	2,00	0,10
1,50	1,80	0,10
2,50	1,60	0,10
4,00	1,50	0,20
6,00	1,40	0,25
10,00	1,30	0,40
20,00	1,20	0,50
50,00	1,15	0,60
100,00	1,10	0,70
300,00	1,05	0,85
1000 и более	1,00	1,00

Для населенных пунктов часовые расходы воды определяют с учетом коэффициента часовой неравномерности водопотребления, который определяется по зависимости:

$$K_{\text{час}} = \frac{Q_{\text{макс. час}}}{Q_{\text{ср. час}}}, \quad (3.4)$$

где $Q_{\text{макс. час}}$ — максимальное часовое водопотребление.

Поскольку рассматриваются сутки максимального водопотребления, то среднечасовой расход определяется из условия:

$$Q_{\text{ср. час}} = \frac{Q_{\text{макс. сут}}}{24}. \quad (3.5)$$

При известных $Q_{\text{ср. час}}$ и $K_{\text{час}}$ максимальное часовое водопотребление:

$$Q_{\text{макс. час}} = K_{\text{час}} \cdot Q_{\text{ср. час}}. \quad (3.6)$$

При таком подходе будет известно лишь потребление воды в час максимального водопотребления. Этого достаточно для расчета сетей и сооружений децентрализованных систем.

Для того чтобы правильно рассчитать параметры основных элементов централизованной системы водоснабжения, нужно с достаточной точностью определить максимальные секундные расходы секторов, всего населённого пункта и отдельных объектов водоснабжения. С этой целью определяют максимальный часовой расход и затем, разделив его на количество секунд в часе, вычисляют максимальный секундный расход.

$$q_{\text{расч}} = \frac{Q_{\text{макс. час}}}{3,6}, \text{ л/с.} \quad (3.7)$$

Однако определение или выбор $K_{\text{час}}$ связаны с определёнными трудностями, а его величина может лежать в достаточно широком диапазоне.

Поэтому на практике максимальный секундный расход с необходимой точностью определяют с помощью типовых графиков или таблиц распределения воды по часам суток для конкретных водопотребителей или секторов в целом.

ЛЕКЦИЯ 3

Тема 3. Водозаборы подземных вод

3.1 Поверхностные и подземные воды как источники водоснабжения

Для сельскохозяйственного водоснабжения можно использовать практически все природные источники воды и искусственные водоемы – подземные воды, реки, озера, водохранилища, каналы, цистерны для сбора атмосферных осадков.

Пригодность источника водоснабжения определяется следующими основными требованиями:

- минимальный расход (или полезный объем) источника должен быть достаточным для удовлетворения нужд водоснабжения. При недостатке воды в отдельные периоды прибегают к регулированию ис-

точника путем устройства водохранилища;

- вода в источнике водоснабжения должна быть пригодной для использования потребителями непосредственно или после ее очистки. (Вода подземных источников, как правило, отвечает требованиям, предъявляемым к питьевой воде. Поверхностные воды содержат больше загрязнений, поэтому требуют осветления и обеззараживания.);

- источник водоснабжения должен иметь хорошее санитарное состояние и находиться в условиях, позволяющих организовать его санитарную охрану, исключающую попадание в воду загрязнений;

- режим водоисточника и условия забора воды из него должны быть благоприятны для осуществления бесперебойного водоснабжения. (При неблагоприятном режиме (большом колебании расходов и уровней воды) регулируют русла, устраивают плотины и проводят другие мероприятия);

- использование источника водоснабжения должно быть экономически выгодным.

Все виды водозаборных сооружений могут быть разделены на две группы в соответствии с видом используемых природных источников:

- сооружения для забора поверхностных вод;
- сооружения для забора подземных вод.

При возможности использования для заданного объекта как одного, так и другого вида природных источников выбирают тот, который в большей степени обеспечивает бесперебойную подачу снабжаемому объекту требуемых ему количеств воды нужного качества при условии наименьшей затраты средств на строительство и эксплуатацию системы водоснабжения в целом.

3.2 Дебит и количество скважин. Зоны санитарной охраны

Трубчатые буровые колодцы устраивают путем бурения в земле вертикальных цилиндрических каналов – скважин. В пределах водоносного пласта для возможности приема воды из грунта колодец оборудуют специальными фильтрами (кроме колодцев в трещиноватых скальных породах).

В буровом колодце различают водоприемную часть – фильтр, ствол – глухую часть скважины, по которой поднимается вода, и устье – выходную часть (рис. 4.1).

Устье обычно располагается в специальном павильоне.

Конструкция скважины зависит от глубины залегания подземных вод, характера проходных горных пород и способа бурения. В свою очередь способ бурения принимается в зависимости от требуемой глубины колодца. Стенки скважины закрепляют опускаемой в него стальной обсадной трубой. Эту трубу опускают до верхней границы залегания водоносных пород.

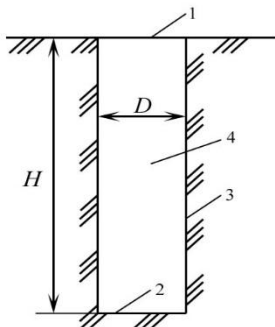


Рис. 4.1. Схема бурового колодца:

- 1 – устье;
- 2 – забой (дно скважины);
- 3 – стенки;
- 4 – ствол

В обсадную трубу опускают трубу меньшего диаметра, которую доводят обычно до нижней границы залегания водоносных пород, несколько заглубляя в подстилающие водонепроницаемые породы. Затем в трубу опускают фильтр, предназначенный для защиты колодца от занесения в него вместе с водой частиц грунта из водоносного слоя. Фильтр представляет собой обычно трубу с перфорированной дырчатой или щелевой частью.

Конструкция водозаборной скважины должна предусматривать возможность проведения замеров дебита, уровня и отбора проб воды, а также производства ремонтно-восстановительных работ, в том числе различных видов регенерации при ее эксплуатации.

Внутренний диаметр эксплуатационной колонны обсадных труб в скважинах следует принимать не менее чем на 50 мм больше наружного диаметра, устанавливаемого в скважине погружного насосного агрегата. При назначении внутреннего диаметра эксплуатационной колонны обсадных труб и (или) выборе диаметра погружного насосного агрегата следует учитывать требования производителей насосных агрегатов к скорости течения воды в кольцевом зазоре между погружным электродвигателем насосного агрегата и внутренней поверхно-

стью обсадных труб.

Фильтры в скважинах следует устанавливать в рыхлых, неустойчивых скальных и полускальных породах. Размеры фильтра следует принимать в зависимости от гидрогеологических условий, дебита и режима эксплуатации.

Конечный диаметр обсадной трубы при ударном бурении должен быть больше наружного диаметра фильтра не менее чем на 50 мм, а при обсыпке фильтра гравием – не менее чем на 100 мм. При роторном бурении без крепления стенок скважины трубами конечный диаметр скважин должен быть больше наружного диаметра фильтра не менее чем на 100 мм.

Рабочую часть фильтра следует устанавливать на расстоянии от кровли и подошвы пласта не менее чем на 0,5 м.

Бесфильтровые скважины для забора подземных вод из водоносных горизонтов, сложенных рыхлыми песчаными отложениями, следует принимать при условии залегания над ними устойчивых пород.

В зависимости от местных условий и оборудования устье скважины следует располагать в наземном павильоне или подземной камере. Размеры павильона и подземной камеры следует принимать в зависимости от размеров оборудования, при этом высота наземного павильона и подземной камеры должна быть не менее 2,4 м (рис. 4.2).

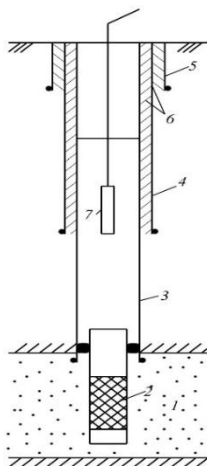


Рис. 4.2. Общая схема конструкции водозаборной скважины:

- 1 – водоносный горизонт;
- 2 – фильтр;
- 3 – эксплуатационная колонна;
- 4 – промежуточная (техническая) колонна;
- 5 – кондуктор (направляющая труба служит для закрепления устья скважины, придания скважине вертикальности);
- 6 – цементация (затрубная или межтрубная для изоляции непродуктивных водоносных горизонтов, защиты труб от коррозии);
- 7 – насос

В перекрытиях наземного павильона и подземной камеры следует

предусматривать люки, располагаемые над устьем скважины, для возможности монтажа и демонтажа водоподъемного оборудования.

При залегании водоносных пород на большой глубине достигнуть их одной обсадной трубой не удастся, так как значительно возрастает сопротивление грунта погружению обсадных труб. В этих условиях используют несколько обсадных труб, которые имеют различный, постепенно уменьшающийся диаметр.

Затрубное пространство, как правило, цементируется.

Водозаборные скважины применяют обычно при сравнительно глубоком залегании и значительной мощности водоносных пластов. Они могут использоваться для приема как безнапорных, так и напорных подземных вод. И в том, и в другом случае они могут быть доведены до подстилающего водоупорного пласта – «совершенные скважины» или заканчиваться в толще водоносного пласта – «несовершенные скважины».

При откачке из безнапорного горизонта происходит осушение части пласта в виде воронки с радиусом R .

При откачке из напорного водоносного горизонта происходит высвобождение упругих запасов и вокруг скважины образуется область сниженных напоров в виде воронки с радиусом R .

В реальных же условиях скважины не совершенны либо *по степени вскрытия пласта*, т. е. фильтр забирает воду из какой-то его части, что вызывает деформации линий тока по профилю потока, либо *по характеру вскрытия пласта* возникает из-за несоответствия фильтрационных характеристик самого пласта и фильтра и прифильтровой зоны (рис. 4.3).

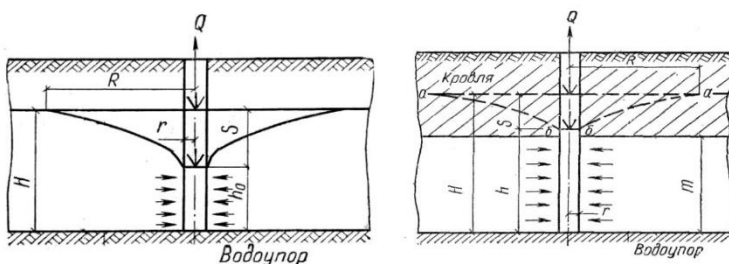


Рис. 4.3. Водозаборные совершенные скважины:
а – безнапорный горизонт; б – напорный горизонт

Оба вида несовершенства создают дополнительные фильтрационные сопротивления, которые вводятся в формулы для расчета идеальных скважин.

Приток воды в скважину с безнапорным горизонтом (рис. 4.3, а) определяется по формуле:

$$Q = \frac{1,36 \cdot K_{\phi} \cdot S \cdot (2H - S)}{\lg \frac{R}{r}}, \quad (4.1)$$

а с напорным (рис. 4.3, б) по формуле:

$$Q = \frac{1,36 \cdot K_{\phi} \cdot m \cdot S}{\lg \frac{R}{r}}. \quad (4.2)$$

В вышеприведенных формулах:

K_{ϕ} – коэффициент фильтрации водоносного пласта; m – мощность напорного водоносного пласта; H – то же безнапорного; R – радиус воронки; r – то же скважины; S – понижение воды в скважине.

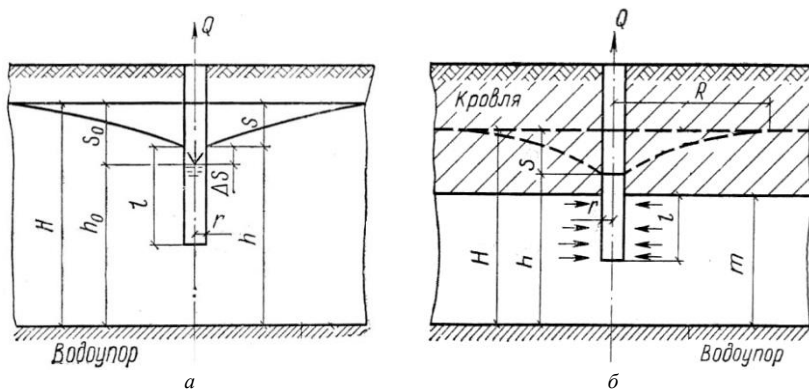


Рис. 4.4. Несовершенные скважины:

а) в безнапорном горизонте; б) в напорном горизонте

Приток воды к скважине, расположенной в безнапорном горизонте (рис. 4.4) определяется по формуле:

$$Q = \frac{1,36 \cdot K_{\phi} \cdot S \cdot (2H - S)}{\lg \frac{R}{r} + \xi_1 + \xi_2}, \quad (4.3)$$

а в напорном – по формуле:

$$Q = \frac{2,73 \cdot K_{\phi} \cdot m \cdot S}{\lg \frac{R}{r} + \xi_1 + \xi_2}. \quad (4.4)$$

Здесь ξ_1 – величина дополнительных сопротивлений по степени вскрытия водоносного горизонта определяется в зависимости от отношения $\frac{m}{r}$ и $\frac{l}{m}$ по табл. 4.1. ξ_2 – величина дополнительных сопротивлений по характеру вскрытия водоносного горизонта зависит от размеров и размещения водоприемных отверстий на поверхности фильтра, диаметра частиц, породы которые накладываются на отверстия и ряда других факторов. Для новых правильно подобранных фильтров принимается $\xi_2 = 1$.

Т а б л и ц а 4.1. Значения коэффициента ξ_1

$\frac{l}{m}$	$\frac{m}{r}$							
	3	10	30	100	200	500	1000	2000
0,05	1,2	6,3	17,8	40	47	63	74,5	84,5
0,1	1,0	5,2	12,2	21,8	27,4	35,1	40,9	46,8
0,3	0,65	2,4	4,6	7,2	8,8	10,9	12,4	14,1
0,5	0,33	1,1	2,1	3,2	3,9	4,8	5,5	6,2
0,7	0,12	0,44	0,84	1,3	1,6	2,0	2,3	2,6
0,9	0,01	0,06	0,15	0,27	0,34	0,43	0,5	0,58

Задачей расчета одиночной скважины является определение понижения уровня воды в ней при известном расходе или определение дебита при известном понижении уровня.

Фильтр скважин является весьма ответственной частью. Он должен отвечать следующим требованиям:

- обладать необходимой механической прочностью;
- иметь по возможности наибольшую площадь контакта с водоносной породой;
- обеспечивать максимальный дебит скважины при минимальном понижении уровня воды в ней;
- быть достаточно устойчивым при длительной эксплуатации про-

тив химической и электрохимической коррозии, водной эрозии, зарастания;

- иметь конструкцию, позволяющую применять механические и химические методы восстановления водопроницаемости прифилтрованных зон и фильтра и извлекать из скважины старый фильтр для замены новым.

Фильтр состоит из каркаса и водоприемной поверхности. Каркас – основа для водоприемной поверхности. Он может быть: стержневым, трубчатым с круглой или щелевой перфорацией; из штампованного листа. Водоприемную поверхность устраивают из проволоочной обмотки, штампованного листа, металлических и неметаллических сеток (рис. 4.5).

В зависимости от строения водоприемной поверхности фильтры скважин подразделяют:

- на трубчатые с круглой или щелевой перфорацией;
- с проволоочной обмоткой;
- с водоприемной поверхностью из штампованного листа;
- сетчатые;
- гравийные кожуховые;
- гравийные обсыпные;
- блочные из пористого бетона или пористой керамики.

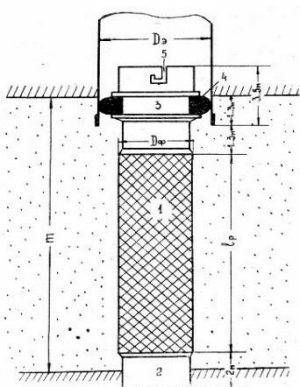


Рис. 4.5. Схема фильтровой водоприемной части скважины:

- 1 – фильтр; 2 – отстойник;
- 3 – муфта с фигурным вырезом для спускового ключа;
- 4 – сальник

Фильтры с круглой и щелевой перфорацией (рис. 4.6, а) применяют, как правило, при заборе стабильной по химическому составу воды из гравелистых грунтов и чистых галечников, часто их используют в качестве опорных каркасов для проволоочной обмотки, сеток и гравия, образующих фильтрующие поверхности, через которые внутрь скважины проходит чистая вода, а песчинки задерживаются. Продолжительность работы фильтров будет тем больше, чем больше скважность каркасов и геометрические размеры отверстий в них.

Каркасно-стержневые фильтры с проволоочной обмоткой (рис. 4.6, б) состоят из металлических стержней, опорных поясов жесткости и соединительных патрубков. Соединительные патрубки изготовляют из обсадных труб соответствующего диаметра. Для каждого звена фильтра необходимо два патрубка длиной 250...350 мм со стандартной резьбой на концах. Металлические стержни выполняют из прутковой стали диаметром 10...16 мм и длиной 2...3,5 м. Чтобы стержни образовали каркас, их располагают по образующей патрубков на расстоянии 30...40 мм один от другого. Опорные пояса придают стержням необходимую жесткость при монтаже каркаса. Их делают из фланцев листового железа толщиной 10...12 мм, колец или сварными с закладкой кусков металла между стержнями и устанавливают по вертикали через 200...350 мм.

Каркасно-стержневые фильтры после сборки очищают от окалины и покрывают антикоррозийным защитным слоем (органической краской ВН-30 или полиэтиленом).

Трубчатые фильтры с проволоочной обмоткой состоят из перфорированного трубчатого каркаса и проволоки из нержавеющей стали диаметром 1,5...4 мм. Проволоку в виде спирали наматывают вокруг каркаса. В результате этого образуются щели бесконечной длины, перпендикулярные к оси фильтра. Шаг спиральной намотки принимают равным $m = (0,8...1) d_{50}$, где d_{50} – пятидесятипроцентный размер частиц водоносной породы, обсыпки из гравия или крупного песка.

Проволочную спираль на трубчатых фильтрах удерживает в заданном положении опорная стальная проволока диаметром 5...10 мм, уложенная и закрепленная вдоль оси каркаса. Фильтры с водоприемной поверхностью из штампованного листа (рис. 4.6, в) состоят из перфорированного трубчатого каркаса, по поверхности которого навита прокладочная проволока, резиновый или хлорвиниловый шнур диаметром 5...10 мм и шагом 60...100 мм.

Благодаря этой навивке между трубчатым каркасом и листом соз-

дается дренажное устройство, отводящее воду внутрь фильтра. Штампованный просечной лист из нержавеющей стали толщиной 0,7...1 мм с отверстиями различной конфигурации и скважностью 18...30 % накладывают на спорную проволоку и крепят электросваркой (прерывистым швом).

Сетчатые фильтры (рис. 4.6, з) состоят из опорного трубчатого или стержневого каркаса, спирально навитой на каркас проволоки и сетки галунного, киперного или квадратного плетения из латуни, нержавеющей стали или пластмассы.

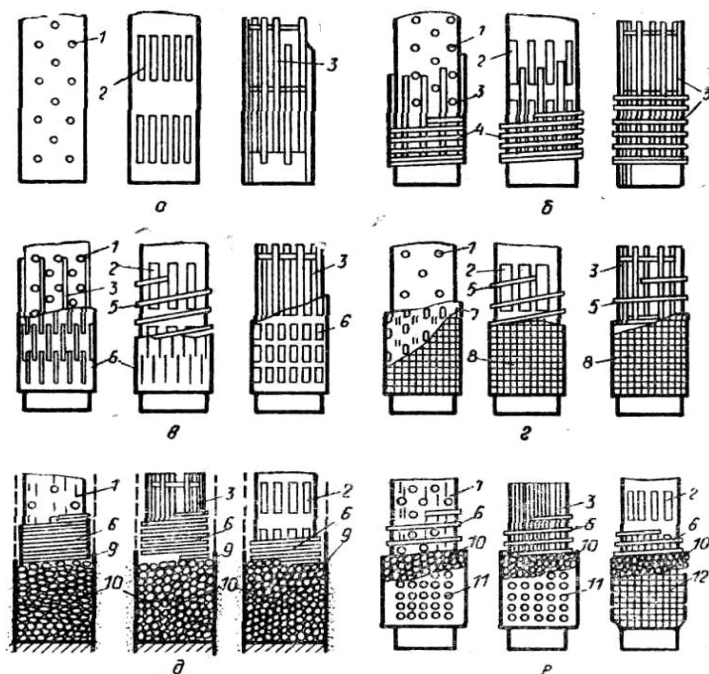


Рис. 4.6. Схемы фильтров:

а — трубчатых с круглой и щелевой перфорацией и каркасно-стержневых; б — с проволоочной обмоткой; в — с водопримной поверхностью из штампованного листа; г — сетчатых; д — гравийных; е — гравийных кожуховых; 1, 2 — круглые и щелевые отверстия; 3 — стержни; 4 — проволоочная обмотка; 5, 7 — подкладочные спиральная обмотка и гофрированная сетка из винипласта; 6 — штампованный лист; 8 — сетка; 9 — обсадные трубы; 10 — гравийная и гравийно-песчаная обсыпка (обыкновенная в кожухе); 11, 12 — кожухи из штампованного кровельного железа и из сетки квадратного плетения

Места пайки у латунных сеток и проволоочной подмотки в результате электрохимической коррозии быстро разрушаются. Поэтому в кромках сетки рекомендуется сшивать, склеивать эпоксидной смолой. Размер отверстий сетки подбирают опытным путем. В фильтрах используют такую сетку, которая пропускает через свои отверстия 60...80 % массы пробы мелко- и среднезернистого песка, или 40...60 % крупнозернистого. Внутренний диаметр эксплуатационной колонны обсадных труб должен быть больше наружного диаметра фильтра на 25...50 мм.

Сетчатые фильтры применяют для забора неагрессивных вод из средне- и крупнозернистых песков.

Гравийные фильтры (рис. 4.6, *д*) обеспечивают длительную и устойчивую в сравнении с другими типами фильтров эксплуатацию скважин, забирающих воду из средне- и мелкозернистых песков. Их контактирующая с водоносной породой поверхность состоит из искусственно вводимого гравия или крупнозернистого песка. Опорные каркасы изготавливают из перфорированных труб, проволоочных и стержневых фильтров.

Различают гравийные фильтры опускные (устанавливают в скважины в готовом виде) и обсыпные (создают непосредственно в скважине, гравий на забой засыпают по межколонному пространству).

Гравийные кожуховые фильтры (рис. 4.6, *е*) состоят из опорного перфорированного или стержневого каркаса, сетки или проволоочной обмотки, предотвращающей проникновение в каркас частиц гравийной обсыпки, стержней, служащих опорной конструкцией для сетки или проволоочной обмотки, гравийной обсыпки, обычно однослойная, толщиной 30...50 мм, кожуха из сетки или трубы со щелями (щелистые трубы применяют в глубоких скважинах), хомутов, которые притягивают сетчатый кожух к каркасу (вместо хомутов можно крепить сетку проволокой), поясов жесткости из проволоки, предохраняющих сетку от выпучивания. Монтируют фильтры на поверхности. Чтобы мелкие частицы гравийной обсыпки не проникали внутрь скважины, в каркасе делают отверстия малого диаметра или закрывают их сеткой (проволоочной обмоткой). При эксплуатации в результате осадки гравия верхние отверстия каркаса могут обнажаться, поэтому гравийную обсыпку рекомендуется насыпать на 50 см выше отверстий в каркасе.

Гравийные обсыпные фильтры состоят из фильтрового каркаса и гравийной обсыпки. Вначале в скважину (в водоносный горизонт) опускают фильтровый каркас какой-либо конструкции, затем его об-

сыпают гравием.

Гравий в скважины глубиной до 100 м засыпают по межколонному пространству, глубиной более 100 м транспортируют потоком промысловочной жидкости.

Тот или иной тип фильтра принимается в зависимости от грунта водоносного горизонта.

Расчет фильтра заключается в определении его диаметра и длины рабочей части.

Диаметр фильтра определяется по зависимости:

$$D_{\Phi} = \frac{Q}{\pi \cdot l_p \cdot V_{\Phi} \cdot \rho}, \quad (4.5)$$

где Q – производительность скважины м³/сут;

D_{Φ} – наружный диаметр рабочей части фильтра, м;

V_{Φ} – допустимая входная скорость фильтрации воды, м/сут;

ρ – скважность фильтра, $\rho = 0,2 \dots 0,3$.

Допустимая входная скорость фильтрации воды определяется: для дырчатых, щелевых, проволоочных и сетчатых фильтров:

$$V_{\Phi} = 65 \cdot \sqrt[3]{K_{\Phi}}, \quad (4.6)$$

для гравийных и блочных фильтров:

$$V_{\Phi} = 1000 \cdot K_{\Phi} \cdot \left(\frac{d_{50}}{D_{50}} \right), \quad (4.7)$$

где d_{50} – диаметр частиц водоносной породы, меньше которого содержится 50 % частиц по массе, мм;

D_{50} – диаметр частиц гравийной обсыпки, меньше которого содержится 50 % частиц по массе, мм.

Длину рабочей части фильтра принимают в зависимости от мощности водоносного пласта, водопроницаемости пород, производительности скважины и конструкции фильтра.

В водоносных пластах мощностью до 10 м длину рабочей части фильтра можно принимать равной мощности водоносного горизонта за вычетом конструктивных размеров:

$$l_p = m - (1 \dots 3 \text{ м}),$$

а в пластах большой мощности:

$$l_p = \beta \cdot m,$$

где β – коэффициент, равный 0,5...0,8.

Длину рабочей части можно также определять по зависимости, задаваясь диаметром фильтра:

$$l_p = \frac{\alpha \cdot Q}{D_\phi} \quad (4.8)$$

где Q – дебит скважины, м³/ч;

α – коэффициент, зависящий от водопроницаемости пород (табл. 4.2);

D_ϕ – диаметр рабочей части фильтра, мм.

Т а б л и ц а 4.2. Значения коэффициента α

Порода	Коэффициент фильтрации, м/сут	α
Песок мелкий	2...5	90
Песок средний	5...15	60
Песок крупный	15...30	50
Известняк	20...50	40
Гравий	30...70	30

Если в результате получится, что $l_p < m$, то скважина несовершенна, в результате чего возникают дополнительные фильтрационные сопротивления, которые необходимо учитывать в формулах для расчета идеальных скважин.

Водозабор группой взаимодействующих скважин

При заборе подземных вод группой взаимодействующих скважин задачей расчета является определение скважины с максимальным понижением уровня воды при известных дебитах скважин с учетом их взаимодействия.

Расчет проведем для группы из трех несовершенных скважин в напорном водоносном горизонте (рис. 4.6). Дебит скважин одинаковый.

Дебит несовершенной скважины в напорном водоносном горизонте определяется по формуле:

$$Q = \frac{2,73 \cdot K_\phi \cdot m \cdot S}{lg \frac{R}{r} + \xi_1 + \xi_2}. \quad (4.9)$$

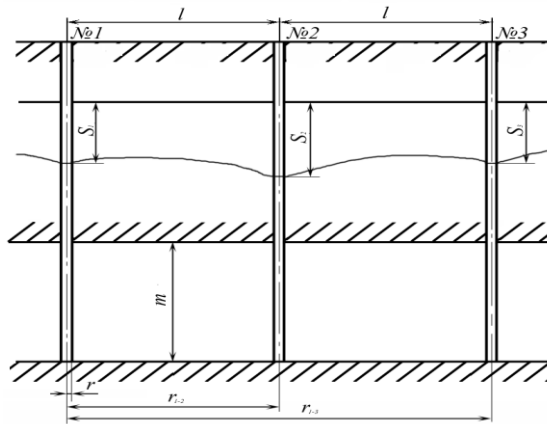


Рис. 4.6. Расчетная схема водозабора из трех взаимодействующих скважин

Понижение уровня (в м) в несовершенной скважине без учета взаимодействия:

$$S = \frac{Q \cdot (lg \frac{R}{r} + \xi_1 + \xi_2)}{2,73 \cdot K_{\Phi} \cdot m}, \quad (4.10)$$

где Q – дебит скважины, м³/сут;

R – радиус влияния, м;

r – радиус скважины, м;

ξ_1, ξ_2 – дополнительные фильтрационные сопротивления, возникающие в связи с несовершенством скважины по степени и характеру вскрытия водоносного горизонта;

K_{Φ} – коэффициент фильтрации, м/сут;

m – мощность водоносного горизонта, м.

Радиус влияния:

$$R = 1,5 \sqrt{a \cdot t}, \quad (4.11)$$

где a – коэффициент пьезопроводности, м²/сут;

t – нормативное время эксплуатации скважины, равное 9125 сут.

$$\alpha = \frac{K_{\phi} \cdot m}{\mu}, \quad (4.12)$$

где μ – коэффициент водоотдачи, принимается в зависимости от типа породы водоносного горизонта (табл. 4.3):

Т а б л и ц а 4.3. Ориентировочные значения коэффициентов фильтрации и водоотдачи

Порода	K_{ϕ} , м/сут	μ
суглинок		0,01...0,05
супесь, пылеватый песок	0,1...1	0,1...0,15
мелкий песок	1...5	0,15...0,2
средний и гравелистый песок	5...30	0,2...0,25
галечно-гравелистые отложения	100...200	0,25...0,3
известняк	20...50	0,005...0,1
песчанник	10...20	0,001...0,03

Дополнительное понижение уровня воды для группы любым образом расположенных взаимодействующих скважин:

$$S_{\text{доп}} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(Q_i \cdot \left(\lg \frac{R_i}{r_i} + \xi_1 + \xi_2 \right) \right)}{2,73 \cdot K_{\phi} \cdot m}, \quad (4.13)$$

где Q_i – дебит i -й скважины, м³/сут;

r_i – расстояние от скважины, в которой определяется понижение уровня, до i -й скважины.

Расстояние между скважинами принимается в зависимости от типа породы и мощности водоносного горизонта (табл. 4.4).

Т а б л и ц а 4.4. Рекомендуемые расстояния между скважинами

Порода	Мощность водоносного горизонта, м		
	6	10...15	>15
Супесь, пылеватый песок	50...60	40...50	30...40
Средне- и крупнозернистый песок	40...50	30...40	20...30
Галечник	20...40	15...30	10...20

Дополнительное понижение уровня воды в скважине № 1 за счет взаимодействия:

$$S_{\text{доп1}} = S_{\text{доп3}} = \frac{Q \cdot \left(\lg \frac{R}{r_{1-2}} + \lg \frac{R}{r_{1-3}} + 2 \cdot (\xi_1 + \xi_2) \right)}{2,73 \cdot K_{\phi} \cdot m}, \quad (4.14)$$

где Q – дебит скважины, м³/сут;

r_{1-2} – расстояние от скважины № 1 до № 2;

r_{1-3} – расстояние от скважины № 1 до № 3.

Дополнительное понижение уровня воды в скважине № 2 за счет взаимодействия:

$$S_{\text{доп2}} = \frac{Q \cdot \left(\lg \frac{R}{r_{1-2}} + \lg \frac{R}{r_{2-3}} + 2 \cdot (\xi_1 + \xi_2) \right)}{2,73 \cdot K_{\phi} \cdot m}, \quad (4.15)$$

где r_{2-3} – расстояние от скважины № 2 до № 3.

Максимальное понижение воды в скважине с учетом взаимодействия:

$$S_{\text{max}} = S + S_{\text{доп1}}^{\text{макс}}, \quad (4.16)$$

где $S_{\text{доп1}}^{\text{макс}}$ – максимальное дополнительное понижение в скважине.

Для нормальных условий работы водозабора максимальное понижение воды в скважине должно быть меньше допустимого значения понижения. Допустимое значение понижения определяется по формуле: для напорных пластов

$$S_{\text{max}} \leq S_{\text{доп}}^{\text{н}} = H - [(0,3 \dots 0,5) \cdot m + \Delta H_{\text{н}} + \Delta H_{\phi}], \quad (4.17)$$

где H – полный напор в скважине, т. е. разность между статическим уровнем воды в скважине и подошвой водоносного пласта, м;

m – мощность напорного водоносного пласта, м;

$\Delta H_{\text{н}}$ – максимальная глубина погружения нижней кромки насоса под динамический уровень в скважине, м. ($H_{\text{н}} = 5 - 10$ м.);

ΔH_{ϕ} – потери напора на входе через фильтр, ($\Delta H_{\phi} = 0,5 - 1,5$ м).
для безнапорных пластов

$$S_{\text{max}} \leq S_{\text{доп}}^{\text{н}} = (0,5 \dots 0,7) \cdot H - \Delta H_{\text{н}} - \Delta H_{\phi}, \quad (4.18)$$

Зоны санитарной охраны водозаборов подземных вод

Водозаборы подземных вод должны располагаться вне территории промышленных предприятий и жилой застройки. Расположение их на территории промышленного предприятия или жилой застройки возможно при надлежащем обосновании. Границы первого пояса зоны санитарной охраны подземного источника питьевого водоснабжения должны устанавливаться от одиночного водозабора (скважина, шахтный колодец, каптаж) или от крайних водозаборных сооружений группового водозабора на расстоянии:

- не менее 30 метров при использовании защищенных подземных вод;
- не менее 50 метров при использовании недостаточно защищенных подземных вод.

Для водозаборов с использованием защищенных подземных вод, расположенных на территории объекта, исключающего возможность загрязнения почвы и подземных вод, расстояние от водозабора до границы первого пояса при наличии гидрогеологического обоснования допускается уменьшать по согласованию с органами государственного санитарного надзора до 15 и 25 метров соответственно.

К недостаточно защищенным подземным водам относятся:

- воды первого от поверхности земли безнапорного водоносного горизонта, получающего питание на площади его распространения;
- воды напорных и безнапорных водоносных горизонтов, которые в естественных условиях или в результате эксплуатации водозабора получают питание на площади зоны санитарной охраны из вышележащих, недостаточно защищенных, водоносных горизонтов через гидрогеологические окна или проницаемые породы, кровли, а также из водотоков и водоемов путем непосредственной гидравлической связи.

К защищенным подземным водам относятся воды напорных и безнапорных водоносных горизонтов, имеющих в пределах всех поясов зоны санитарной охраны сплошную водоупорную кровлю, исключающую возможность местного питания из вышележащих, недостаточно защищенных, водоносных горизонтов.

В первом поясе зоны санитарной охраны подземного источника питьевого водоснабжения запрещаются:

- все виды строительства, не имеющие непосредственного отношения к эксплуатации, реконструкции и расширению водопроводных сооружений, в том числе прокладка трубопроводов различного назначения;

- размещение жилых и хозяйственно-бытовых зданий и проживание людей;

- спуск любых сточных вод, стирка белья, водопой и выпас скота;

- применение ядохимикатов и удобрений;

- посадка высокоствольных деревьев.

Границы второго пояса зоны санитарной охраны подземного источника питьевого водоснабжения определяются гидродинамическими расчетами исходя из условия, что микробное загрязнение воды, поступающее в водоносный горизонт за пределами второго пояса, не достигнет водозабора. При этом время продвижения микробного загрязнения с потоком подземных вод к водозабору принимается равным от 100 до 400 суток в зависимости от климатических районов и защищенности подземных вод.

Радиус (граница) второго пояса (в м) определяется по формуле:

$$R_2 = \sqrt{\frac{Q_{\text{вод}} \cdot T_2}{\pi \cdot m \cdot \mu}}, \quad (4.27)$$

где $Q_{\text{вод}}$ – производительность водозабора, м³/сут;

T_2 – время продвижения микробного загрязнения, сут;

m – мощность водоносного пласта, м;

μ – коэффициент водоотдачи водоносного пласта.

Во втором поясе зоны санитарной охраны подземного источника питьевого водоснабжения запрещаются:

- размещение складов горюче-смазочных материалов, ядохимикатов и минеральных удобрений, накопителей промстоков, шламохранилищ и других объектов, обуславливающих опасность химического загрязнения подземных вод;

- размещение кладбищ, скотомогильников, полей ассенизации, полей фильтрации, навозохранилищ, силосных траншей, животноводческих и птицеводческих предприятий и других объектов, обуславливающих микробное загрязнение подземных вод;

- применение ядохимикатов и удобрений;

- закачка отработанных вод в подземные горизонты, подземное складирование твердых отходов производства и потребления, а также разработка недр;

- рубки леса главного пользования и реконструкции.

Границы третьего пояса зоны санитарной охраны подземных ис-

точников питьевого водоснабжения также определяются гидродинамическими расчетами, учитывающими время продвижения химического загрязнения до водозабора. При этом время продвижения химического загрязнения до водозабора должно быть больше расчетного времени эксплуатации водозабора (25 лет = 9125 суток).

$$R_3 = \sqrt{\frac{Q_{\text{вод}} \cdot T_3}{\pi \cdot m \cdot \mu}}. \quad (4.28)$$

В третьем поясе зоны санитарной охраны подземного источника питьевого водоснабжения запрещаются:

- размещение складов горюче-смазочных материалов, ядохимикатов и минеральных удобрений, накопителей промстоков, шламохранилищ и других объектов, обуславливающих опасность химического загрязнения подземных вод;
- закачка отработанных вод в подземные горизонты, подземное складирование твердых отходов производства и потребления, а также разработка недр.

Размещение складов горюче-смазочных материалов, ядохимикатов и минеральных удобрений, накопителей промышленных стоков, шламохранилищ и других объектов, обуславливающих опасность химического загрязнения подземных вод, допускается в пределах третьего пояса зоны санитарной охраны подземного источника питьевого водоснабжения только при использовании защищенных подземных вод при условии выполнения специальных мероприятий по защите водоносного горизонта от загрязнения по согласованию с органами государственного санитарного надзора и органами государственного управления по природным ресурсам и охране окружающей среды.

3.3 Шахтные колодцы. Лучевые и горизонтальные водозаборы. Каптажи

Для забора подземных вод следует применять следующие водозаборные сооружения:

- водозаборные скважины;
- шахтные колодцы и трубчатые колодцы;
- горизонтальные водозаборы;
- лучевые водозаборы;
- комбинированные водозаборы;

– каптажи.

Выбор типа и размещения водозаборных сооружений следует производить применительно к обоснованным схемам и конструкциям, включая типы водозаборных сооружений и оценку их производительности. Степень обоснования должна соответствовать достигнутой изученности оцениваемого местоположения и стадии принимаемых проектных решений, определяющих категории подсчета запасов. Основанием для проектирования водозабора являются эксплуатационные запасы подземных вод категории разведанные.

При проектировании новых и расширении существующих водозаборов необходимо учитывать условия их взаимодействия с существующими водозаборами на смежных участках, а также их воздействие на окружающую среду.

При заборе воды из подземных источников с использованием водозаборных скважин узлы учета расхода (объема) добываемой воды следует устраивать на каждой скважине. При заборе подземных вод горизонтальными, лучевыми, комбинированными водозаборами, каптажами или с использованием шахтных колодцев узлы учета расхода (объема) добываемой воды следует размещать на напорных трубопроводах насосных станций первого подъема или насосных установок, подающих воду от указанных водозаборных сооружений.

При проектировании следует определять способ бурения, конструкцию скважины, ее глубину, диаметры колонн труб, тип водоприемной части, водоприемника и оголовка скважины, а также порядок опробования.

Количество резервных скважин следует принимать в соответствии с табл. 4.3.

Т а б л и ц а 4.3. Количество резервных скважин в зависимости от количества рабочих и категории водозабора

Количество рабочих скважин	Количество резервных скважин на водозаборе категории		
	I	II	III
От 1 до 4 включ.	1	1	1
От 5 до 12 включ.	2	1	–
Св. 12	20 %	10 %	–

П р и м е ч а н и е. Для водозаборов всех категорий для скважин следует предусматривать наличие на складе резервных насосов:

– при количестве рабочих скважин до 12 – один;

– при количестве рабочих скважин более 12–10 % от количества рабочих скважин.

Шахтные колодцы

Шахтные колодцы чаще всего применяют для приема относительно неглубоко залегающих вод (обычно на глубине не более 20...30 м) из безнапорных водоносных пластов. Прием воды осуществляется через их дно и частично стенки.

Шахтные колодцы следует применять в нецентрализованных системах водоснабжения для забора подземных вод из первого от земной поверхности водоносного горизонта.

Шахтный колодец должен включать следующие конструктивные элементы: оголовок, ствол, водоприемную и водосборные (зумпф) части. Шахтные колодцы следует предусматривать совершенного типа с вскрытием всей мощности водоносного горизонта. При мощности водоносного горизонта более 3 м следует предусматривать шахтные колодцы совершенного и несовершенного типа со вскрытием части мощности водоносного горизонта.

Водоприемную часть шахтных колодцев в зависимости от гидрогеологических условий и глубины следует устраивать в дне или в дне и стенках.

При приеме воды через стенки в них следует устраивать фильтры из пористого бетона или гравийные.

При расположении водоприемной части в песчаных грунтах на дне колодца следует предусматривать обратный песчано-гравийный фильтр или фильтр из пористого бетона.

Обратный фильтр следует принимать из нескольких слоев песка и гравия толщиной слоя от 0,1 до 0,15 м каждый, общей толщиной от 0,4 до 0,6 м с укладкой в нижнюю часть фильтра мелких фракций, а в верхнюю часть – крупных фракций.

Размеры зумпфа определяют необходимым запасом воды в колодце. Оголовок шахтного колодца должен быть выше поверхности земли не менее чем на 0,7 м. Вокруг колодца следует предусматривать отстойник шириной от 1 до 2 м с уклоном 0,1 % от колодца и замок из глины или жирного суглинка шириной 0,5 м на глубину 2 м. Оголовок должен быть перекрыт крышкой с устройством над ним навеса или будки. В колодцах необходимо предусматривать вентиляционную трубу, выведенную выше поверхности земли не менее чем на 2 м. Отверстие вентиляционной трубы должно быть перекрыто колпаком с сет-

кой.

На дно колодца укладывается обратный фильтр в виде слоев гравия с возрастающей сверху крупностью для предотвращения занесения в колодец частиц песка из водоносного пласта. В стенках колодца в пределах водоносного пласта для увеличения притока воды в колодец оставляют отверстия.

Диаметр шахтного колодца обычно не превышает 3–4 м. При устройстве нескольких колодцев их располагают в одну линию и соединяют между собой сифонными, а иногда самотечными трубами. Отбор воды осуществляется насосами из сборного колодца, который часто используется одновременно и для приема воды из грунта (рис.4.7).

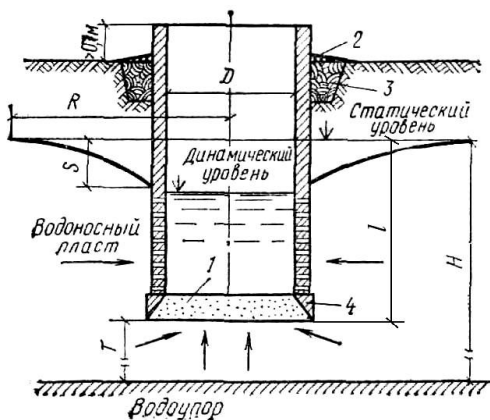


Рис. 4.7. Схема шахтного колодца:
1 – фильтр; 2 – отмостка; 3 – глиняный замок; 4 – нож

Любой шахтный колодец должен быть выведен не менее чем на 0,7 м выше поверхности земли. Вокруг колодца у поверхности земли устраивают глиняный замок на глубину 1,5–2 м и в радиусе около 2 м – отсыпку с мощением или производят асфальтирование для предотвращения попадания в колодец загрязненных поверхностных вод.

Приток воды через дно к несовершенному шахтному колодцу при условии, что $T \geq r$, может быть определен по формуле, предложенной В. Д. Бабушкиным:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot K_{\phi} \cdot r \cdot S}{\frac{\pi}{z} + \frac{r}{T} \left(1 + 1,18 \cdot \lg \frac{R}{4 \cdot H} \right)}, \quad (4.19)$$

где T – расстояние от дна колодца до водоупора, м;

R – радиус влияния (в м) для безнапорных вод может быть определен по формуле Кусакина:

$$R = 2 \cdot S \cdot \sqrt{H \cdot K_{\phi}}. \quad (4.20)$$

Приток воды через боковую поверхность

$$Q = \frac{1,36 \cdot K_{\phi} \cdot S \cdot (2H - S)}{\lg \frac{R}{r} + 0,43 \cdot \xi}, \quad (4.21)$$

где ξ – фильтрационные сопротивления по степени вскрытия водоносного горизонта, считая для безнапорного пласта $m = H_{\text{ср}} 0,8 \cdot H$.

Горизонтальные водозаборы

При малой глубине залегания водоносного пласта (до 5...8 м) и относительно небольшой его мощности применяют горизонтальные водозаборы. Они представляют собой дренажи разных типов или водосборные галереи, укладываемые в пределах водоносного пласта. Водосборное устройство часто располагают по линии, перпендикулярной направлению движения грунтового потока. Вода, поступившая из грунта в дренажные трубы или галереи, подается по ним в сборный колодец, откуда откачивается насосами.

Все конструкции горизонтальных водосборов можно разделить на следующие три группы: траншейные водосборы; трубчатые водосборы; водосборные галереи (рис. 4.8).

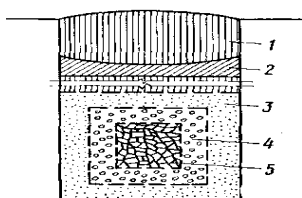


Рис. 4.8. Схема траншейного водосбора:
1 – местный грунт; 2 – экран из водонепроницаемого грунта; 3 – крупный песок; 4 – гравий; 5 – выкладка из рваного камня или щебня

Траншейные водосборы являются наименее совершенным типом горизонтальных водосборов.

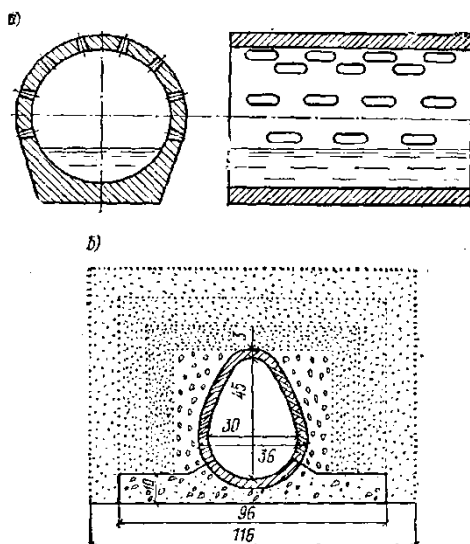


Рис. 4.9. Трубочатые водосборы:
а – форма железобетонных труб, б – гравийно-песчаная обсыпка

Водосборные галереи – обычно железобетонные овоидального сечения или сводообразного типа с отверстиями в стенке.

Горизонтальные водозаборы в виде каменно-щебеночной водосборной дрены следует применять при отборе подземных вод на глубине до 4 м от поверхности земли для нецентрализованных систем водоснабжения, а также для систем временного водоснабжения. Такие

водозаборы необходимо устраивать путем укладки на дно траншеи каменно-щебеночной призмы с размером стороны сечения от 0,3 до 0,5 м с обсыпкой ее обратным фильтром. Призма должна иметь уклон от 0,01 ‰ до 0,05 ‰ в сторону водосборного колодца, из которого производится отбор воды.

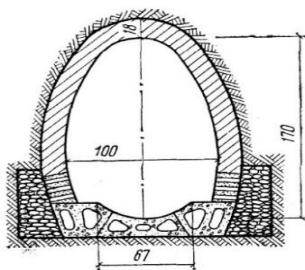


Рис. 4.10. Водосборная галерея

Горизонтальные водозаборы с трубчатой водосборной дренажной с укладкой труб в открытой траншее следует предусматривать для забора подземных вод из первого от поверхности безнапорного водоносного горизонта, имеющего подошву на глубине до 8 м для водозаборов II и III категорий.

Для возможности осмотра трубчатых водосборных дрен и галерей, их вентиляции и ремонта следует предусматривать смотровые колодцы, расстояние между которыми приведено в таблице 4.5.

Т а б л и ц а 4.5. Расстояние между смотровыми колодцами

Не более 50, м	Для водозаборов из трубчатых водосборных дрен диаметром, мм	От 150 до 500
Не более 75, м	То же	Св. 500
От 100 до 150, м	Для галерей	

Смотровые колодцы также следует предусматривать в местах изменения направления водоприемной части в плане и вертикальной плоскости.

Смотровые колодцы следует принимать диаметром 1 м; верх колодцев должен выступать не менее чем на 0,2 м над поверхностью земли; вокруг колодцев следует предусматривать водонепроницаемую

отмостку шириной не менее 1 м и глиняный замок; колодцы следует оборудовать вентиляционными трубами, выведенными выше поверхности земли не менее чем на 2 м. Отверстие вентиляционной трубы необходимо защищать колпаком с сеткой.

Водоприемную часть горизонтальных водозаборов из трубчатых водосборных дрен диаметром более 150 мм следует предусматривать из труб с круглыми или щелевыми отверстиями в боковых и верхней частях труб. Нижняя часть трубы (не более 1/3 по высоте) должна быть без отверстий. Уклон труб в сторону водосборного колодца должен.

Определение диаметров трубопроводов горизонтальных водозаборов следует производить для периода низкого стояния уровня грунтовых вод; расчетное наполнение – принимать равным 0,5 диаметра трубы.

Скорость течения воды в трубах следует принимать не менее 0,7 м/с.

Для водозаборов I и II категорий необходимо принимать водосборные галереи из сборного железобетона со щелевыми отверстиями или окнами с козырьками.

Водосборные галереи следует применять для централизованных систем водоснабжения, а также в тех случаях, когда по гидрогеологическим и другим условиям необходимо обеспечить проход в водоприемной части для наблюдения в период эксплуатации. С боков галереи в пределах ее водопроницаемой части следует предусматривать устройство обратного фильтра.

В стенках нижней части галереи, устраиваемой подземным способом, необходимо предусматривать водоприемные отверстия или окна с фильтрующими вставками. В нижней части галереи должен быть расположен лоток, обеспечивающий сток воды к водосборному колодцу с незаиляющей скоростью.

Количество воды, поступающей в совершенный горизонтальный водосбор из безнапорного пласта:

$$Q = K_{\phi} \cdot \frac{H^2 - h^2}{R} \cdot l, \quad (4.22)$$

где h – высота стояния воды в водосборе, м;

R – зона влияния, м;

l – длина водосбора, м.

Размеры поперечного сечения водопроводящей части галерей и

труб определяется из условия безнапорного движения воды со скоростью не менее 0,7 м/с при наполнении $0,5 \cdot D$ по зависимости:

$$\omega = \frac{Q}{C \cdot \sqrt{R \cdot I}}, \quad (4.23)$$

где C – коэффициент Шези;

R – гидравлический радиус;

I – уклон галереи или трубы.

Площадь водоприемных отверстий, приходящихся на 1 м

$$f_0 = \frac{Q}{86400 \cdot \mu \cdot l \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1}}, \quad (4.24)$$

где μ – коэффициент расхода отверстий, равный 0,6...0,62;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

h_1 – средний напор над водоприемными отверстиями, м.

Поскольку в горизонтальных водозаборах расход по мере приближения к колодцу увеличивается, то расчет водопроводящей части следует вести по участкам (обычно от колодца к колодцу).

Лучевые водозаборы

Лучевые водозаборы – комбинация шахтного колодца и расходящихся от него лучами горизонтальных дрен, выполняемых при помощи гидравлического бурения или продавливания. Число горизонтальных лучевых дрен изменяется от 2 до 8, реже больше. Длина лучей обычно находится в пределах 20-50 м, но иногда достигает 150 м. В водообильных водоносных пластах лучевые дрены могут располагаться в несколько ярусов (рис. 4.11).

При двух дренах, расположенных по прямой, приток к лучевому водозабору приблизительно равен притоку воды к горизонтальному. С увеличением числа дрен они начинают оказывать влияние друг на друга, и приток к каждой дрене уменьшается, хотя в целом дебит лучевого водозабора возрастает. По сравнению с одиночным шахтным колодцем (без дрен) лучевые водозаборы имеют больший дебит.

Лучевые водозаборы следует применять:

- в водоносных горизонтах, кровля которых расположена от поверхности земли на глубине не более 20 м, а мощность пласта не превышает 20 м;

– для отбора подземных вод подрусовых аллювиальных отложений в берегах и под руслом рек;

– в неоднородных по высоте водоносных горизонтах (забор воды следует производить из слоев с большей водоотдачей).

При плановой фильтрационной неоднородности водоносного горизонта направление, количество и длина отдельных лучей водозабора должны соответствовать расположению наиболее проницаемых слоев. Количество, направление, глубину размещения и длину лучевых дренажных скважин следует принимать в зависимости от гидрогеологических и эксплуатационных условий.

В неоднородных и мощных однородных водоносных горизонтах следует применять многоярусные лучевые водозаборы с лучами, расположенными на разных отметках.

При длине лучей водозабора менее 30 м в однородных водоносных горизонтах угол между лучами следует принимать не менее 30°.

На лучах при входе в колодец устанавливают задвижки. Лучевые водоприемники позволяют наиболее полно использовать водоносные слои даже малой мощности.

Лучи длиной 60 м и более следует принимать телескопической конструкции с уменьшением диаметра труб.

Водозаборные лучи должны быть из труб с круглыми или щелевыми отверстиями со скважностью не более 20 %.

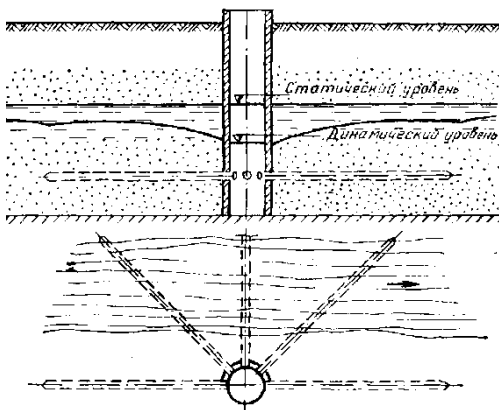


Рис. 4.11. Лучевой водозабор

Каптажи

Родники, или ключи, представляют собой естественный выход подземных вод на поверхность. Прозрачность, высокие санитарные качества, а также относительно простые способы получения родниковой воды привели к широкому использованию ее для целей питьевого водоснабжения.

Родники бывают двух типов: **восходящие и нисходящие**. Первые образуются при проникании в поверхностные слои грунта напорных вод в результате нарушения целостности перекрывающих их водонепроницаемых пород. Вторые образуются в результате выклинивания на поверхность земли безнапорных водоносных пластов, покоящихся на водонепроницаемых породах.

Сооружения для приема родниковых вод получили название каптажных сооружений, а процесс сбора родниковой воды называют *каптажем родников*. Эти сооружения в соответствии с характером их работы имеют различное устройство.

Для каптажа восходящих родников водоприемные сооружения выполняются в виде резервуара или шахты, сооружаемых над местом наиболее интенсивного выхода родниковой воды. Вода принимается только через дно, выполненное в виде обратного фильтра. Собранная вода отводится к потребителю самотеком или к насосной станции по трубе.

Каптаж нисходящих родников осуществляется путем устройства приемных камер с боковой водоприемной поверхностью, располагаемых в месте наиболее интенсивного выхода родниковой воды. В ряде случаев перпендикулярно основному направлению движения родниковой воды для ее перехвата и направления к приемной камере устраиваются сооружения в виде перемычек, подпорных стен и т. п. Иногда вдоль этих перемычек укладывают горизонтальные водосборные трубы или галереи.

Каптажные камеры следует устраивать из сборного железобетона в открытых котлованах или восходящих источниках при глубоком залегании водоносного пласта опускным способом.

При каптаже родников прием воды в каптажной камере должен осуществляться через обратные фильтры. Каптажные камеры должны быть защищены от поверхностных загрязнений, промерзания и затопления поверхностными водами.

В каптажной камере следует предусматривать:

- переливную трубу, рассчитанную на максимальный дебит родника, с установкой на конце клапана-захлопки;
- спускную трубу диаметром не менее 100 мм;
- вентиляционную трубу.

Для осаждения взвешенных веществ каптажную камеру следует разделять переливной стенкой на два отделения: одно – для отстаивания воды с последующей его очисткой от осадка; другое – для забора воды насосом.

ЛЕКЦИЯ 4 И 5

Тема 4. Водозаборы поверхностных вод

4.1 Классификация водозаборов. Место расположения и зоны санитарной охраны водозаборов

Водозаборные сооружения из поверхностных источников, кроме основной задачи – обеспечения бесперебойного получения требуемого количества воды из природного источника, – выполняют также функции предварительной механической очистки забираемой воды, защиты от попадания в нее льда, а также рыбы. По степени надежности водозаборные сооружения из поверхностных источников делятся на три категории:

I категория. Не допускается перебоев в отборе расчетного расхода воды. **II категория.** Отбор расчетного расхода воды с возможным перерывом подачи в течение 5 ч или снижение ее подачи на период до 1 мес. **III категория.** Отбор расчетного расхода воды с возможным прекращением на период до 3 сут.

Обеспеченность минимальных среднемесячных расходов воды поверхностных источников следует принимать в %, не менее приведенных в табл. 4.6 значений.

Т а б л и ц а 4.6. Обеспеченность водозаборов водой

Обеспеченность водозабора водой	Категория водозабора по надежности подачи воды
95	I категории
90	II категории
85	III категории

В зависимости от требуемой категории водозабора обеспеченность расчетных уровней воды в поверхностных источниках следует принимать в соответствии с табл. 4.7, а также с учетом природоохранных и санитарных требований.

Т а б л и ц а 4.7. Обеспеченность расчетных уровней воды в источниках

Категория водозабора по надежности подачи воды	Обеспеченность расчетных уровней воды в поверхностных источниках, %	
	максимальная	минимальная
I	1	97
II	3	95
III	5	90

Класс сооружений водозабора поверхностных вод устанавливают в зависимости от категории надежности подачи воды в систему водоснабжения и назначения сооружений, входящих в состав комплекса водозабора в соответствии с табл. 4.8.

Т а б л и ц а 4.8. Класс сооружений водозабора в зависимости от категории надежности

Категория водозабора по надежности подачи воды	Класс сооружений, входящих в комплекс водозабора	
	основных	вспомогательных
I	I	II
II	II	III
III	III	IV

Водоприемные устройства водозабора должны сохранять работоспособность в условиях возникновения возможных осложнений, вызванных:

- снижением глубин или расхода воды в водоисточнике;
- образованием в потоке внутриводного льда и шуги, а также транспортированием потоком наносов, крупноразмерных примесей;
- судоходством, регулированием стока;
- отбором воды для других целей;
- захватом примесей из водного объекта;
- переформированием русла или побережья водного объекта;
- волнением, перемещениями наносов вдольбереговыми течениями, нагоном наносов и льда;

- развитием ракушки, планктона, захватом водорослей.

При выборе места расположения и типа водозаборных сооружений на водотоках следует учитывать:

- назначение водозабора и предъявляемые к нему требования;
- гидрологические, топографические, геологические, гидрогеологические, ихтиологические условия;
- качество воды;
- удаленность от места потребления воды;
- требования судоходства и охраны рыбных ресурсов;
- условия строительства сооружений, их последующей эксплуатации и перспективы водохозяйственных мероприятий на данном водотоке;
- экономическую целесообразность принятых решений.

Для всех типов водозаборов и водоприемных устройств на водоемах следует применять компоновку и конструктивные элементы, при которых исключается или предельно ослабляется проникновение сосредоточенных течений, выходящих из приборных зон к месту забора воды на весь период эксплуатации водозабора. Водоприемные устройства или место забора воды, независимо от типа водозабора, должны находиться за пределами приборных зон при минимальных уровнях воды, в местах, укрытых от волнения.

Гидравлические расчеты водоприемников следует выполнять для определения:

- гидравлических характеристик режима работы;
- размеров водоприемных отверстий, диаметров самотечных или сифонных водоводов и других конструктивных элементов;
- потерь напора в водоприемнике и подводящей системе водоводов;
- отметки оси насосов;
- степени неравномерности забора воды.

Размеры водоприемных отверстий в свету следует определять по средней скорости втекания воды в отверстия сороудерживающих решеток, сеток или в поры фильтров с учетом требований рыбозащиты.

Скорость втекания воды в водоприемные отверстия, без учета требований рыбозащиты, не должна превышать, м/с:

- для береговых незатопляемых водоприемников: 0,6 – для средних условий забора воды; 0,2 – для тяжелых условий забора воды;
- для затопленных водоприемников: 0,3 – для средних условий забора воды;

0,1 – для тяжелых условий забора воды.

Зоны санитарной охраны водозаборов поверхностных вод

Границы первого пояса зоны санитарной охраны водотока, в том числе подводящего канала, должны устанавливаться:

- вверх по течению на расстоянии не менее 200 метров от водозабора;
- вниз по течению на расстоянии не менее 100 метров от водозабора;
- по прилегающему к водозабору берегу на расстоянии не менее 100 метров от линии уреза воды при летне-осенней межени.
- в направлении к противоположному берегу в границы первого пояса зоны санитарной охраны водотока должны включаться вся акватория и противоположный берег шириной 50 метров от уреза воды при летне-осенней межени при ширине водотока менее 100 метров и полоса акватории шириной не менее 100 метров при ширине водотока более 100 метров.

В первом поясе зоны санитарной охраны поверхностного источника питьевого водоснабжения запрещаются:

- все виды строительства, не имеющие непосредственного отношения к эксплуатации, реконструкции и расширению водопроводных сооружений, в том числе прокладка трубопроводов различного назначения;
- размещение жилых и хозяйственно-бытовых зданий и проживание людей;
- спуск любых сточных вод, в том числе вод водного транспорта;
- купание, стирка белья, водопой и выпас скота, другие виды водопользования, оказывающие отрицательное влияние на качество воды;
- применение ядохимикатов и удобрений;
- посадка высокоствольных деревьев.

Границы второго пояса зоны санитарной охраны водотока надлежит устанавливать:

- вверх по течению, включая притоки, исходя из скорости течения воды, усредненной по ширине и длине водотока или для отдельных его участков, чтобы время протекания воды от границы пояса до водозабора при среднемесечном расходе воды 95 процентов обеспеченности было не менее 5 суток;

- вниз по течению на расстоянии не менее 250 метров от водозабора;

- боковые границы при равнинном рельефе местности на расстоянии не менее 500 метров от уреза воды при летне – осенней межени;

- боковые границы при гористом рельефе местности до вершины первого склона, обращенного в сторону водотока, но на расстоянии не менее 750 метров от линии уреза воды при летне – осенней межени при пологом склоне и не менее 1000 метров при крутом склоне.

Во втором поясе зоны санитарной охраны поверхностного источника питьевого водоснабжения запрещаются:

- рубки леса главного пользования и реконструкции, а также закрепление за лесозаготовительными предприятиями древесины на корню и лесосечного фонда долгосрочного пользования;

- размещение складов горюче-смазочных материалов, ядохимикатов и минеральных удобрений, накопителей промстоков, шламохранилищ и других объектов, которые могут вызвать химическое загрязнение источников питьевого водоснабжения;

- размещение стойбищ и выпас скота, а также всякое другое использование водоема и земельных участков, лесных угодий в пределах прибрежной полосы шириной не менее 500 метров, которое может привести к ухудшению качества или уменьшению количества воды в источнике питьевого водоснабжения;

- отведение в зону водосбора поверхностного источника водоснабжения, включая его притоки, сточных вод, не отвечающих нормативным требованиям;

- применение ядохимикатов.

Границы третьего пояса зоны санитарной охраны водотока должны быть вверх и вниз по течению водотока такими же, как для второго пояса. Боковые границы должны устанавливаться по линии водоразделов в пределах 3 – 5 километров, включая притоки.

В пределах третьего пояса зоны санитарной охраны поверхностного источника питьевого водоснабжения запрещается:

- отведение в зону водозабора источника питьевого водоснабжения, включая его притоки, сточных вод, не отвечающих требованиям санитарных норм и правил.

4.2 Водозаборы руслового типа

Водозаборные сооружения с русловыми водоприемниками следует проектировать при необходимости выноса водоприемника в русло водотока на определенное расстояние от водоприемного колодца и насосной станции при пологом береговом откосе. Поступление воды от руслового водоприемника в водоприемный колодец должно осуществляться по самотечным или сифонным водоводам.

Расчет диаметров водоводов следует производить по значениям допускаемых скоростей в условиях нормального режима работы водозабора.

Водозаборы руслового типа (рис. 4.16) чаще всего применяют при относительно пологом берегу. В этих условиях требуемые для забора воды глубины в реке находятся на относительно большом расстоянии от берега. Кроме того, при пологом берегу сезонные колебания уровня в реке вызывают значительное перемещение уреза воды, т. е. затопление берега. А поскольку насосная станция, как правило, должна быть расположена вне зоны затопления, длина труб от точки приема воды до насосной станции достигает часто большой длины. Устройство длинных всасывающих линий экономически нецелесообразно и не обеспечивает надежной эксплуатации водозабора. В связи с этим в водозаборах руслового типа всасывающие линии заменены на большей части их длины самотечными, по которым осуществляется своеобразный глубокий ввод воды в берег с подводом ее возможно ближе к насосной станции.

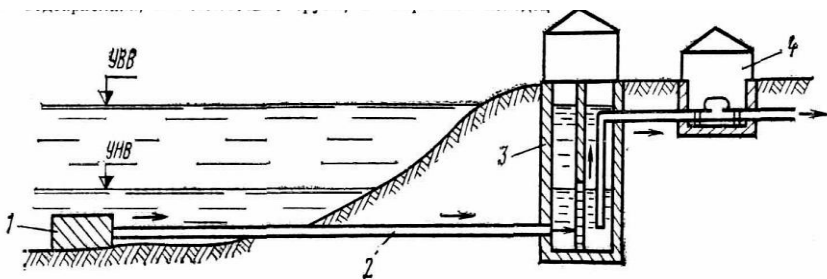


Рис. 4.16. Водозабор руслового типа

В отличие от береговых водозаборов русловые водозаборы имеют специальные устройства, осуществляющие непосредственный прием

воды из русла реки (водоприемники).

Здесь непосредственный прием воды из реки производится через водоприемник, конструктивное оформление которого зависит от количества забираемой воды, глубины реки, ее ледовых условий, характера грунта и т. д. От водоприемника вода по самотечным линиям 2 подводится к береговому колодцу 3. Его конструкция и оборудование несколько отличаются от обычного водозабора берегового типа, поскольку вода из источника поступает в него не через входные окна, а по самотечным трубам. Так же, как и водозабор берегового типа, береговой колодец обычно состоит из приемного и всасывающего отделений и снабжен сетками для грубой механической очистки воды. Береговой колодец может быть устроен раздельным или совмещен с насосной станцией 4.

При значительных колебаниях уровня воды русловые водозаборы иногда устраивают, с двумя ярусами самотечных труб для возможности приема воды с наименьшим количеством взвеси.

В некоторых случаях в целях уменьшения глубины укладки самотечных линий их заменяют сифонными линиями.

Расчет водозабора руслового типа заключается в определении размеров самотечных (или сифонных) линий, сеток, отметок уровней воды в отделениях водозабора. Расчет диаметров водоводов следует производить по значениям допускаемых скоростей в условиях нормального режима работы водозабора. Скорость движения воды в самотечных и сифонных водоводах при нормальном эксплуатационном режиме работы водозаборных сооружений следует принимать по табл. 4.9.

Т а б л и ц а 4.9. Скорость движения воды в водозаборах

Диаметр водоводов, мм	Скорость движения воды, м/с, в водозаборах категории	
	I	II и III
От 300 до 500	0,7–1,0	1,0–1,5
От 500 до 800 включ.	1,0–1,4	1,5–1,9
Св. 800	1,5	2,0

П р и м е ч а н и е. При возможном биологическом обрастании водоводов расчет потерь в водоводе следует производить при значении коэффициента шероховатости, равном 0,02.

4.3 Водозаборы берегового типа

Водозаборные сооружения берегового типа используют обычно при относительно крутых берегах и наличии у берега достаточных глубин, обеспечивающих требуемые условия забора воды. Водоприемными устройствами береговых водозаборов служат окна, расположенные в лобовой стенке сооружения и снабженные сороудерживающими решетками, осуществляющими предварительную грубую механическую очистку воды. Водозаборное сооружение берегового типа представляет собой колодец 2, обычно железобетонный, передняя стенка которого выходит непосредственно в русло реки (рис. 4.15).

Вода поступает в водозабор через входные окна 1, расположенные в передней стенке колодца, и забирается через всасывающие трубы 4. На пути от входных окон к всасывающим трубам вода проходит через сетки 9, установленные в перегородке 8, разделяющей водоприемный колодец на два отделения: переднее – приемное (А) и заднее – всасывающее (Б).

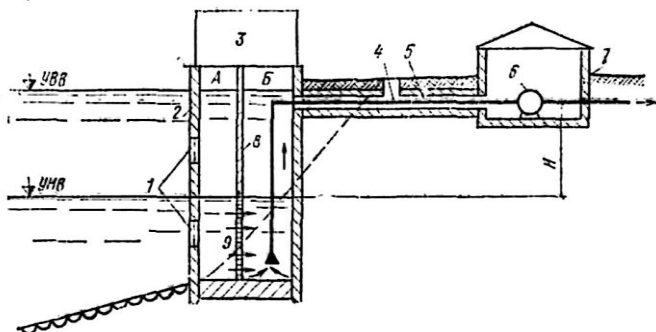


Рис. 4.15. Водозаборное сооружение берегового типа

На сетках задерживается значительная часть загрязнений, содержащихся в воде: планктон, водоросли, мелкий сор и т. д. Подобная механическая очистка (процеживание) воды значительно облегчает работу сооружений для осветления воды, предотвращает возможное засорение труб и насосов, а в ряде случаев в системах производственного водоснабжения дает возможность использовать воду без какой-либо дополнительной очистки.

Расчет водозабора берегового типа заключается в определении

размеров водоприемных окон, сеток, отметок уровней воды в отделениях водозабора.

Водозаборные сооружения берегового типа необходимо устраивать при достаточно крутом береговом откосе с раздельной или совмещенной компоновкой. При раздельной компоновке насосную станцию первого подъема следует размещать отдельно от берегового водоприемного колодца. Подача воды к насосам должна осуществляться через всасывающие водоводы.

Для обеспечения бесперебойной работы при техническом обслуживании и ремонте без прекращения подачи воды водоприемный колодец должен быть разделен продольными перегородками на несколько (не менее двух) параллельно работающих секций.

Размеры в плане берегового водоприемного колодца следует определять с учетом размеров водоприемных отверстий и сеток, количества и диаметра всасывающих водоводов, высоту – с учетом амплитуды колебаний уровней воды в водотоке, толщины ледового покрова, инженерно-геологических условий в основании. Отметку оси насосов следует определять от минимального уровня воды для соответствующей категории водозабора по надежности подачи воды в систему водоснабжения согласно. Выбор типа сеток для предварительной очистки воды следует производить с учетом особенностей источника и производительности водозабора.

Вращающиеся сетки следует применять в средних и тяжелых условиях забора воды из источника водоснабжения, а также при производительности водозабора более $1 \text{ м}^3/\text{с}$.

При наличии рыбозащитных устройств в месте водозабора рабочую площадь сеток следует определять при минимальном уровне воды в сеточном колодце и скорости в отверстиях сетки не более 1 м/с .

При применении в качестве рыбозащитных устройств фильтрующих элементов или водоприемников фильтрующего типа следует рассматривать возможность отказа от установки водоочистных сеток.

4.4. Комбинированные водозаборы

При определенных условиях – профиль берега, амплитуда колебаний уровня воды – устраивают комбинированный водозабор, где забор воды при высоком стоянии уровня производится через входные окна в передней стенке берегового колодца, как и в обычном водозаборе бе-

регового типа.

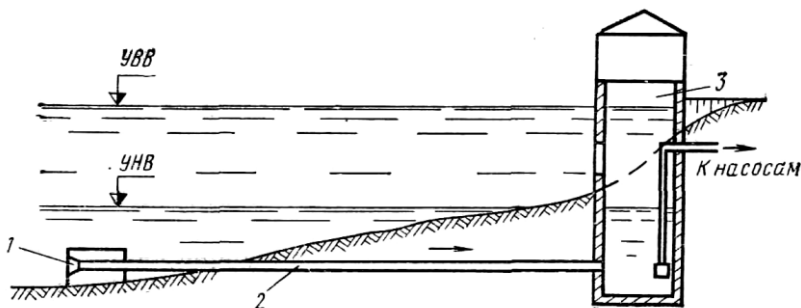


Рис. 4.17. Комбинированный водозабор: 1 – водоприемник; 2 – самотечные трубы; 3 – береговой колодезь

ЛЕКЦИЯ 6, 7 И 8

Тема 5. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ И РАСПРЕДЕ- ЛЕНИЕ ВОДЫ

5.1. Разводящие сети. Схемы питания кольцевых сетей

Тип сооружений, транспортирующих воду от источника водоснабжения к потребителю, зависит от следующих факторов:

- количества подаваемой воды;
- расстояния, на которое нужно передать воду;
- разности отметок начальной и конечной точек подачи воды;
- рельефа местности;
- системы водоснабжения;
- режима подачи;
- специальных требований водопотребителей.

Основные требования к транспортирующим сооружениям – обеспечение требуемого количества транспортируемой воды, сохранение качества воды в процессе транспортирования, минимально возможные потери воды в процессе транспортирования, надежность и экономичность.

Основными видами транспортирующих воду сооружений являют-

ся:

- напорные водоводы (трубопроводы, работающие полным сечением), по которым подача воды может осуществляться из высоко расположенных природных источников (гравитационные напорные водоводы), а также насосами (нагнетательные водоводы);
- безнапорные водоводы (работающие не полным сечением);
- открытые каналы.

Наиболее широкое распространение в практике водоснабжения имеют напорные водоводы, т. е. линии, работающие полным сечением труб. Предельно допустимые наибольшие давления в напорных водоводах определяют выбор типа и материала используемых труб.

Гравитационные (самотечные) водоводы, работающие не полным сечением, требуют выбора такой трассы, при которой может быть осуществлено безнапорное движение воды (со свободной поверхностью воды). Единичная стоимость таких водоводов меньше, чем напорных, но увеличение протяженности их трассы, обеспечивающей требуемые уклоны, может вызвать значительное увеличение длины водоводов и соответственно их общей строительной стоимости. Гравитационные водоводы не требуют затрат средств на электроэнергию, необходимую для работы насосов.

Открытые каналы, представляющие собой искусственные русла потока воды, используются обычно для дальних передач больших количеств воды. Эти каналы требуют устройства на них ряда специальных сооружений.

К транспортирующим и распределительным сооружениям в централизованных системах водоснабжения (водопроводах) относятся водоводы, разводящие (уличные) водопроводные сети и внутренние (домовые) водопроводы.

Водоводы – транзитные трубопроводы, соединяющие отдельные элементы схемы водоснабжения, например водозаборный узел с очистной станцией, насосную станцию с водонапорной башней или с разводящей сетью.

Разводящие (уличные) водопроводные сети представляют собой разветвленные системы трубопроводов, служащих для распределения воды по территории объекта водоснабжения. Линии разводящей водопроводной сети прокладывают по улицам, проездам, иногда внутри кварталов с таким расчетом, чтобы к ним можно было бы подключить дома и производственные здания.

Внутренние водопроводные сети служат для подачи воды от улич-

ной сети к зданиям, распределения ее внутри зданий и подвода к местам потребления.

Как уже отмечалось, в систему распределения воды в населенных пунктах входят следующие основные элементы:

- распределительная (разводящая) сеть труб;
- напорно-регулирующие устройства (водонапорная башня и др.);
- насосная станция второго подъема.

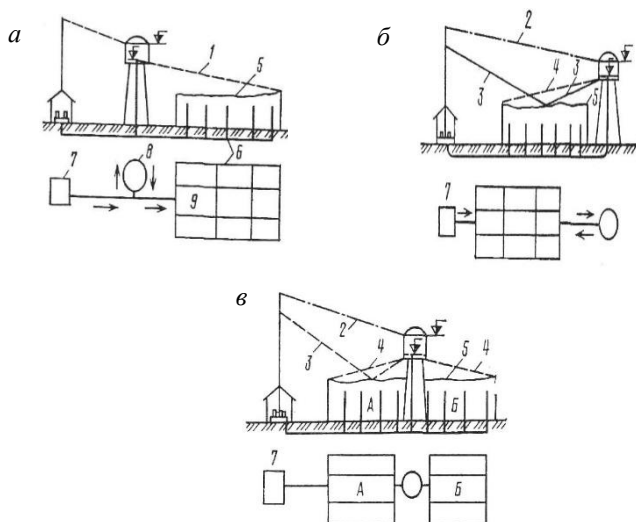


Рис. 6.1. Схема водопроводной сети:

а – с проходным резервуаром; *б* – с контррезервуаром; *в* – комбинированная
 1 – линия пьезометрического напора в сети; 2 – пьезометрическая линия при питании сети от насосной станции и транзите в башню; 3 – пьезометрическая линия при питании сети из башни и от насосной станции; 4 – пьезометрическая линия при питании сети от башни; 5 – линия необходимого напора; 6 – разводящая сеть труб;
 7 – насосная станция; 8 – башня; 9 – разводящая сеть

По характеру их размещения и соединения различают три схемы питания сети (рис. 6.1):

- с проходным резервуаром;
- с контррезервуаром;
- комбинированную схему питания.

В схеме с *проходным резервуаром* насосная станция второго подъема подает воду в напорный резервуар и в распределительную сеть.

В схеме с *контррезервуаром* водонапорная башня расположена на противоположной от насосной станции стороне населенного пункта. В период максимального расхода в сети вода в нее поступает от насосной станции и из напорного резервуара на башне. Когда потребление в сети меньше количества воды, подаваемого насосной станцией, то неизрасходованная в сети вода поступает транзитом в напорный резервуар на башне, образуя там некоторый резерв. Если насосная станция не работает, вода в сеть поступает только из башни.

При *комбинированной схеме питания* часть распределительной сети питается по схеме с контррезервуаром (часть А), часть (Б) – по схеме через башню.

Кроме рассмотренных основных схем питания сети, возможны и более сложные:

- вода подается от нескольких насосных станций в различные точки сети;
- вместо одного устраивают несколько напорных резервуаров;
- сеть питается только от насосных станций, и напорный резервуар отсутствует, то есть насосы работают круглые сутки.

Выбор схемы питания сети в значительной степени зависит от характера рельефа поверхности населенного пункта. При горизонтальной поверхности возможна любая из трех основных схем питания сети. В этом случае выбор схемы определяет размер населенного пункта. В небольшом поселке для удобства эксплуатации лучше поставить башню рядом с насосной станцией и применить схему с питанием через башню.

В крупном населенном пункте для уменьшения высоты башни может оказаться выгодной схема с контррезервуаром или комбинированная.

Для сети, которая подлежит расчету, всегда известны ее конфигурация, длины участков и отборы воды в узлах.

Водопроводная сеть в зависимости от планировки снабжаемого объекта и взаимного расположения насосных станций и резервуаров может иметь различные геометрические очертания. В практике различают три типа сетей по их геометрической форме (рис. 6.2):

- тупиковые (разветвленные);

– кольцевые (замкнутые);

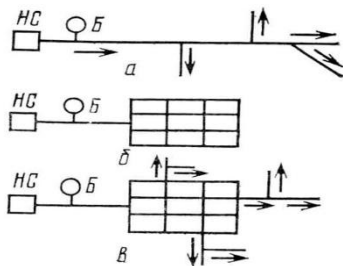


Рис. 6.2. Схемы начертания распределительной сети:
а – тупиковая; б – кольцевая; в – смешанная

– комбинированные (смешанные).

5.2. Основы гидравлического расчета сетей и водоводов

Одна из основных задач при расчете сетей (при известных узловых отборах) – начальное потокораспределение.

Для этой цели используют I-й закон Кирхгофа: **Приток воды к узлу равен оттоку.**

При этом расходы, приходящие к узлу, словно считают положительными, а уходящие от узла (включая отбор) – отрицательными.

Для тупиковых сетей расходы распределяются единственно возможным образом, и задача здесь имеет однозначный смысл.

Для кольцевых сетей при заданных узловых отборах можно найти неограниченное число вариантов распределения расходов на участках, которые удовлетворяют I-му закону Кирхгофа.

Поскольку начальное потокораспределение имеет множество вариантов, то необходимо выполнение (кроме I-го закона Кирхгофа) дополнительного условия, т. е. II-го закона Кирхгофа: **Сумма потерь напора в замкнутом контуре должна равняться нулю ($\sum h = 0$).**

Это условие должно выполняться как для каждого кольца в отдельности, так и для внешнего контура.

Подготовка к гидравлическому расчету сети выполняется в следующей последовательности.

Все линии нанесенной на плане населенного пункта сети для расчета разбивают на участки. Начальные и конечные точки каждого расчетного участка называют узлами и обозначают для всего населенного

пункта порядковыми номерами. Узлы назначают во всех точках, где имеются сосредоточенные расходы воды, а также на всех точках пересечения линий и изменения диаметров труб. Длина расчетных участков не должна превышать 800 м.

Назначив расчетные участки, приступают к определению *путевых отборов* (расходов) воды на каждом участке. *Путевым отбором* называется количество воды, забираемое на данном участке трубопровода водопотребителями в секунду.

Путевые отборы можно определить двумя способами:

- методом удельных расходов;
- методом привязанных площадей.

Первый способ (*метод удельных расходов*) основан на допущении равномерного распределения отбора воды по длине труб, т. е.

$$q_{\text{уд}} = \frac{q_{\text{пут}}^{\text{сист}}}{\Sigma L}. \quad (6.1)$$

Удельный расход – это путевой расход системы, отнесенный к суммарной длине линий сети.

Путевой расход системы:

$$q_{\text{пут}}^{\text{сист}} = q_{\text{расч}}^{\text{сист}} - \Sigma q_{\text{сос}}^{\text{сист}} \quad (6.2)$$

Путевой отбор на участках, раздающих воду по пути, равен произведению удельного отбора на длину участка:

$$q_{\text{пут}, i} = q_{\text{уд}} \cdot L. \quad (6.3)$$

Однако, расход воды в трубопроводе, из которого производят раздачу по пути, меняется по длине.

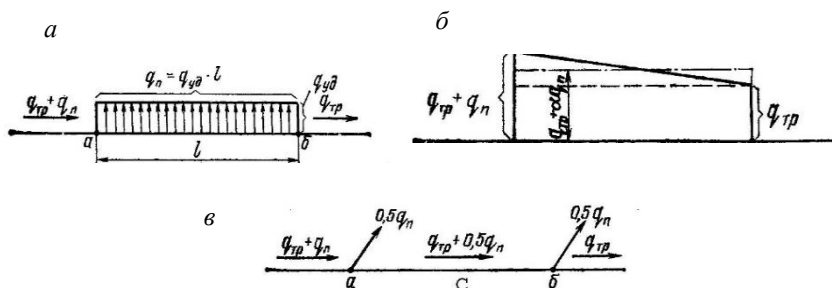


Рис. 6.3. Замена путевого расхода расходами, сосредоточенными в узлах:
а – схема отбора; б – график изменения расхода по трубопроводу; в – схема сосредоточенных отборов, заменяющих путевой отбор

Обозначим транзитный расход воды, вытекающий из узла b и питающий нижележащие участки сети через $q_{\text{тр}}$, а путевой отбор через $q_{\text{п}}$. Тогда расход воды в трубопроводе в узле a будет равен $q_{\text{тр}} + q_{\text{п}}$, а в узле $b - q_{\text{тр}}$. Между узлами a и b расход в трубопроводе будет непрерывно убывать.

Потери напора в трубопроводе с переменным расходом находят путем интегрирования элементарных потерь напора. Зная потери напора, можно найти эквивалентный расход, условно протекающий по трубопроводу транзитом, который дает такую же потерю напора, что и переменный расход. Эквивалентный расчетный расход определяют по зависимости:

$$q_{\text{экв}} = q_{\text{тр}} + \alpha \cdot q_{\text{пут}}, \quad (6.4)$$

где α – коэффициент, меняющийся от 0,5 до 0,58, в зависимости от соотношения попутного и транзитного расходов, в среднем $\alpha = 0,55$.

При расчетах водопроводных сетей с достаточной точностью можно принимать $\alpha = 0,5$.

Тогда для упрощения расчетов можно условно заменить путевой отбор на участке двумя сосредоточенными, расположенными в узлах по концам участка и равными половине путевого отбора каждый.

Это упрощение схемы отбора дает полную аналогию при определении эквивалентного расхода в трубопроводе.

Полный узловый отбор:

$$q_{\text{узн}}^{\text{п}} = \sum q_{\text{соср}} + q_{\text{узн}}^{\text{пут}}. \quad (6.5)$$

Второй способ определения путевых отборов (**метод привязанных площадей**) при разнообразной форме кварталов может дать более точные результаты. Сущность его заключается в следующем.

1. Определяют плотность населения на единицу площади:

$$P = \frac{N}{F}, \quad \overline{\frac{N}{F}} \quad (6.6)$$

где N – расчетная численность населения;

F – общая площадь всех кварталов без учета площади улиц, скве-

ров, парков стадионов и т. д.

2. Площадь каждого квартала разбивают биссектрисами на элементарные площадки, которые нумеруют порядковыми номерами (рис. 6.4).

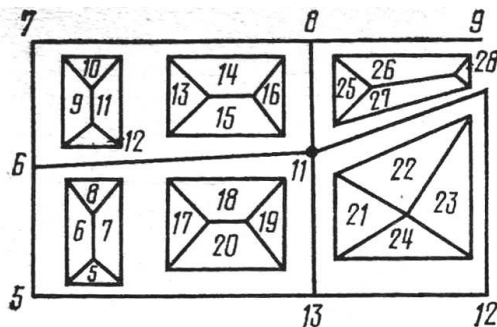


Рис. 6.4. Схема разбивки кварталов на элементарные площадки

3. Определяют площадь каждой элементарной площадки.

4. К каждому участку трубопровода привязывают ближайшие к нему элементарные площадки и суммируют их площади.

5. Определяют путевой отбор каждого участка:

$$q_{\text{пут } 6-11} = [f_{12} + f_{15} + f_8 + f_{18} + \frac{1}{2} (f_{11} + f_{13} + f_7 + f_{17})] P q_{\text{уд}}, \quad (6.7)$$

где $q_{\text{уд}}$ – удельный расход на одного жителя,

$$q_{\text{уд}} = \frac{q_{\text{пут}}}{N}, \quad (6.8)$$

$$q_{\text{пут}} = q_{\text{расч}} - \sum q_{\text{соср}}. \quad (6.9)$$

5.3. Гидравлический расчет разводящих сетей и водоводов

Целью гидравлического расчета водопроводной сети и водоводов является определение экономически наиболее выгодных диаметров труб на всех участках и потерь напора на этих же участках.

Диаметр труб принимается по-экономически наиболее выгодному

диаметру^Λ

$$d_s = \Xi^{0,15} \cdot q^{0,43}, \quad (6.10)$$

где Ξ – экономический фактор, который учитывает гидравлические свойства труб и экономические параметры, влияющие на стоимость строительства; $\Xi = 0,75$ – для городских и поселковых сетей; $\Xi = 1,125$ – для небольших локальных с/х водопроводов;

q – расчетный расход на участке, м³/с.

Потери напора по длине (в м) на участках сети определяются по формулам:

$$h = K_{\Gamma} \frac{q^{\beta}}{d_{\text{ст}}^m} \cdot L, \quad (6.11)$$

где $d_{\text{ст}}$ – расчетный диаметр, м;

L – длина участка, м;

K_{Γ} , β , m – эмпирические коэффициенты.

Для чугунных и стальных труб $K_{\Gamma} = 1,79 \cdot 10^{-3}$; $\beta = 1,9$; $m = 5,1$

$$h = A \cdot q^2 \cdot L = q^2 \cdot S, \quad (6.12)$$

где A – удельное сопротивление, зависящее от материала труб (с/л)²;

q – расчетный расход на участке, л/с;

L – длина участка, м;

S – сопротивление участка длиной L .

$$h = 1000i \cdot l, \quad (6.13)$$

где $1000i$ – удельные потери напора;

l – длина участка, км.

При любом методе расчета для нахождения диаметра труб участков сети необходимо знать расчетные расходы на этих участках.

Гидравлический расчет сети

Расчетные расходы принимаются в зависимости от схем питания сети:

а) Сеть с проходным резервуаром:

1) Час максимального потребления системы в целом

$$q_{\text{расч}} = q_{\text{мах.час.}}$$

2) Пропуск максимального хозяйственного расхода совместно с противопожарным

$$q_{\text{расч}} = q_{\text{мах.час.}} + q_{\text{пож.}}$$

б) Сеть с контррезервуаром:

1) Час максимального потребления системы в целом

$$q_{\text{расч}} = q_{\text{мах.час.}}$$

2) Период работы насосной станции и случай максимального транзита в башню

$$q_{\text{расч}} = q_{\text{тр.}}$$

3) Насосная станция не работает и максимальное потребление

$$q_{\text{расч}} = q_{\text{мах.потр.}}$$

4) Пропуск максимального хозяйственного расхода совместно с противопожарным

$$q_{\text{расч}} = q_{\text{мах.час.}} + q_{\text{пож.}}$$

5) Насосная станция не работает, пропуск соответствующего максимального расхода совместно с противопожарным

$$q_{\text{расч}} = q_{\text{мах.потр.}} + q_{\text{пож.}}$$

Гидравлический расчет водоводов

Водоводы принимаются стальными в две нитки. Длина водоводов – от насосной станции второго подъема до ближайшей точки разводящей сети.

1) Диаметр труб и потери напора определяются при условии, что расчетный расход пропускается по одной нитке. При этом за расчетный расход принимается:

$$q_{\text{расч}} = 0,7 \cdot Q_{\text{НС2}},$$

где $Q_{\text{НС2}}$ – расчетный расход насосной станции 2-го подъема.

2) Определяются потери напора при совместном пропуске (по одной нитке) максимального часового расхода системы и пожарного расходов:

$$q_{\text{расч}} = q_{\text{тах. час}} + q_{\text{пож.}}$$

5.4. Зоны санитарной охраны водопроводных сооружений и водоводов

Зона санитарной охраны водопроводных сооружений состоит из первого пояса зоны санитарной охраны водопроводных сооружений и санитарно-защитной полосы вокруг первого пояса зоны санитарной охраны водопроводных сооружений.

Границы первого пояса зоны санитарной охраны водопроводных сооружений предусматриваются на расстоянии:

- не менее 30 метров от стен запасных и регулирующих емкостей, фильтров и контактных осветителей;
- не менее 10 метров от водонапорных башен;
- не менее 15 метров от остальных помещений (отстойники, реагентное хозяйство, склад хлора, насосные станции и др.).

При расположении водопроводных сооружений на территории объекта указанные расстояния допускается уменьшать по согласованию с органами государственного санитарного надзора до 10 метров.

Санитарно-защитная полоса вокруг первого пояса зоны санитарной охраны водопроводных сооружений, расположенных за пределами второго пояса зоны санитарной охраны источника питьевого водоснабжения, должна иметь ширину не менее 100 метров. При расположении водопроводных сооружений на территории объекта ширину санитарно-защитной зоны допускается уменьшать по согласованию с органами государственного санитарного надзора до 30 метров. При наличии расходного склада хлора на территории размещения водопроводных сооружений ширина санитарно-защитной зоны до жилых и общественных зданий должна быть не менее 300 метров.

В первом поясе зоны санитарной охраны водопроводных сооружений запрещаются:

- все виды строительства, не имеющие непосредственного отношения к эксплуатации, реконструкции и расширению водопроводных сооружений, в том числе прокладка трубопроводов различного назначения;

- размещение жилых и хозяйственно-бытовых зданий и проживания людей;

- спуск любых сточных вод, в том числе вод водного транспорта;

- купание, стирка белья, водопой и выпас скота, другие виды водопользования, оказывающие отрицательное влияние на качество воды;

- применение ядохимикатов и удобрений;

- рубки леса главного пользования и реконструкции;

- посадка высокоствольных деревьев.

В первом поясе зоны санитарной охраны водопроводных сооружений допускаются рубки ухода за лесом и санитарные рубки леса.

В пределах санитарно-защитной полосы вокруг первого пояса зоны санитарной охраны водопроводных сооружений запрещаются:

- размещение складов горюче-смазочных материалов, ядохимикатов и минеральных удобрений, накопителей промстоков, шламохранилищ и других объектов, обуславливающих опасность химического загрязнения поверхностных и подземных вод;

- размещение кладбищ, скотомогильников, полей ассенизации, полей фильтрации, навозохранилищ, силосных траншей, животноводческих и птицеводческих предприятий и других объектов, обуславливающих микробное загрязнение поверхностных и подземных вод;

- применение ядохимикатов и удобрений;

- спуск сточных вод, не отвечающих нормативным требованиям.

Ширину санитарно-защитной полосы водоводов, проходящих по незастроенной территории, надлежит принимать от крайних линий водоводов:

- при отсутствии грунтовых вод не менее 10 метров при диаметре водовода до 1000 миллиметров и не менее 20 метров при диаметре водовода более 1000 миллиметров;

- при наличии грунтовых вод не менее 50 метров независимо от диаметра водовода.

При прокладке водоводов по застроенной территории ширину санитарно-защитной полосы допускается в случае необходимости уменьшать по согласованию с органами государственного санитарного надзора.

В пределах санитарно-защитной полосы водоводов должны отсутствовать источники загрязнения почвы и грунтовых вод (туалеты, помойные ямы, навозохранилища, приемники мусора и т. п.).

Запрещается прокладка водоводов по территории свалок, полей асенизации, полей фильтрации, полей орошения, кладбищ, скотомогильников, а также прокладка магистральных водоводов по территории промышленных и сельскохозяйственных предприятий.

ЛЕКЦИЯ 9

Тема 6. НАПОРНО-РЕГУЛИРУЮЩИЕ И ЗАПАСНЫЕ ЕМКОСТИ

6.1. Виды регулирования и режимы водоподачи

Регулирующие емкости позволяют обеспечить более или менее равномерную работу насосных станций, так как отпадает необходимость в подаче ими пиковых расходов воды, а также уменьшить диаметр, а следовательно, и стоимость водоводов и транзитных магистралей водопроводной сети.

Запасные емкости способствуют повышению надежности систем водоснабжения.

Емкости, используемые в системах водоснабжения, классифицируются следующим образом.

1. По назначению:

- регулирующие;
- запасные;
- запасно-регулирующие.

2. По способу подачи воды из них в сеть:

- напорные;
- безнапорные.

Напорные емкости в зависимости от конструкции подразделяют на следующие основные типы:

- водонапорные башни (напор обеспечивается установкой резервуара на поддерживающей конструкции требуемой высоты);
- напорные резервуары (напор обеспечивается установкой резервуара на естественных возвышенностях с требуемыми отметками);
- водонапорные колонны (занимают промежуточное положение

между наземными резервуарами и башнями);

- пневматические водонапорные установки (напор создается давлением сжатого воздуха на поверхность воды в герметически закрытых резервуарах).

Потребители расходуют воду в течение суток неравномерно, а насосная станция подает воду более равномерно. Для того чтобы подавать воду в сеть в соответствии с графиком водопотребления прибегают к регулированию.

Регулирование заключается в согласовании различных режимов подачи и потребления воды при помощи аккумулирующих емкостей. При подаче воды в избытке она накапливается в емкостях, а при недостатке – забирается из них. Регулирование обеспечивает сравнительно равномерную работу водозабора, очистных сооружений и насосной станции.

В системах водоснабжения чаще всего применяют *суточное регулирование*, за счет которого выравнивают колебания часовых расходов подачи воды.

Известно также *многодневное регулирование* (регулирование суточных расходов), которое снижает пики суточной подачи.

В автоматизированных системах водоподачи применяют *кратковременное регулирование* с продолжительностью цикла меньше суток и даже меньше часа.

При выборе режима водоподачи следует иметь в виду, что при любой продолжительности работы насосной станции в течение суток должно быть обеспечено максимальное суточное водопотребление. Оптимальным периодом работы станции будет тот, который максимально приближает режим работы насосов к режиму водопотребления, а, следовательно, обеспечивает минимальную регулируемую емкость.

Обеспечить потребителя водой в час максимального водопотребления можно несколькими путями:

- установкой насосов с общей производительностью равной максимальному часовому $Q_{\text{НС2}} = Q_{\text{макс. час}}$;
- установкой насосов с производительностью $Q_{\text{насоса}} < Q_{\text{макс. час}}$ и ступенчатым графиком работы НС, при этом подачу насосной станции меняют путем включения в работу одного, двух, трех и т. д. рабочих насосных агрегатов.
- установкой насосов с производительностью $Q_{\text{НС2}} < Q_{\text{макс. час}}$ и устройством напорно-регулирующего сооружения.

6.2. Согласование режимов водопотребления и водоподачи

В практике сельскохозяйственного водоснабжения согласование режимов водопотребления и водоподачи чаще всего осуществляется установкой насосов с производительностью $Q_{\text{НС2}} < Q_{\text{макс.час}}$ и устройством напорно-регулирующего сооружения. Наиболее широкое распространение получили водонапорные башни и автоматические водоподъемные установки.

Водонапорная башня в системе водоснабжения служит для создания напоров в сети и для регулирования расходов воды. Создание напора в сети осуществляется расположением резервуара водонапорной башни на определённой, расчётной высоте. Регулирование расходов воды в сети происходит следующим образом. В часы минимального расхода в водопроводной сети излишки воды, подаваемой насосами, поступают в водонапорную башню, а когда расход в водопроводной сети превышает производительность насосов или в период, когда насосная станция не работает, недостающее количество воды поступает из башни в сеть. Водонапорные башни в ряде случаев служат также для хранения 10 минутного противопожарного запаса воды.

К водонапорным башням относят напорно-регулирующие сооружения, у которых бак размещен выше поверхности земли на искусственной опоре. Основные части водонапорной башни – бак, опорная конструкция (ствол) и шатер (рис. 7.1).

Опорную часть (ствол) водонапорных башен возводят из железобетона, кирпича, стали и реже из камня и дерева. Конструкция опорной части может быть в виде сплошных цилиндрических или призматических стаканов (из железобетона, кирпича) или в виде сквозных рам и ферм (из стали, железобетона и дерева).

Баки водонапорных башен делают из листовой стали или из железобетона. На небольших объектах временного водоснабжения применяют деревянные баки. Наибольшее распространение получили цилиндрические баки с разной формой днища: плоской, конической, сферической, эллиптической и др. Реже применяют баки шаровой, грушевидной, грибовидной и других форм. Выбор формы баков определяется материалом, из которого их делают, а также их конструкцией и архитектурой.

Стальные баки имеют сравнительно небольшую массу, не дают течи, но подвержены коррозии. Их надо регулярно окрашивать. Баки сваривают из листов стали, которым при этом придают нужный изгиб.

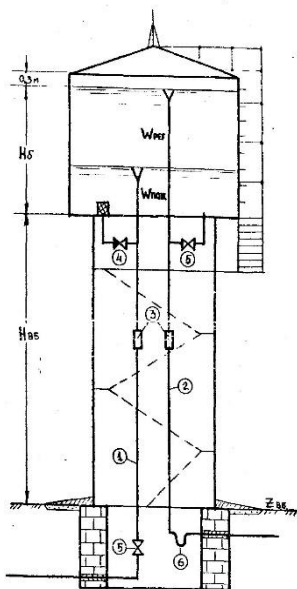


Рис. 7.1. Схема водонапорной башни:
1 — напорно-разводящая труба; 2 — переливная труба; 3 — компенсаторы; 4 — обратный клапан; 5 — задвижка; 6 — гидравлический затвор

Соотношение размеров цилиндрических баков выбирают с учетом технических и экономических факторов. Чем выше бак и меньше его диаметр, тем меньше и размеры опорной части; однако с увеличением высоты бака возрастают высота подъема воды и затраты электроэнергии. Кроме того, при высоких баках увеличиваются колебания напора в сети.

Вокруг бака устраивают шатер, который предохраняет бак от замерзания и других атмосферных влияний, а также от попадания загрязнений. Его устраивают из легких материалов, обладающих слабой теплопроводностью (пустотелых камней, пенобетона, дерева и др.). Применяют также железобетон. В условиях теплого климата устройство шатра не обязательно. Безшатровые башни с металлическими баками, имеющими наружную теплоизоляцию, можно строить и в местностях с умеренным климатом при условии, что в бак будет поступать вода с положительной температурой и будет обеспечен хороший водообмен.

Башня оборудована лестницами для доступа на служебный мостик, в шатер, внутрь бака и на крышу. Высокие водонапорные башни, как правило, устраивают из железобетона. Кирпичные водонапорные башни чаще имеют высоту до 25 м, предельно – 36 м.

Расчет водонапорной башни заключается в определении емкости и размеров бака и ее высоты. Общий объем бака (в м³):

$$W_6 = W_{\text{рег}} + W_{\text{пож}}, \quad (7.1)$$

где $W_{\text{рег}}$ –регулирующий объем для согласования режима водопотребления и водоподачи, м³;

$W_{\text{пож}}$ – противопожарный объем, м³.

Регулирующую емкость определяют графоаналитическим способом с использованием интегральных графиков водопотребления и водоподачи, как сумму максимального недостатка и избытка в масштабе шкалы интегральных расходов.

При известном общем объеме бака его размеры:

$$W_6 = F_6 \cdot H_6 = \frac{\pi \cdot D_6^2}{4} \cdot H_6 \quad (7.2)$$

Откуда диаметр бака (в м)

$$D_6 = \sqrt[3]{\frac{\alpha \cdot 4 \cdot W_6}{\pi}}, \quad (7.3)$$

где $\alpha = \frac{D_6}{H_6} = 0,8 \dots 1,2$.

$$H_6 = \frac{D_6}{\alpha}. \quad (7.4)$$

Следующим этапом необходимо определить высоту водонапорной башни.

Под высотой водонапорной башни следует понимать высоту ее поддерживающей конструкции (ствола), т. е. это расстояние от поверхности земли в месте установки водонапорной башни до дна резервуара.

Вода должна подаваться к отдельным потребителям не только в нужном количестве, но и с необходимым давлением, достаточным для подъема ее к месту установки водоразборных кранов, душей, автопои-

лок, производственного оборудования и других водопроводных приборов. Для этого в водопроводной сети должен постоянно поддерживаться определённый свободный напор, под которым понимают напор в трубах водопроводной сети, отсчитанный от поверхности земли. Иначе говоря, свободный напор есть разность между отметкой пьезометрического уровня воды в трубах и отметкой поверхности земли.

Свободный напор должен быть достаточным во всех точках разводящей водопроводной сети, в том числе и в самых удалённых и имеющих наиболее высокие отметки. В таких неблагоприятных «диктующих» точках сети свободный напор не должен быть ниже указанного в существующих нормах. Таким образом, для правильного определения высоты водонапорной башни необходимо прежде всего найти **диктующую точку** на водопроводной сети.

Диктующей точкой разводящей водопроводной сети называется точка, куда труднее всего подать воду.

Диктующая точка определяется расчетом. Для этого на плане разводящей сети выбираются несколько неблагоприятных точек. Затем выбирается общеразводящая точка, ближайшая к неблагоприятным, из которой вода поступает в них. Определяя отметку пьезометрического напора в общеразводящей точке для пропуска воды в выбранные неблагоприятные точки и сравнивая величины их пьезометрических отметок, находят диктующую точку – ту, для которой величина пьезометрической отметки будет больше. Величину пьезометрической отметки в общеразводящей точке находят по следующей зависимости:

$$H_{\text{ВБ}} = H_{\text{СВ}} + \Sigma h + (Z_1 - Z_2), \quad (7.5)$$

где $H_{\text{СВ}}$ – требуемый свободный напор в диктующей точке, м;

Z_1 и Z_2 – отметки поверхности земли собственно в диктующей точке сети и у водонапорной башни, м;

Σh – сумма потерь напора на участках сети до диктующей точки.

Автоматические водоподъемные установки типа ВУ также как водонапорные башни согласуют режимы водопотребления и водоподдачи, а также обеспечивают в сети требуемые свободные напоры. В отличие от башен водоподъемные установки характеризуются компактностью, автоматизацией всего процесса водоподдачи, меньшей металлоемкостью. В то же время такие недостатки, как малый регулирующий объем ее бака, частое включение и выключение насоса, резкое колебание давлений с сети сужает область их применения. Их приме-

нение целесообразно для снабжения водой отдельно стоящих высотных зданий, микрорайонов повышенной этажности, ферм и населенных пунктов при расходах воды до $100 \text{ м}^3/\text{ч}$ (рис. 7.2).

Работа установок типа ВУ протекает следующим образом: в периоды, когда насосы подают воды больше, чем потребляет водоснабжаемый объект, часть воды поступает в гидропневмобак. Давление сжимаемого в нем воздуха повышается и когда оно достигнет верхнего предела, на которое отрегулировано реле давления, происходит разрыв электрической цепи и выключение насоса. В дальнейшем вода подается к местам потребления под действием давления воздуха в баке ($P_{\text{мак}} = P_{\text{выкл}}$). По мере опорожнения бака давление в нем падает, и когда оно достигнет нижнего предела, на которое отрегулировано реле давления ($P_{\text{мин}} = P_{\text{вкл}}$) последнее, включает насос в работу. Объем воды, заключенный между уровнями воды в баке, соответствующими давлению включения ($P_{\text{вкл}}$) и выключения ($P_{\text{выкл}}$) насоса – регулирующий объем.

Такой повторно-кратковременный режим работы ВУ обеспечивает максимальное приближение режима водоподачи к режиму водопотребления.

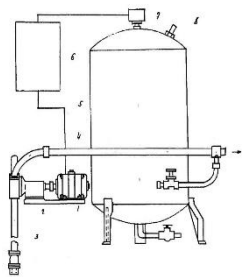


Рис. 7.2. Пневматическая напорно-регулирующая установка:

- 1 – электродвигатель; 2 – насос; 3 – всасывающая труба; 4 – нагнетательная труба;
- 5 – воздушно-водяной котёл; 6 – станция автоматического управления; 7 – реле давления; 8 – предохранительный клапан

Расчет автоматической водоподъемной установки ведется в следующей последовательности:

Производительность установки (в $\text{м}^3/\text{ч}$):

$$Q_y = (1 \dots 1,2) \cdot q_{\text{расч}}^{\text{сист}}, \quad (7.6)$$

где $q_{\text{расч}}^{\text{сист}}$ – расчетный расход системы, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Напор установки (в м):

$$H_y = H_{\text{св}} + \Sigma h + (Z_{\text{д. т.}} - Z_{\text{ВУ}}), \quad (7.7)$$

где $H_{\text{св}}$ – требуемый свободный напор в диктующей точке сети, м;

Σh – сумма потерь напора на участках сети от ВУ до диктующей точки, м;

$$\Sigma h = h_{\text{вод}} + \Sigma h_{\text{с}}, \quad (7.8)$$

$H_{\text{вод}}$ – потери напора на водоводах, м;

$\Sigma h_{\text{с}}$ – потери напора на участках сети, м;

$Z_{\text{д.т.}}$ – отметка поверхности земли в диктующей точке;

$Z_{\text{ВУ}}$ – отметка поверхности земли у водоподъемной установки.

Значение давления включения и выключения насосов (в м вод. ст.):

$$P_{\text{Вкл}} = \frac{H_{\text{у}}}{1,15}, \quad (7.9)$$

$$P_{\text{Выкл}} = \frac{P_{\text{Вкл}} + 10}{\alpha} - 10, \quad (7.10)$$

где $\alpha = 0,8 \dots 0,75$ – для малонапорных установок с $H_{\text{у}} \leq 50$ м;

$\alpha = 0,75 \dots 0,65$ – для средненапорных установок с $H_{\text{у}} = 50 \dots 100$ м.

Регулирующий объем гидропневмобака (в м^3):

$$W_{\text{рег}} = \frac{Q_{\text{у}}}{4 \cdot n}, \quad (7.11)$$

где n – число включений насоса за час, $n = 4 \dots 10$ раз.

Полный объем гидропневмобака (в м^3):

$$W = W_{\text{рег}} \cdot \frac{\beta}{1 - \alpha}, \quad (7.12)$$

где $\beta = 1,2 \dots 1,3$ – коэффициент запаса емкости бака;

$$\alpha = \frac{P_{\text{вкл}}}{P_{\text{выкл}}}. \quad (7.13)$$

6.3. Согласование режимов работы водозабора и насосной станции второго подъема

Так как водозабор работает круглосуточно ($T_{\text{вод.}} = 24$ ч.) с постоян-

ной часовой подачей, которая меньше часовой подачи насосной станции второго подъема, необходимо выполнить согласование режимов их работы.

Согласование режима работы водозабора с режимом работы насосной станции второго подъема осуществляется при помощи регулирующей емкости резервуаров чистой воды (РЧВ). Они также предназначены для хранения запаса воды на пожаротушение и хозяйственно-го запаса.

Объем резервуара чистой воды (в м^3):

$$W_{\text{рчв}} = W_{\text{рег.}} + W_{\text{хоз.}} + W_{\text{пож.}}, \quad (7.14)$$

где $W_{\text{рег.}}$ – регулирующий объем, м^3 ;

$W_{\text{хоз.}}$ – хозяйственный трехчасовой запас, м^3 ;

$W_{\text{пож.}}$ – противопожарный трехчасовой запас, м^3 .

Значение регулирующей емкости резервуаров чистой воды определяется графоаналитическим способом по совмещенным графикам водоподачи водозабора и насосной станции второго подъема, как сумма недостатка и избытка в масштабе шкалы интегральных расходов.

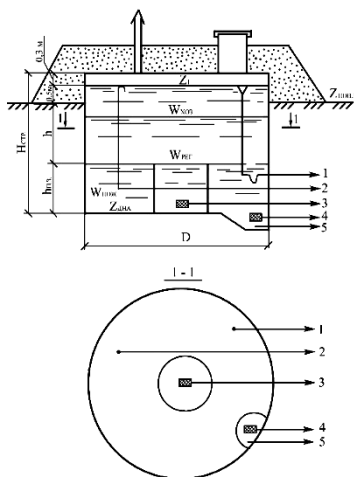


Рис. 7.3. Схема резервуара чистой воды:

- 1 – переливные трубы; 2 – подающая труба; 3 – всасывающий патрубок хозяйственных насосов; 4 – всасывающий патрубок пожарных насосов; 5 – грязевая труба.

Хозяйственный запас определяется как сумма трех ординат часового графика водопотребления, а именно: $q_{\max}$ ч плюс две смежных ординаты.

Противопожарный запас, хранящийся в РЧВ (в м^3) определяется по формуле:

$$W_{\text{пож}} = T_{\text{пож}} \cdot q_{\text{пож}}, \quad (7.15)$$

где $T_{\text{пож}}$ – продолжительность пожара, ч;

$q_{\text{пож}}$ – расход воды на пожаротушение, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Обычно принимают два резервуара. Объем одного резервуара определяется по формуле:

$$W_{\text{рез}} = W_{\text{рчв}} / 2. \quad (7.16)$$

Диаметр и глубину наполнения резервуара определяют, задавшись α :

$$\alpha = D_{\text{рез}} / H_{\text{рез}} = 0,8 \div 1,2. \quad (7.17)$$

Тогда диаметр резервуара определяется по формуле (в м):

$$D_{\text{рез}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot W_{\text{рез}}}{\alpha \cdot \pi}}. \quad (7.18)$$

Глубина наполнения резервуара (в м):

$$H_{\text{рез}} = D_{\text{рез}} / \alpha. \quad (7.19)$$

ЛЕКЦИЯ 10

Тема 7. Водоподъемное оборудование системы водоснабжения

В состав водоподъемных устройств входят водоподъемное оборудование, которое обеспечивает забор воды из водоисточника, прохождение ее через очистные (если таковы необходимы) и запасные емкости (резервуары чистой воды), а также регулирующие установки, обеспечивающие постоянство давления в водопроводной сети (водонапорные башни, пневматические баки и др.).

7.1. Типы водоподъемного оборудования

В общем случае водоподъемное оборудование (или короче водоподъемники) – это устройство или рабочая гидравлическая машина, которая изменяет положение жидкости. Например колодезный журавль, черпаковый подъемник, чигирь, архимедов винт, насос и др.

В качестве водоподъемного оборудования в системах водоснабжения, в основном, используются насосы.

Насос – водоподъемник, который полученную извне энергию отдает жидкости, протекающей через него, и тем самым меняет ее положение. При этом он обладает способностью всасывания и нагнетания. Насосы бывают двух типов: **динамические и объемные**.

Динамические работают по принципу создания от входа до выхода сплошного потока жидкости за счет различных сил: центробежных, трения, гидростатического давления и др. К ним относятся **лопастные** (центробежные и осевые), **насосы трения** (вихревые, вибрационные, струйные и др.) и **прочие типы** (ленточные, эрлифты, гидравлические тараны и др.).

Объемные насосы работают по принципу вытеснения жидкости путем периодического изменения объема занимаемой ею камеры. Это поршневые, плунжерные, шестеренные, винтовые, крыльчатые и др.

Из всех вышеперечисленных насосов чаще всего в водоснабжении применяются центробежные насосы типа «К» (консольные), «Д» или «НД» (насосы с двойным входом), «ЭЦВ» (погружные или артезианские), МС (многосекционные) и др., а также различные модификации насосов зарубежных фирм.

В центробежных насосах жидкость подается за счет центробежной силы, возникающей при вращении рабочего колеса. Перед пуском насоса всасывающую трубу и корпус насоса заполняют водой. Схема центробежного насоса показана на рис. 5.1.

Рабочее колесо 1 состоит из двух дисков, отстоящих на некотором расстоянии друг от друга. Между дисками, соединяя их в единую конструкцию, находятся лопасти, плавно изогнутые в сторону, противоположную направлению вращения колеса. Внутренние поверхности дисков и боковые поверхности лопастей образуют межлопастные каналы колеса. В этих насосах жидкость при входе в рабочее колесо движется в осевом направлении, а затем в самом колесе – в радиальном.

При вращении колеса под действием центробежной силы жидкость непрерывно движется по межлопастным каналам от центра к периферии, приобретая при этом большую скорость, а, значит, и значительную кинетическую энергию. Вода, выходя из каналов, создает у входа в рабочее колесо разрежение. Жидкость подводится через отверстие в переднем диске рабочего колеса 1 с помощью всасывающего патрубка 2 и всасывающего трубопровода 3 (рис. 5.1).

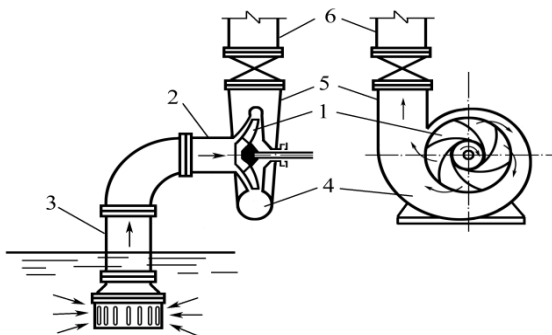


Рис. 5.1. Схема центробежного насоса: 1 – рабочее колесо; 2 – всасывающий патрубок; 3 – всасывающий трубопровод; 4 – спиральный канал; 5 – напорный патрубок; 6 – напорный трубопровод

Движение жидкости по всасывающему трубопроводу происходит за счет разности давлений над свободной поверхностью жидкости в водоисточнике (атмосферное) и в центральной (входной) части рабо-

чего колеса (разрежение). Отвод жидкости из рабочего колеса осуществляется через спиральный канал 4, который переходит в короткий диффузор, образующий напорный патрубок 5, соединяемый обычно с напорным трубопроводом 6 посредством задвижки. При выходе жидкости из рабочего колеса в спиральную камеру происходит уменьшение ее скорости за счет увеличения сечения камеры, причем часть кинетической энергии переходит в потенциальную, увеличивая тем самым первоначальное давление, создаваемое колесом.

7.2 Параметры насосной установки

Насосная установка (рис. 5.2) состоит из водозаборного устройства (нижний бьеф НБ, всасывающего трубопровода 1, самого насоса 2, напорного трубопровода 3, водоприемного устройства (верхний бьеф ВБ), запорной и измерительной арматуры 5 (мановакуумметр МВ или вакуумметр В) и 6 (манометр М).

Насосная установка с любым насосом имеет следующие основные параметры:

1. **Расход (подача, производительность)** – это объем воды, проходящий через выходной патрубок насоса в единицу времени. Обозначается Q и имеет размерность $\text{м}^3/\text{с}$, $\text{л}/\text{с}$, $\text{м}^3/\text{ч}$.

2. **Напор** – это количество энергии, которое получила жидкость, пройдя через насос, выраженное в метрах водяного столба.

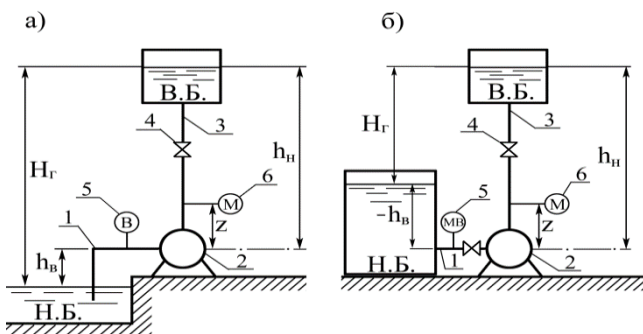


Рис. 5.2 Схемы насосной установки: а - с положительной высотой всасывания; б - с отрицательной высотой всасывания

Обозначается H . Эта энергия тратится на преодоление высоты подъема (H_{Γ}) и сопротивление трубопровода ($h_{\text{тр}}$), т. е.

$$H = H_{\Gamma} + h_{\text{тр}}. \quad (5.1)$$

3. Мощность. Обозначается буквой N и имеет размерность кВт. Мощность, подводимая к двигателю $N_{\text{дв}}$, частично тратится на его нужды, а большая часть отдается насосу (N_e). Насос, получая эффективную мощность N_e , также частично тратит ее на преодоление механического и гидравлического трения, а большую часть отдает жидкости. Мощность, полученная водой от насоса, называется полезной и определяется по формуле:

$$N_{\text{пол}} = 9,81 \cdot Q \cdot H. \quad (5.2)$$

4. Коэффициент полезного действия есть доля полученной насосом энергии, которая пошла на полезную работу, т.е. отданная жидкости. Определяется по формуле:

$$\eta = \frac{N_{\text{пол}}}{N_e} 100. \quad (5.3)$$

К дополнительным параметрам относятся (см. рис. 5.2):

1. **Геометрический напор H_{Γ}** – расстояние по вертикали между уровнями воды в водоисточнике (нижнем бьефе) и водоприемнике (верхнем бьефе).

2. **Геометрические высоты всасывания $h_{\text{в}}$ и нагнетания $h_{\text{н}}$** – есть расстояние по вертикали от уровня воды (соответственно нижнего или верхнего бьефов) до оси насоса. Они могут быть положительными и отрицательными. При положительной высоте всасывания уровень воды в НБ ниже оси насоса, а при положительной высоте нагнетания уровень в ВБ выше оси насоса. При отрицательных высотах всасывания и нагнетания – наоборот.

7.3 Характеристики насосов

Характеристиками насосов называют графики функциональной связи основных параметров, т. е. $H = f(Q)$ – напорная характеристика; $N_e = f(Q)$ – мощностная; $\eta = f(Q)$ – характеристика к.п.д. Они бывают

частные, т. е. для конкретной марки насоса; рабочие, т. е. для конкретного насоса; универсальные, т. е. для определенного типа насосов.

Все кривые получают путем испытания насосов при постоянной частоте вращения рабочего колеса, результаты которых наносятся на одно поле $H-Q$ (рис. 5.3).

При эксплуатации насосов характеристики используются для следующих целей:

- назначения режима работы в «рабочей области» насоса, т.е. в диапазоне расходов от Q_1 до Q_2 соответствующих к.п.д., отличающегося от максимального не более чем на 10 %;
- расчета диаметра трубопровода, подсоединяемого к насосу;
- выбора частоты вращения и диаметра рабочего колеса центробежного насоса;
- подбора электродвигателя;
- решения вопроса о возможности и целесообразности параллельного и последовательного соединения насосов для работы на один трубопровод.

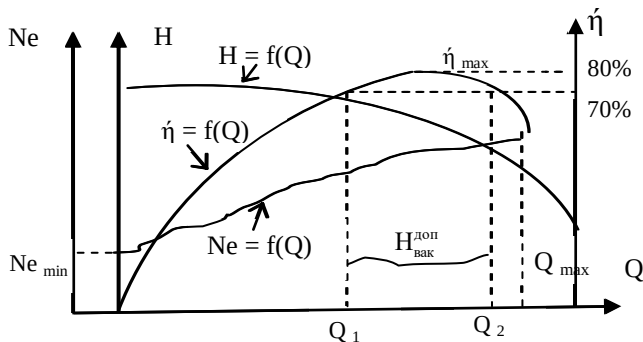


Рис. 5.3. Характеристики центробежного насоса

7.4 Режимы работы насосной установки

Режим работы конкретной насосной установки определяется путем подбора диаметров напорного трубопровода и рабочего колеса, а также такой частоты его вращения, при которых заданные расчетный расход Q_p и расчетный напор H_p будут обеспечены при работе в «рабочей

области», т.е. с коэффициентом полезного действия, отличающегося от максимального, не более чем на 10 %;

Необходимый диаметр трубопровода подбирается путем расчета и построения характеристики трубопровода по формуле:

$$H_{\text{тр}} = H_{\text{г}} + SQ^2, \quad (5.4)$$

где $H_{\text{г}}$ – геометрический напор;

S – коэффициент сопротивления трубопровода, который зависит от материала и диаметра трубопровода:

$$S = \frac{\sum \zeta}{\omega^2 2g}. \quad (5.5)$$

Здесь $\sum \zeta$ – сумма коэффициентов сопротивлений местных и по длине, площадь поперечного сечения:

$$\omega = \frac{\pi D_{\text{тр}}^2}{4}, \quad (5.6)$$

где $D_{\text{тр}}$ – диаметр трубопровода.

Кривая, построенная по уравнению (5.4), наносится на характеристику насоса (на рис. 5.4 кривая $H_{\text{тр}} - Q$).

Точка пересечения характеристики насоса ($H - Q$) и характеристики трубопровода ($H_{\text{тр}} - Q$) называется рабочей (на рис. 5.4. точка A), в которой напор насоса и потери напора в трубопроводе равны, т. е. $H = H_{\text{тр}}$. А это значит, что данный насос по данному трубопроводу может подать только расход, равный Q_A при напоре H_A . Если требуется уменьшить расход до Q_{A1} , то необходимо увеличить сопротивление трубопровода (например, прикрыть задвижку), но тогда характеристика трубопровода станет круче, а рабочая точка займет положение A_1 . Если диаметр трубопровода увеличить, то расход увеличится до Q_{A2} , так как уменьшатся потери напора в трубопроводе, и рабочая точка переместится ниже в положение A_2 .

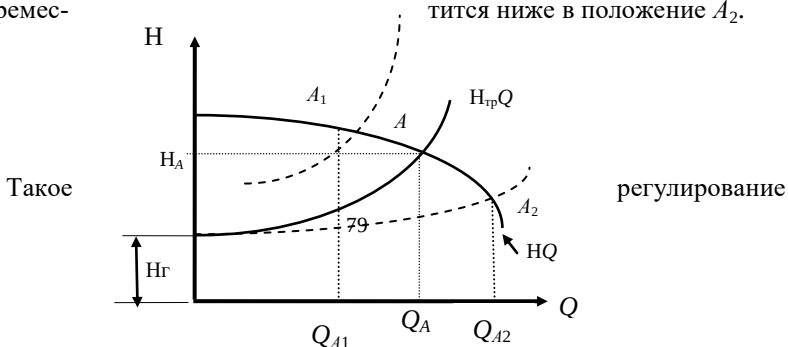


Рис. 5.4. Характеристика трубопровода и рабочая точка

расхода и напора называется **количественным**.

Следует отметить то, что в данном случае частота вращения рабочего колеса не меняется.

Режим работы насосной установки можно устанавливать изменением числа оборотов рабочего колеса насоса. При этом характеристика трубопровода своего положения изменять не будет, так как материал трубопровода и его диаметр остаются постоянными.

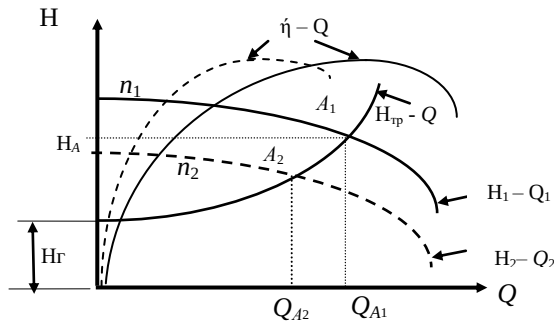


Рис. 5.5. Изменение положения характеристики насоса

На рис. 5.5 напорная характеристика насоса $H_1 - Q_1$, полученная при числе оборотов n_1 , пересекается с характеристикой трубопровода в точке A_1 , которая является для данного случая рабочей. Если же для данного насоса построить характеристику при меньшем числе оборотов n_2 , то она займет положение $H_2 - Q_2$, а рабочая точка переместится в положение A_2 и расход станет меньше, т. е. Q_{A2} .

Такое регулирование подачи и напора называется **качественным**.

Пересчет координат точек всех характеристик производится по формулам пропорциональности, которые имеют следующий вид:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{Q_1}{Q_2}; \frac{n_1}{n_2} = \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^2; \frac{n_1}{n_2} = \left(\frac{N_{e1}}{N_{e2}}\right)^3. \quad (5.7)$$

Из этих формул видно, что при уменьшении числа оборотов в 2 раза расход уменьшается тоже в 2 раза, но напор в 4, (т. е. 2^2), а полезная мощность в 8 раз (т. е. 2^3).

Следует отметить, что при качественном регулировании к.п.д. не уменьшается, но его характеристика перемещается к вертикальной шкале H (рис. 5.5)

Недостатком такого способа регулирования является то, что числа оборотов являются стандартными и не всегда они приемлемы для обеспечения требуемых параметров.

В этом случае более подходит второй способ качественного регулирования, который называется обрезкой рабочего колеса насоса, т. е. уменьшение его диаметра.

Пересчет характеристик в этом случае производится по формулам обрезки, которые по структуре похожи на вышеприведенные формулы пропорциональности (5.7):

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{Q_1}{Q_2}; \frac{D_1}{D_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2; \frac{D_1}{D_2} = \left(\frac{N_{e1}}{N_{e2}}\right)^3. \quad (5.8)$$

В формулах (5.8) D_1 диаметр рабочего колеса исходный, а D_2 – уменьшенный, т. е. обрезанный.

Недостатком такого способа регулирования является некоторое уменьшение к.п.д. даже при небольшом уменьшении диаметра рабочего колеса.

Последовательность решения вопроса проектирования насосной установки для обеспечения подачи заданного расхода Q_p при напоре H_p следующая:

1. Марка насоса по заданным расходу и напору подбирается с помощью сводного графика рабочих полей, имеющего следующий вид:

Расчетная точка A_p попала в рабочее поле насоса 3К–6 с частотой вращения рабочего колеса $n = 2900$ об/мин, который может подавать Q_p при напоре H_p .

2. В каталоге типовых характеристик центробежных насосов выбираем характеристику насоса 3К–6 и наносим на неё точку A_p (рис. 5.6).

Расчетная точка попала в рабочую область насоса, но заданный расход Q_p может быть при напоре H_1 большим, чем H_p .

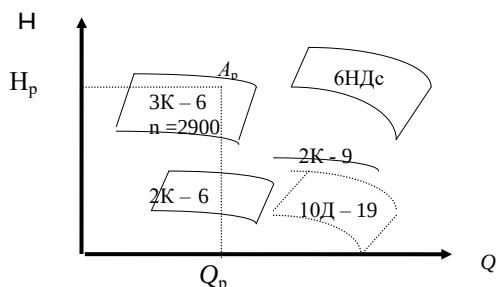


Рис. 5.6. Сводный график рабочих полей центробежных насосов

3. Задаемся диаметром трубопровода, рассчитываем и наносим характеристику трубопровода $H_{тр} - Q$ на характеристику насоса. Видим, что при таком диаметре трубопровода данный насос может подавать только расход равный Q_A , который больше заданного.

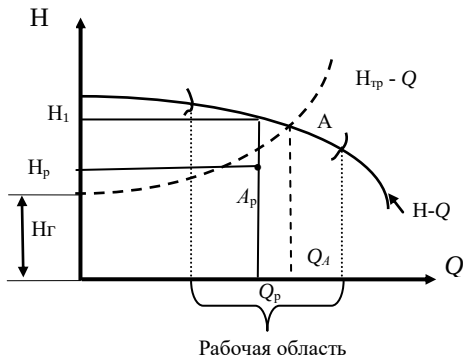


Рис. 5.7. Характеристика насоса 3К-6

Следовательно, необходимо сделать так, чтобы рабочая точка A и расчетная точка A_p совпали, т. е. и характеристика насоса, и характеристика трубопровода пересекались бы в точке A_p .

Изменение положения напорной характеристики достигается (как было изложено выше) либо уменьшением числа оборотов, либо обрезкой рабочего колеса, а изменение диаметра трубопровода приводит либо к уположиванию характеристики трубопровода, либо она проходит круче. В данном примере (рис. 5.7) необходимо несколько уменьшить диаметр трубопровода и тогда кривая $H_{\text{тр}} - Q$ станет более пологой и может пройти через точку A_p .

7.5. Понятие о кавитации. Причины ее возникновения и меры предупреждения

Кавитация представляет собой процесс нарушения сплошности потока жидкости, который начинается на тех участках, где давление понижается до критического (давления парообразования) и заканчивается на участках с давлением больше критического. В местах пониженного давления жидкость закипает, в результате чего образуются пузырьки газа, выделяющегося из воды. Эти пузырьки, попадая в зону повышенного давления, схлопываются, частицы жидкости устремляются в микропустоты и, сталкиваясь друг с другом, вызывают локальные гидроудары. Газ снова растворяется в воде, а частицы жидкости, заполняя микропустоты, находящиеся у стенок проточной части насоса, ударяют по металлу, что приводит к его разрушению. Таким образом, явление кавитации отрицательно сказывается на работе насоса, делая ее неустойчивой и разрушая насосную установку.

Кавитация может быть *профильной*, возникающей из-за неверно очерченного профиля проточной части, *щелевой*, возникающей из-за конструктивных недоработок, и *шероховатой*, которая возникает из-за чрезмерной шероховатости стенок проточной части насоса. За этим следят проектировщики и завод – изготовитель.

При эксплуатации насосов возникновение кавитации возможно по следующим причинам:

- завышенная высота всасывания, т. е. насос установлен на большом удалении от воды;
- низкое атмосферное давление на поверхности воды;
- высокая температура перекачиваемой жидкости;
- большие сопротивления во всасывающей трубе из-за неверно подобранного ее диаметра или из-за большой длины и местных сопротивлений;
- негерметичность всасывающей линии.

Основной мерой предупреждения кавитации является правильный выбор геометрической высоты всасывания.

Расположение насоса по отношению к уровню воды в водоисточнике, т. е. расчет безопасной высоты всасывания, при которой исключено возникновение кавитации, осуществляется с помощью заранее рассчитанной **допустимой высоты всасывания**.

Это такая высота установки насоса относительно уровня воды в нижнем бьефе, по превышению которой возникает кавитация. Следовательно, насос необходимо устанавливать с геометрической высотой всасывания, которая должна быть не больше допустимой, т. е.

$$h_{\text{в}} \leq h_{\text{в}}^{\text{доп}}. \quad (5.9)$$

Допустимая высота всасывания $h_{\text{в}}^{\text{доп}}$ определяется по следующей упрощенной формуле:

$$h_{\text{в}}^{\text{доп}} = H_{\text{вак}}^{\text{доп}} - h_{\text{тр}}, \quad (5.10)$$

где $H_{\text{вак}}^{\text{доп}}$ – допустимая вакуумметрическая высота всасывания, график которой представлен на типовой характеристике насоса на основе его кавитационных испытаний (см. рис. 5.3);

$h_{\text{тр}}$ – потери напора во всасывающем трубопроводе, определяемые по формулам гидравлики. Дополнительные меры: увеличение давления на поверхности воды в нижнем бьефе, понижение температуры жидкости, уменьшение длины всасывающих труб и т. д.

Дополнительные меры предупреждения кавитации: увеличение давления на поверхности воды в нижнем бьефе, понижение температуры жидкости, уменьшение длины всасывающих труб и т. д.

7.6. Совместная работа нескольких насосов на один трубопровод

С целью увеличения подачи воды в напорный бок при том же напоре используют несколько насосов. Они могут работать каждый на свой трубопровод (рис. 5.8, а) или на один (рис. 5.8, б).

Такое соединение называется **параллельным**.

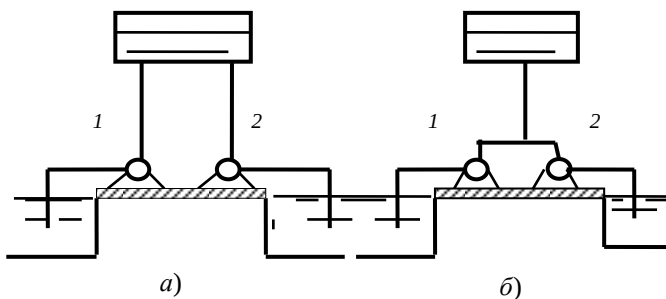
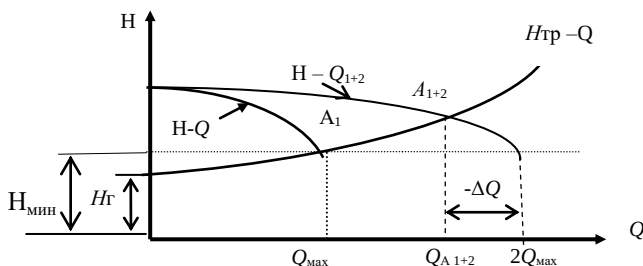


Рис. 5.8. Параллельная работа двух насосов:
1 – насос № 1, 2 – насос № 2

Схема б, изображенная на рис. 5.8, предпочтительнее, так как экономится одна нитка напорного трубопровода. Однако недостаток ее в том, что из-за значительно возросших потерь напора (ведь по одной нитке должен проходить удвоенный расход) в напорном трубопроводе напор насосов недостаточно для их преодоления.

Поэтому трубопровод пропустит только такой расход, потери напора при котором смогут преодолеть насосы, т. е. меньше, чем удвоенный. Проследим это на характеристике (рис. 5.9).

Пусть рабочие частные характеристики насосов одинаковых марок слились в одну кривую $H - Q$. Если бы насосы работали каждый на свой трубопровод, то в напорный бак подавался бы расход $2Q_{\max}$ так как каждый насос при рабочей точке A_1 обеспечивал расход $Q_{\max}$.



Построим

Рис.5.9. Суммарная напорная характеристика при параллельной работе двух насосов

суммарную характеристику путем сложения расходов при одинаковых напорах (кривая $H - Q_{1+2}$).

В случае, если насосы будут работать на один трубопровод того же диаметра, то максимальная подача их будет равна Q_{A1+2} , так как характеристика трубопровода $H_{тр} - Q$ пересечет суммарную кривую в точке A_{1+2} , которая является рабочей. В ней и напор насоса, и потери напора равны. Так как расход Q_{A1+2} меньше, чем $2Q_{\max}$, то будет недодача расхода в верхний бак, т. е. возникнет **дефицит подачи $-\Delta Q$** .

Следовательно, выигрывая за счет экономии труб, проигрываем в величине подачи.

Если для подъема заданного расхода в верхний бьеф не хватает напора насоса, то решение вопроса возможно двумя способами: либо расположить две или более насосные установки так как показано на рис. 5.10, *а*, т. е. с промежуточным баком (тогда насосы будут работать каждый на свой трубопровод), либо насосы расположить рядом (рис. 5.10, *б*), которые будут работать на общий трубопровод. Такое соединение насосов называется **последовательным**.

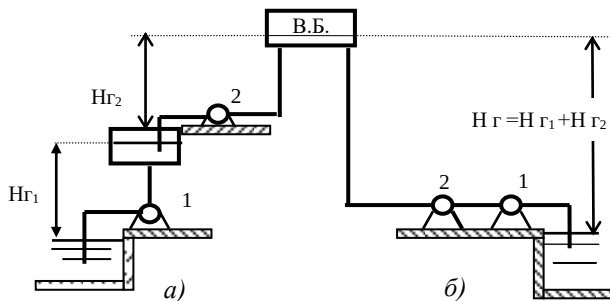


Рис. 5.10. Схемы последовательной работы насосов

Допустим, что рассматривается пример с насосами одинаковых марок. Тогда их напорные характеристики сливаются в одну кривую $H - Q$ (рис. 5.11).

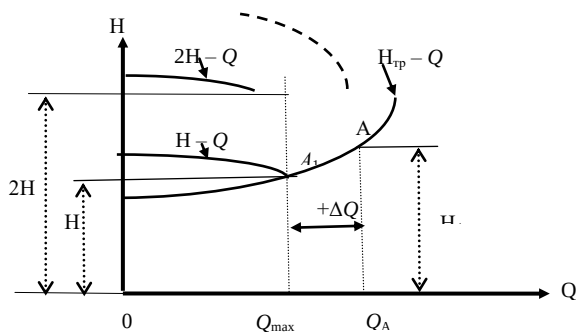


Рис.5.11. Суммарная напорная характеристика при последовательной работе насосов

Максимальный расход, $Q_{\max}$ соответствующий рабочей точке A_1 , обеспечивается каждым насосом при напоре H , которого недостаточно для подъема этого расхода в В. Б. Соединив два насоса по схеме «б», построим их суммарную характеристику путем сложения напоров при одинаковых расходах (кривая $2H - Q$).

Но так как трубопровод остался прежним, то рабочая точка переместилась в положение A , и, следовательно, насосы станут подавать расход Q_A , т. е. возникнет **избыток подачи** $+\Delta Q$. Но такая величина расхода значительно превышает $Q_{\max}$, т.е. возможности насоса, что может привести к перегрузке двигателя, который не рассчитан на такую производительность насоса.

Это является недостатком такого соединения насосов для работы на один трубопровод. Зато преимущество в том, что нет необходимости в промежуточном баке, как в схеме «а», и упрощается эксплуатация насосов, стоящих рядом, по сравнению с теми, которые находятся на значительном удалении друг от друга.

7.7. Водопроводные насосные станции и их классификация

Насосной станцией называется совокупность сооружений, машин и аппаратов, служащих для подъема воды.

Водопроводные насосные станции разделяют на:

- станции I подъема, поднимающие воду из водозабора;
- станции II подъема, подающие воду из резервуаров (чистой воды или других) в водопроводную сеть или в водонапорную башню.

При зонировании сетей и водоводов могут устраиваться насосные станции (перекачки) – III подъема, IV и т. д. При использовании подземных вод, не требующих очистки, можно ограничиться одним подъемом. Небольшие насосные станции I и II подъема иногда объединяют в одном здании.

Для подкачки воды (увеличения напора) строят насосные станции подкачки, в которых насосы, забирая воду из участка трубопровода, где напор недостаточен, подают ее в последующий участок с увеличенным напором.

В зависимости от глубины положения уровня воды в водоисточнике:

- наземные (не заглубленные) – насосные станции располагают на поверхности земли;
- заглубленные – их заглубляют для обеспечения допустимой высоты всасывания насосов.

При низком состоянии динамического уровня воды во избежание заглубления всей насосной станции применяют вертикальные, в частности скважинные центробежные насосы.

По надежности действия подразделяются на три категории.

К I-ой категории относятся насосные станции, в которых не допускается перерывов в подаче воды. На станциях II категории возможны кратковременные перерывы в подаче на время включения резервного электроснабжения. На станциях III категории – перерывы продолжительностью до одних суток на время ликвидации аварии.

Насосные станции сельскохозяйственных водопроводов относятся ко II, а при числе жителей до 5000 человек в поселке – к III категории.

7.8. Водоподъемное оборудование на водозаборе и его подбор

Суточную подачу насосной станции принимают равной максимальному суточному водопотреблению. Если насосная станция подает воду на очистные сооружения, то прибавляют еще расход воды на промывку скорых фильтров и другие нужды очистной станции, который составляет приблизительно 8...10 % полезного суточного расхода. При наличии в системе водоснабжения противопожарных запасов воды предусматривают дополнительно подачу воды на их пополнение

(для сельскохозяйственных водопроводов в течение 72 ч).

Часовую подачу насосной станции вычисляют по максимальной ординате принятого суточного графика ее работы. Для насосных станций I подъема, качающих воду на очистные сооружения, как правило, принимают равномерный график подачи воды.

Расчетная часовая производительность водозабора (при заборе воды из подземного водоисточника, м³/час):

$$Q_{\text{вод}} = \frac{\alpha \cdot Q_{\text{мах.сут}}^{\text{ист.}}}{T_{\text{НС1}}} + \frac{W_{\text{пож}}}{T_{\text{вост}}}, \quad (5.11)$$

где α – коэффициент, учитывающий расход воды на собственные нужды системы, $\alpha = 1,05 \dots 1,10$;

$T_{\text{НС1}}$ – продолжительность работы водозабора (насосной станции I-го подъема) в течение суток, $T_{\text{НС1}} = 24$ часа;

$W_{\text{пож}}$ – запас воды на пожаротушение, м³/час;

$T_{\text{вост}}$ – время восстановления пожарного запаса, $T_{\text{вост}} = 72$ часа;

$$W_{\text{пож}} = n(q_{\text{в}} + q_{\text{н}}) \cdot T_{\text{пож}} \cdot 3,6, \quad (5.12)$$

где n – количество одновременных пожаров, принимается в зависимости от размера населенного пункта (числа жителей) и т. д.;

$q_{\text{н}}$ и $q_{\text{в}}$ – расход воды соответственно на внутреннее и наружное пожаротушение;

$T_{\text{пож}}$ – продолжительность пожаротушения, ч.

Напор насоса (в м):

$$H_{\text{нас}} = H_{\text{г}} + \Sigma h, \quad (5.13)$$

где $H_{\text{г}}$ – геодезическая высота подъема, м:

Σh – потери напора в сборных водоводах, м.

Геодезическая высота подъема равна разности отметок уровня воды в РЧВ при полном его заполнении и отметки динамического уровня.

$$H_{\text{г}} = Z - Z_{\text{дин}}, \quad (5.14)$$

где $Z_{\text{дин}}$ – отметка динамического уровня в скважине.

По расчетному $Q_{\text{нас}}$ и $H_{\text{нас}}$ по сводному графику рабочих полей ус-

танавливается марка погружного насоса.

Резервный насосный агрегат (один на 1...10 скважин) хранят на складе в готовом к установке виде.

7.9. Водоподъемное оборудование на насосной станции 2-го подъема и его подбор

На насосной станции 2-го подъема устанавливаются насосы для подачи воды в сеть при хозяйственном водопотреблении и насосы для подачи воды в сеть при пожаротушении.

Для обеспечения бесперебойной подачи воды на насосной станции, кроме рабочих, устанавливают резервные насосные агрегаты. Число резервных насосных агрегатов устанавливают в зависимости от категории надежности насосной станции и числа рабочих насосов, включая противопожарный.

Т а б л и ц а 5.1. Число резервных насосов в зависимости от категории надежности насосных станций и числа рабочих насосов

Число рабочих насосов	I категория	II категория	III категория
От 1 до 3	2	1	1
От 4 до 6	2	2	1
От 7 до 9	3	3	2

Хозяйственные насосы. Часовая производительность насосной станции 2-го подъема ($\text{м}^3/\text{ч}$):

$$Q_{\text{нс2}} = \frac{Q_{\text{max.сут}}^{\text{сист}}}{T_{\text{нс2}}}, \quad (5.15)$$

где $T_{\text{нс2}}$ – оптимальный период работы насосной станции 2-го подъема, обеспечивающий минимальный регулирующий объем бака водонапорной башни. Определяется в результате согласования режимов водопотребления и водоподачи.

Напор насосов станции второго подъема при схеме питания сети: с проходным резервуаром

$$H_{\text{НС2}} = H_{\text{ВБ}} + H_{\text{Б}} + h_{\text{ВОД}} + (Z_{\text{ВБ}} - Z_{\text{П.З}}), \quad (5.16)$$

с контррезервуаром

$$H_{\text{HC2}} = H_{\text{ВБ}} + H_{\text{Б}} + h_{\text{ВОД}} + \sum h + (Z_{\text{ВБ}} - Z_{\text{П.З}}), \quad (5.17)$$

где $H_{\text{ВБ}}$ – высота ствола башни, м;

$H_{\text{Б}}$ – высота бака, м;

$Z_{\text{ВБ}}$ – отметка поверхности земли в месте расположения водонапорной башни, м;

$Z_{\text{П.З}}$ – отметка уровня пожарного запаса в РЧВ, м;

$h_{\text{ВОД}}$ – потери напора в водоводе при пропуске расчетного расхода, м;

$\sum h$ – потеря напора в сети, м.

По полученным значениям напора и расхода подбирается насос.

Противопожарные насосы. Подачу и напор противопожарного насоса определяют в соответствии с принятой схемой пожаротушения и противопожарными нормами.

Во время пожара, помимо противопожарного расхода, должен одновременно подаваться и максимальный хозяйственно-питьевой расход. При пожаре водонапорная башня (и водоподъемная установка) отключается и напор противопожарных насосов определяется без учета ее высоты.

Напор насосной станции (в м) определяют как сумму геодезического напора плюс потери напора по пути движения воды.

$$H_{\text{п. н}} = H_{\text{Г}} + \sum h, \quad (5.18)$$

где $H_{\text{Г}}$ – геодезическая высота подъема воды, м;

$$H_{\text{Г}} = (Z_{\text{Д. Т.}} + H_{\text{СВ}}) - Z_{\text{Д}}, \quad (5.19)$$

где $Z_{\text{Д.Т.}}$ – отметка поверхности земли в диктующей точке;

$Z_{\text{Д}}$ – отметка дна резервуара чистой воды;

$H_{\text{СВ}}$ – свободный напор равный 10 м;

$\sum h$ – сумма потерь напора при совместном пропуске максимального хозяйственно-питьевого и пожарного расходов.

Для диктующей точки, находящейся на тупике, сумма потерь напора (в м):

$$\sum h = h_{\text{ВОД}} + \sum h_{\text{С}}, \quad (5.20)$$

где $h_{\text{вод}}$ – потери напора в водоводе при пропуске

$$q_{\text{рас}} = q_{\text{max час}}^{\text{сист.}} + q_{\text{пож}}, \quad (5.21)$$

где Σh_c – потери напора в сети при пропуске расчетного расхода.

Производительность противопожарных насосов ($\text{м}^3/\text{ч}$)

$$Q_{\text{ПН}} = q_{\text{max час}}^{\text{сист.}} + 3,6 \cdot q_{\text{пож}}, \quad (5.22)$$

где $q_{\text{пож}}$ – противопожарный расход, л/с.

По полученным значениям напора и расхода подбирается насос.

7.10. Давление в водопроводной сети

При проектировании систем водоснабжения следует принимать технические решения, которые обеспечивают равномерный режим водопотребления и исключают одновременный максимальный отбор воды из сети различными водопотребителями.

Требуемое минимальное избыточное давление в водопроводной сети на вводе в здание $P_{\text{тр}}$, МПа, относительно поверхности земли при любых режимах водопотребления следует принимать не менее 0,1 МПа для одноэтажной застройки населенного пункта.

Для многоэтажной застройки требуемое минимальное избыточное давление $P_{\text{тр. п}}$, МПа, определяют по формулам:

– при максимальном часовом расходе

$$P_{\text{тр. п}} = 0,1 + (n - 1) 0,04, \quad (5.23)$$

– при минимальном часовом расходе

$$P_{\text{тр. п}} = 0,1 + (n - 1) 0,03, \quad (5.24)$$

где n – количество этажей в здании.

Для отдельных многоэтажных зданий или групп зданий, расположенных в районах с меньшей этажностью застройки или на возвышенных местах, следует рассматривать необходимость использования повысительных насосных станций.

Давление в водопроводной сети на вводе в здания не должно превышать 0,6 МПа, за исключением напорных трубопроводов повыси-

тельных насосных станций. При большем давлении для отдельных зданий или районов следует предусматривать установку регуляторов давления или зонирование системы водоснабжения.

Давление в напорных трубопроводах повысительных насосных станций следует принимать в зависимости от этажности застройки и условий эксплуатации.

Избыточное давление в сети у водоразборных колонок должно быть не менее 0,1 МПа.

Давление в наружной сети водоснабжения объектов производства следует принимать исходя из технологических требований.

Требуемое давление в наружной сети объединенных и отдельных систем водоснабжения, обеспечивающих тушение пожара, следует принимать в соответствии с ТКП 45-2.02-316.

Противопожарный или объединенный противопожарный водопровод населенных пунктов, предприятий и отдельно размещаемых объектов следует принимать низкого давления. Противопожарный или объединенный противопожарный водопровод высокого давления допускается принимать для населенных пунктов с числом жителей до 5000 чел. и при отсутствии в них пожарного аварийно-спасательного подразделения.

Минимальное гидростатическое давление в наружной сети противопожарного водопровода низкого давления (на уровне земли) во время тушения пожара должно быть не менее 0,1 МПа.

В наружных сетях противопожарных водопроводов низкого или высокого давления в дежурном режиме допускается поддерживать минимальное давление, обеспечивающее подъем воды до поверхности земли в самых высоких точках с естественными или планировочными отметками.

Применение наружных сетей-сухотрубов не допускается, за исключением участков трубопровода, соединяющего внутреннюю сеть сухотрубов с электрозадвижкой, размещаемой за пределами защищаемого здания. Минимальное гидростатическое давление в наружной сети противопожарного водопровода высокого давления в период пожаротушения должно обеспечивать высоту компактной части струи не менее 10 м, при полном расчетном расходе воды на пожаротушение и расположении пожарного ствола на уровне наивысшей точки самого высокого здания.

Требуемое давление у наиболее удаленного от здания пожарного гидранта на период тушения пожара P_r , МПа, определяется

по формуле:

$$P_r = (H_r + 30) / 100, \quad (5.25)$$

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

Максимальное гидростатическое давление в период пожаротушения не должно превышать 0,4 МПа у пожарного ствола, расположенного на уровне наивысшей точки самого высокого здания, при этом максимальное давление у любого пожарного гидранта не должно превышать 1,0 МПа.

Минимальное гидростатическое давление в наружной сети объединенного противопожарного водопровода низкого или высокого давления должно обеспечивать требования хозяйственных и (или) производственных потребителей в любое время суток независимо от режима работы.

Максимальное гидростатическое давление в указанной наружной сети хозяйственно-противопожарного водопровода у потребителей не должно превышать 0,6 МПа, в сети производственно-противопожарного водопровода – устанавливаться с учетом требований технологических потребителей, но не более 1,0 МПа.

ЛЕКЦИЯ 11, 12, 13 И 14

Тема 8. УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ

8.1. Свойства природных вод и требования к качеству питьевой воды

Качество воды природных источников, также как и требования, которые предъявляются к качеству воды, используемой различными потребителями, весьма разнообразны.

Качество воды определяется наличием в ней различных веществ неорганического и органического происхождения, а также микроорганизмов. Примеси могут содержаться в воде в различном состоянии:

- во взвешенном – в виде отдельных частиц (грубодисперсная взвесь);
- в коллоидном;

- в растворенном.

Рассмотрим основные физические, химические и бактериологические свойства воды природных источников.

Содержание взвешенных веществ. Мутность

Мутность воды обуславливается наличием в ней различного рода механических примесей, находящихся во взвешенном состоянии: частиц песка, глины, илистых частиц органического происхождения, планктона, водорослей и др. Мутность обычно свойственна воде поверхностных источников и главным образом рек.

Чем меньше размеры частиц грунта, тем большее количество их несет река. Чем больше скорость течения, тем больших размеров частицы могут увлекаться водой. При определенной скорости течения воды частицы эти поддерживаются во взвешенном состоянии и придают воде мутность.

Цветность

Цветность свойственна воде рек, питающихся частично болотной водой, а иногда и воде водохранилищ. Объясняется главным образом присутствием в воде гумусовых веществ. Измеряется цветность в градусах по так называемой платинокобальтовой шкале путем сравнения исследуемой воды с водой, имеющей эталонную цветность. Цветность питьевой воды, подаваемой водопроводом, не должна превышать 20 град. В исключительных случаях, по согласованию с органами санитарного надзора, может быть допущена цветность воды до 35 град.

Запахи и привкусы воды

Наличие запахов и привкусов у воды природных источников обуславливается присутствием в ней растворенных газов, различных минеральных солей, а также органических веществ и микроорганизмов. Запах и привкус имеют болотные и торфяные воды, а также воды, содержащие сероводород. В ряде случаев запах вызывают присутствующие в воде живые или гниющие после отмирания водоросли.

Неприятный запах имеет вода после хлорирования при наличии в ней некоторых количеств остаточного хлора. Интенсивность запаха, как правило, увеличивается с повышением температуры воды.

Привкус солоноватый и даже горько-солоноватый часто имеют сильно минерализованные воды подземных источников.

В большинстве случаев при использовании воды для производственных целей запах и вкус воды сами по себе несущественны. Однако наличие их может указывать на присутствие в воде нежелательных примесей.

Температура воды

В течение года температура воды поверхностных источников колеблется в весьма широких пределах (для стран СНГ – от близкой к нулю до 25 °С, а иногда и выше). Воды подземные, в особенности артезианские, имеют почти постоянную температуру в течение года – 8...12 °С.

Для питьевых целей наиболее желательно использование воды с температурой 7...12 °С.

Жесткость воды

Жесткость воды обуславливается содержанием в ней солей кальция и магния. Различают карбонатную жесткость, которая определяется наличием в воде двууглекислых солей кальция и магния, и некарбонатную, при которой в воде содержатся другие соли кальция и магния – сульфаты, хлориды, нитраты.

Суммарная жесткость воды называется *общей жесткостью*. Вода разных природных источников имеет весьма различную жесткость. Речная вода, за некоторыми исключениями, обладает относительно небольшой жесткостью.

Содержание газов

В воде природных источников чаще всего присутствуют следующие газы: кислород O_2 , двуокись углерода (углекислый газ) CO_2 и сероводород H_2S .

Содержание кислорода и двуокиси углерода даже в значительных количествах не ухудшает качества питьевой воды, но способствует коррозии металлических стенок труб, резервуаров, котлов. Процесс коррозии усиливается с повышением температуры воды, а также при ее движении. При значительном содержании в воде агрессивной двуокиси углерода коррозии подвергаются также стенки бетонных труб и резервуаров.

Содержание сероводорода придает воде неприятный запах и, кроме того, вызывает коррозию металлических стенок труб, баков и котлов. В связи с этим присутствие H_2S не допускается в воде, употребляемой для хозяйственно-питьевых и для большинства производственных нужд.

Содержание соединений железа

Железо довольно часто встречается в воде подземных источников, в основном в форме растворенного двухвалентного железа. Иногда железо содержится и в поверхностных водах в форме комплексных соединений, коллоидов или тонкодисперсной взвеси.

Наличие железа в водопроводной воде может придавать ей плохой вкус, вызывает отложение осадка и зарастание водопроводных труб. При использовании такой воды для стирки белья на нем остаются пятна.

Согласно СанПиН 10-124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества», в воде, подаваемой централизованными системами хозяйственно-питьевого водоснабжения, содержание железа допускается в количестве не более 0,3 мг/л.

Содержание азотистых соединений

Наличие азотсодержащих соединений – нитратов (NO_3^-), нитритов (NO_2^-) и аммонийных солей (NH_4^+) – в воде поверхностных источников или в подземных водах может обуславливаться загрязнением этих вод сточными водами. При этом наличие аммонийных соединений указывает на свежее загрязнение, а наличие нитритов – на относительно недавнее загрязнение. Содержание же в воде нитратов может указывать на давнее, уже ликвидированное, загрязнение источника сточными водами.

Содержание растворенных веществ (сухой остаток)

Общее количество веществ (кроме газов), содержащихся в воде в растворенном состоянии, характеризуется сухим остатком, получаемым в результате выпаривания профильтрованной воды и высушивания задержанного остатка до постоянной массы. В воде источника, используемого для хозяйственно-питьевых целей, сухой остаток не должен превышать 1000 мг/л.

Активная реакция воды

Концентрация в воде водородных ионов pH определяет ее активную реакцию:

- при нейтральной реакции $\text{pH} = 7$;
- при кислой реакции $\text{pH} < 7$;
- при щелочной реакции $\text{pH} > 7$.

Согласно СанПиН 10-124 РБ «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества», вода, подаваемая хозяйственно-питьевым водопроводом, должна иметь pH в пределах 6,5...8,5.

Бактериальная загрязненность воды

Общая бактериальная загрязненность воды характеризуется количеством бактерий, содержащихся в 1 мл воды. Согласно нормативным данным [11], питьевая вода не должна содержать более 100 бактерий в

1 мл.

Особую важность для санитарной оценки воды имеет определение наличия в ней бактерий группы кишечной палочки. Присутствие кишечной палочки свидетельствует о загрязнении воды фекальными стоками и, следовательно, о возможности попадания в нее болезнетворных бактерий, в частности бактерий брюшного тифа.

Путем бактериологического анализа воды определяют число кишечных палочек в 1 л воды (так называемый *колииндекс*) или тот наименьший объем воды, в котором еще обнаруживается кишечная палочка (*колититр*).

Согласно требованиям стандарта, в питьевой воде, подаваемой в сеть хозяйственно-питьевых водопроводов, может содержаться не более трех кишечных палочек на 1 л.

8.2. Методы улучшения качества воды

Способы и степень очистки воды, состав и конструкции очистных сооружений в каждом конкретном случае зависят от тех требований, которые предъявляются к качеству воды, и от качества природной воды (рис. 8.1). Основными процессами улучшения качества воды для хозяйственно-питьевых целей являются:

- осветление,
- обесцвечивание,
- обезжелезивание,
- обеззараживание
- фторирование.

Осветление воды, т. е. устранение из нее взвешенных примесей, в зависимости от требуемой степени осветления может быть достигнуто:

- отстаиванием воды в отстойниках;
- центрифугированием в гидроциклонах;
- путем пропуска ее через слой ранее образованного взвешенного осадка в так называемых осветлителях;
- фильтрованием через слой фильтрующего порошка на намывных фильтрах или через слой зернистого фильтрующего материала в скорых фильтрах;
- фильтрованием через сетки на микрофильтрах, барабанных ситах, акустических фильтрах и т. д.

Обесцвечивание воды, т. е. удаление из нее окрашенных коллои-

дов или истинно растворенных примесей, обуславливающих цветность воды. Наиболее широко для этой цели используют хлорирование, фильтрование через гранулированный активный уголь и озонирование воды. Хорошие результаты по обесцвечиванию воды дает напорная флотация, которой обязательно предшествует коагулирование примесей воды.

Обезжелезивание воды – снижение содержания солей железа до требований ГОСТа, наиболее часто используют при централизованном водоснабжении из подземных источников. В зависимости от форм соединений железа, присутствующих в воде, применяют безреагентные или реагентные методы удаления железа.

Фторирование питьевой воды осуществляется путем внесения в нее соединений фтора для предотвращения заболевания кариесом зубов. Раствор фторсодержащего реагента вводят в обрабатываемую воду до или после скорых фильтров.

Обеззараживание воды производят для уничтожения содержащихся в ней патогенных бактерий и вирусов.

Частично это достигается при коагулировании примесей воды, но наиболее хорошие результаты получаются при введении в воду после фильтрования окислителей:

- хлора и его производных,
- озона
- перманганата калия.

При доведении качества воды до питьевой кондиции помимо вышеописанных процессов иногда применяют:

- дезодорацию (удаление нежелательных привкусов и запахов), используя аэрацию, окислители и сорбенты;
- умягчение (удаление солей жесткости);
- введение в воду щелочных реагентов;
- высаживание в осадок солей жесткости;

- опреснение (снижение общей минерализации воды) дистилляцией, ионным обменом, гиперфильтрацией или электродиализом и др.

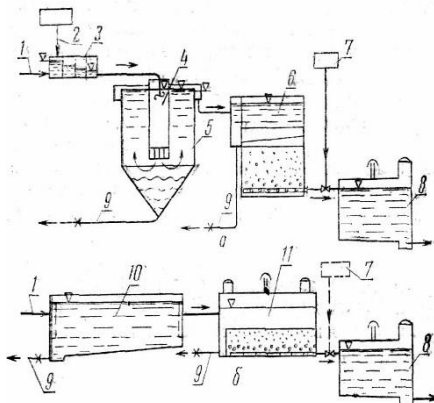


Рис. 8.1. Схема очистной станции: *а* – при реагентном способе очистки; *б* – при безреагентном: 1 – подача неочищенной воды; 2 – устройства для приготовления растворов и дозирования реагентов (коагулянта и др.); 3 – смеситель; 4 – камера хлопьеобразования; 5 – вертикальный отстойник; 6 – скорый фильтр; 7 – установка для обеззараживания воды; 8 – резервуар чистой воды; 9 – трубы для удаления осадка и промывных вод; 10 – горизонтальный отстойник; 11 – медленный фильтр

8.3. Технологические схемы и сооружения станции УКВ

Сочетание необходимых технологических процессов и сооружений составляет технологическую схему улучшения качества воды. Используемые в практике водоподготовки технологические схемы можно классифицировать по следующим основным признакам:

- по способу подготовки воды – на реагентные и безреагентные;
- по эффекту осветления – глубокого и грубого осветления;
- по числу технологических процессов и числу ступеней каждого из них;
- по характеру движения воды – на напорные и безнапорные.

Реагентные и безреагентные технологические схемы применяют при подготовке воды для хозяйственно-питьевых целей и нужд промышленности. Указанные технологические схемы существенно отличаются по размерам водоочистных сооружений и условиям их эксплуатации.

Процессы обработки воды с применением реагентов протекают ин-

тенсивнее и значительно эффективнее. Так, для осаждения основной массы взвешенных веществ в первом случае необходимо 2...4 ч, а во втором – несколько суток. С использованием реагентов фильтрование осуществляется со скоростью 5...12 м/ч и более, а без реагентов (медленное фильтрование) – 0,1...0,3 м/ч.

При обработке воды с применением реагентов водоочистные сооружения значительно меньше по объему, компактнее и дешевле в строительстве, но сложнее в эксплуатации, чем сооружения безреагентной схемы. Поэтому безреагентные технологические схемы, как правило, применяют для водоснабжения небольших водопотребителей при цветности исходной воды до 50 град. Безреагентные схемы широко используют для неглубокого осветления воды при водоснабжении промышленных объектов. В ряде случаев для этих целей применяют одно отстаивание или одно фильтрование на грубозернистых фильтрах или микрофильтрах.

По эффекту осветления различают технологические схемы для полного или глубокого осветления воды и для неполного или грубого осветления. В первом варианте очищенная вода соответствует требованиям питьевой воды. Во втором варианте содержание взвеси в очищенной воде во много раз больше – 50...100 мг/л. Обычно грубо осветленную воду используют для целей охлаждения различного производственного оборудования.

Технологические схемы для глубокого осветления воды применяют как для хозяйственно-питьевых, так и для многих производственных водопроводов, где к качеству технической воды предъявляют высокие требования. Схемы для неполного осветления воды обычно используют для подготовки технической воды.

По числу технологических процессов и числу ступеней каждого из них технологические схемы подразделяют на одно-, двух- и многопроцессные (рис. 8.2).

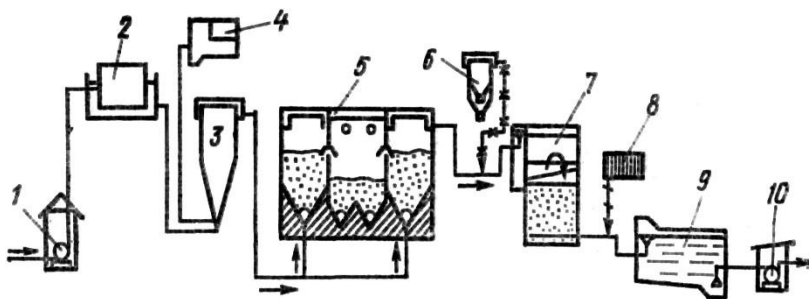


Рис. 8.2. Двухпроцессная технологическая схема: 1 – насосная станция I подъема; 2 – барабанные сетки (вариант); 3 – вертикальный смеситель; 4 – реагентное хозяйство; 5 – осветлитель со взвешенным осадком; 6 – установка для дезодорации, фторирования или интенсификации процесса фильтрования; 7 – скорый фильтр; 8 – установка для обеззараживания воды; 9 – резервуар чистой воды; 10 – насосная станция II подъема

Так, технологическая схема, представленная выше, является двух-процессной.

Здесь два основных технологических процесса: обработка воды в слое взвешенного осадка и фильтрование. Оба процесса осуществляются последовательно и однократно (в одну ступень).

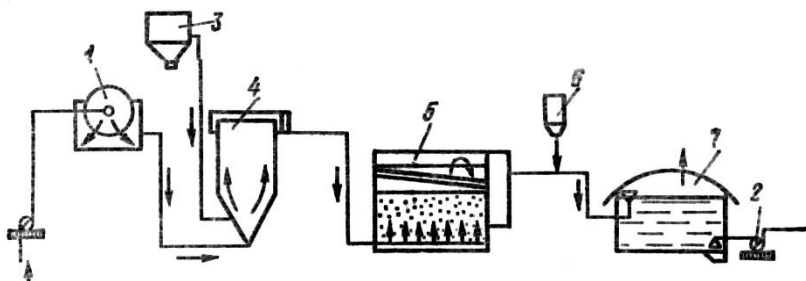


Рис. 8.3. Однопроцессная двухступенчатая технологическая схема: 1 – микрофильтр, 2 – насосная станция II подъема; 3 – реакгентное хозяйство; 4 – вертикальный смеситель; 5 – контактный осветлитель; 6 – установка для фильтрования и обеззараживания воды; 7 – резервуар чистой воды

В том случае, когда один из основных технологических процессов осуществляется дважды или большее число раз, технологическая схема называется двух-, трех- или многоступенчатой. Например, показана однопроцессная технологическая схема с контактными осветлителями, (рис 8.3).

Здесь основной технологический процесс – фильтрование – осуществляется дважды.

По характеру движения обрабатываемой воды технологические схемы подразделяют на самотечные (безнапорные) и напорные.

На городских и крупных промышленных водоочистных комплексах движение исходной воды по сооружениям осуществляется самотеком. При этом уровень воды в каждом последующем сооружении ниже уровня в предыдущем. Разность уровней определяет напор, необходимый для преодоления гидравлических сопротивлений внутри сооружения и в коммуникациях от одного сооружения к другому. Поэтому

увязка взаимного расположения отдельных очистных сооружений технологической схемы, т. е. построение высотной схемы, имеет перво-степенное значение.

При напорной технологической схеме движение обрабатываемой воды от сооружения к сооружению происходит под давлением выше атмосферного, поэтому отдельные сооружения можно расположить на одной отметке. Напорные очистные сооружения должны быть герметично закрытыми и рассчитаны на давление, развиваемое насосами. Следует отметить, что при использовании напорной технологической схемы резервуары чистой воды и насосная станция II подъема иногда могут не устраиваться. В отдельных случаях очищенная вода под напором насосов I подъема передается непосредственно в сеть потребителей (рис. 8.4). При безнапорном движении воды по очистным сооружениям необходимы две насосные станции и резервуары чистой воды.

При проектировании сооружений водоподготовки следует проводить предварительные микробиологические, химические и физические исследования воды, поступающей от источников водоснабжения, с учетом особенностей местных условий с целью определения веществ, присутствующих в воде. Расчетные максимальные значения мутности и цветности, содержания фитопланктона, перманганатной окисляемости, запаха при проектировании сооружений станций водоподготовки следует определять по данным анализов воды за период не менее чем 2 предшествующих года.

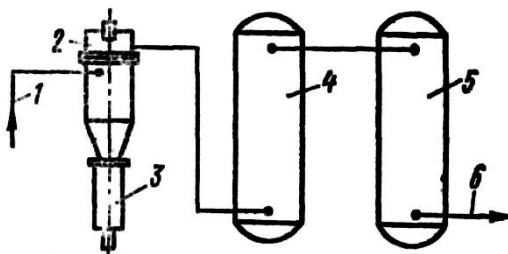


Рис. 8.4. Напорная технологическая схема фильтровальной установки: 1 – подача исходной воды; 2 – гидроциклон; 3 – шламовая камера; 4 – противоточный фильтр I ступени; 5 – скорый фильтр II ступени; 6 – отвод фильтрата

Основные методы и сооружения водоподготовки следует предварительно определять на основании оценки качества обрабатываемой воды и уточнять на основании данных инженерных изысканий, выполняемых на исходной воде непосредственно у источника водоснабжения.

При проектировании сооружений водоподготовки подземных вод необходимо учитывать возможность изменения качества воды при последующей эксплуатации сооружений.

Суммарный расход воды, поступающей на станцию водоподготовки, следует определять с учетом расхода воды на собственные нужды станции. Расходы воды на собственные нужды станций следует определять расчетами. При проведении предварительной оценки среднесуточные (за год) расходы исходной воды на собственные нужды станций осветления и обезжелезивания следует принимать: при повторном использовании промывных вод – от 3 % до 4 % от расхода воды, подаваемой потребителям; без повторного использования промывных вод – от 10 % до 14 %; для станций умягчения – от 20 % до 30 %.

Станции водоподготовки следует рассчитывать на равномерную работу в течение 1 сут максимального водопотребления, за исключением станций производительностью до 5000 м³/сут, для которых допускается предусматривать работу в течение части суток. При этом необходимо предусматривать возможность отключения отдельных сооружений для технического обслуживания и ремонта.

При производительности станций водоподготовки более 5000 м³/сут необходимо предусматривать повторное использование промывных вод фильтров.

Коммуникации станций водоподготовки следует рассчитывать на возможность пропуска расхода воды от 20 % до 30 % больше расчетного. Сооружения водоподготовки должны быть оборудованы устройствами для отбора проб воды до и после каждого сооружения.

Подготовку подземных вод, содержащих железо и марганец преимущественно в двухвалентной форме, необходимо осуществлять фильтрованием в безнапорных или напорных условиях, осуществляемым после предварительной аэрации воды.

Обезжелезивание подземных вод, содержащих железоорганические комплексы и отличающиеся низкими значениями pH и щелочности, следует производить с использованием схем реагентной водоподготовки, аналогичных применяемым для обработки поверхностных вод.

Технологические схемы установок обезжелезивания и обезмарган-

цевания воды и параметры их работы принимают на основании результатов инженерных изысканий, полученных непосредственно у источника водоснабжения.

8.3.1. Смесители, назначение и типы

Смешение реагентов ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) с обрабатываемой водой производят в специальных сооружениях – смесителях. Данные сооружения должны удовлетворять требованию быстрого и полного смешения реагентов со всей массой воды (т. е. время пребывания воды 1...3 мин).

Расчетные дозы реагентов следует устанавливать на основании данных инженерных изысканий для различных периодов года и корректировать в период наладки и эксплуатации сооружений. При этом следует учитывать допустимые остаточные концентрации реагентов в обработанной воде, предусмотренные [11].

Для предварительных расчетов дозу коагулянта D_k , мг/л, в расчете на $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, FeCl_3 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ (по безводному веществу) определяют:

- при обработке для снижения мутности воды – по таблице 8.1;
- при обработке для снижения цветности воды – по формуле:

$$D_k = 4\sqrt{C}, \quad (8.1)$$

где C – цветность обрабатываемой воды, град.

При одновременном содержании в воде взвешенных веществ и наличии цветности принимают большее из значений доз коагулянта, указанных в табл. 8.1 и определяемых по формуле (8.1).

При использовании процесса контактной коагуляции непосредственно в фильтрующей загрузке фильтров дозу коагулянта следует принимать меньше на 10 – 15 %, чем указано в таблице 8.1.

Т а б л и ц а 8.1. Доза вносимого коагулянта в зависимости от мутности воды

	Мутность воды, мг/л			Доза безводного коагулянта для обработки мутных вод D_k , мг/л
До	100	включ.		25–35
Св.	100		200	30–40
	200		400	35–45
	400		600	45–50
	600		800	50–60
	800		1000	60–70
	1000		1500	70–80

Пр и м е ч а н и е. Меньшие значения доз относятся к воде, содержащей грубодисперсные примеси.

Приготовление и дозирование реагентов следует предусматривать в виде растворов или суспензий. Количество дозаторов следует принимать в зависимости от количества точек ввода и производительности дозатора, но не менее двух (один резервный).

Гранулированные и порошкообразные реагенты следует вводить в сухом виде с помощью аппаратов-дозаторов сухого дозирования, работающих по весовому или объемному принципу.

Концентрацию раствора коагулянта в растворных баках, в пересчете на безводный продукт, следует принимать, %, не более:

17 – для неочищенного коагулянта;

20 – для очищенного кускового коагулянта;

24 – для очищенного гранулированного коагулянта;

12 – в расходных баках.

Время полного цикла приготовления раствора коагулянта (загрузка, растворение, отстаивание, перекачка, при необходимости – очистка поддона) при температуре воды до 10 °С следует принимать от 10 до 12 ч, при использовании воды температурой до 40 °С – от 6 до 8 ч.

Количество растворных баков следует принимать с учетом вида коагулянта, способов его доставки и разгрузки, а также времени его растворения, но не менее трех. Количество расходных баков должно быть не менее двух.

Для растворения коагулянта и его перемешивания в баках следует предусматривать механические мешалки, циркуляционные насосы или подачу сжатого воздуха с интенсивностью от 8 до 10 л/(с·м²) для растворения и от 3 до 5 л/(с·м²) – для перемешивания при разбавлении до требуемой концентрации в расходных баках.

Смесительные устройства должны включать устройства ввода реагентов, обеспечивающие быстрое равномерное распределение реагентов в трубопроводе или канале подачи воды на сооружения водоподготовки, и смесители, обеспечивающие последующее интенсивное смешение реагентов с обрабатываемой водой.

Смесительные устройства должны обеспечивать последовательный, с необходимым интервалом во времени, ввод реагентов с учетом длительности пребывания воды в трубопроводах или каналах между устройствами ввода реагентов.

Устройства ввода реагентов следует выполнять в виде дырчатых

трубчатых распределителей или вставок в трубопровод, создающих местные сопротивления. Распределители реагентов должны быть доступны для прочистки и промывки без прекращения процесса обработки воды. Потери напора в трубопроводе при установке трубчатого распределителя следует принимать от 0,1 до 0,2 м, при установке вставки – от 0,2 до 0,3 м.

Количество смесителей (секций) следует принимать не менее двух, оба рабочие, с возможностью их отключения в периоды интенсивного хлопьеобразования.

Необходимо предусматривать обводной трубопровод в обход смесителей с размещением в нем резервных устройств ввода реагентов.

Смешение реагентов с водой предусматривают в смесителях с гидравлическим или механическим перемешиванием.

К числу гидравлических смесителей относят: дырчатый; перегородчатый; вертикальный (вихревой).

Дырчатый смеситель представляет собой лоток с дырчатыми перегородками, размещенными перпендикулярно направлению движения воды.

Вода, проходя через отверстия со скоростью около 1 м/с, испытывает завихрения, что способствует хорошему смешиванию воды с реагентами. Диаметр отверстий принимают 20...100 мм и располагают в шахматном порядке.

Расстояние между перегородками принимается не менее ширины смесителя (рис. 8.5).

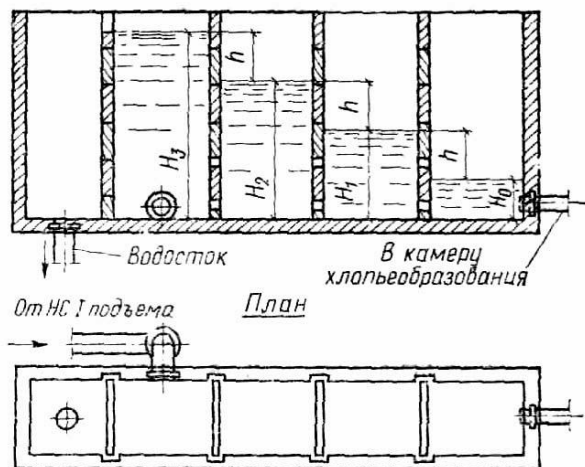


Рис. 8.5. Дырчатый смеситель

Расчет дырчатого смесителя ведут в следующей последовательности:

1. Площадь поперечного сечения лотка (в м²)

$$f_{\text{л}} = \frac{q}{v_{\text{л}}}, \quad (8.2)$$

где q – расход воды станции очистки, м³/с;

$v_{\text{л}}$ – скорость движения воды в лотке, принимается 0,6 м/с.

2. Диаметр подводящего трубопровода (в м):

$$d_{\text{н.пр.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot q}{v_{\text{н.пр.}} \cdot \pi}}, \quad (8.3)$$

где $v_{\text{н. тр.}}$ – скорость движения воды в подводящем трубопроводе, равная 1,0...1,5 м/с;

π – 3,14.

3. Диаметр отводящего трубопровода (в м):

$$d_{\text{от. тр.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot q}{v_{\text{от. тр.}} \cdot \pi}}, \quad (8.4)$$

где $v_{\text{от. тр.}}$ – скорость движения воды в отводящем трубопроводе, равная 0,8...1,2 м/с.

4. Потеря напора на каждой ступени дырчатого смесителя (в м):

$$h = \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot \mu^2}, \quad (8.5)$$

где v – скорость движения воды в отверстиях, равная 1...1,2 м/с;

g – ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с²;

μ – коэффициент расхода воды через круглое отверстие, равный 0,62.

5. Высота уровня воды в отделениях смесителя:

$$H_1 = H_0 + h; \quad H_2 = H_1 + h; \quad H_3 = H_2 + h, \quad (8.6)$$

где H_0 – минимально допускаемая глубина воды в смесителе после перегородок смесителя, принимаемая 0,4...0,5 м.

6. Высота смесителя:

$$H_{\text{см}} = H_3 + 0,3. \quad (8.7)$$

7. Число отверстий в каждой перегородке:

$$n = \frac{4 \cdot q}{\pi \cdot d^2 \cdot v}, \quad (8.8)$$

где d – диаметр отверстия, м.

8. Емкость смесителя (в) м³:

$$W = q \cdot t = L \cdot B \cdot h_{\text{ср}}, \quad (8.9)$$

где t – время нахождения воды в смесителе, с (60...180 с);

B – ширина смесителя, м;

L – длина смесителя, м;

$$L = 3 \cdot B, \quad (8.10)$$

$h_{\text{ср}}$ – средняя мощность воды в смесителе, м

$$h_{\text{ср}} = \frac{H_1 + H_2 + H_3}{3}. \quad (8.11)$$

Откуда:

$$B = \sqrt{\frac{q \cdot t}{H_1 + H_2 + H_3}}. \quad (8.12)$$

Перегородчатый смеситель представляет собой железобетонный лоток с тремя щелевыми перегородками, установленными перпендикулярно оси сооружения.

При движении воды в щелях со скоростью 1 м/с за ними образуются вихревые течения, что способствует быстрому и полному смешению реагента с водой.

Расчет перегородчатого смесителя аналогичен дырчатому.

Расстояние между перегородками принимают равным двойной ширине лотка. Коэффициент расхода, зависящий от отношения ширины прохода к толщине перегородки, принимают $\mu = 0,75...0,65$ при $B_{\text{пр},i}/\delta = 1...2$. Высота затопления проходов от уровня воды до их вер-

ха принимается равной 0,1...0,15 м (рис. 8.6).

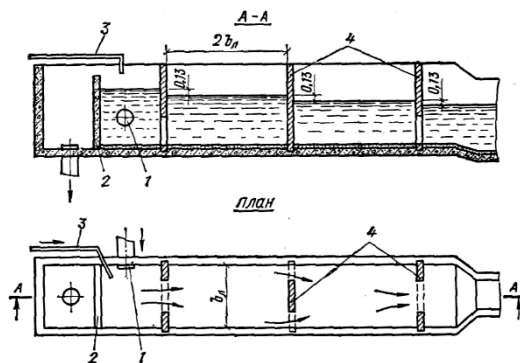


Рис. 8.6. Перегородчатый смеситель:

1 – труба для подачи воды; 2 – переливная стенка; 3 – труба для подачи реагента; 4 – перегородки

На водоочистных комплексах с осветлителями применяют **вертикальные (вихревые) смесители** в виде цилиндрического резервуара с конической нижней частью.

Вихревые смесители следует проектировать в виде конического или пирамидального вертикального диффузора с углом между наклонными стенками от 30° до 45° и высотой верхней части с вертикальными стенками от 1,0 до 1,5 м.

При этом следует исходить из условий:

- скорость входа воды в смеситель – от 1,2 до 1,5 м/с;
- скорость восходящего движения воды под водосборным устройством – от 30 до 40 мм/с;
- скорость движения воды в конце водосборного лотка – 0,6 м/с;
- продолжительность пребывания воды в смесителе – от 1,5 до 2 мин, (рис. 8.7).

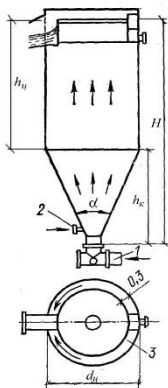


Рис. 8.7. Вертикальный (вихревой) смеситель:
1 – подвод воды; 2 – трубка для подвода реагента;
3 – отвод воды

В низ конуса подводят обрабатываемую воду и туда же, только с противоположной стороны, вводят растворы реагентов. Восходящая скорость движения воды в цилиндрической части смесителя должна быть 25 мм/с, благодаря чему частицы реагента находятся во взвешенном состоянии. Отвод воды из смесителя осуществляется периферийным лотком.

Расчет вертикального (вихревого) смесителя ведут в следующей последовательности:

1. Диаметр цилиндрической части смесителя (в м):

$$d_{ц.} = \sqrt{\frac{4 \cdot q}{v_{ц.} \cdot \pi}}, \quad (8.13)$$

где $v_{ц.}$ – скорость движения воды в цилиндрической части смесителя, равная 0,025 м/с.

2. Диаметр подводящего трубопровода:

$$d_{п.тр.} = \sqrt{\frac{4 \cdot q}{v_{п.тр.} \cdot \pi}}, \quad (8.14)$$

где $v_{п.тр.}$ – скорость движения воды в подводящем трубопроводе, равная 1,0...1,5 м/с.

3. Диаметр отводящего трубопровода (в м):

$$d_{от.тр.} = \sqrt{\frac{4 \cdot q}{v_{от.тр.} \cdot \pi}}, \quad (8.15)$$

где $v_{от.тр.}$ – скорость движения воды в отводящем трубопроводе, равная 0,8...1,2 м/с.

4. Объем смесителя (в м³):

$$W = q \cdot t = W_{\text{ц}} + W_{\text{к}}, \quad (8.16)$$

где $W_{\text{ц}}$ – объем цилиндрической части смесителя, м^3 ;

$W_{\text{к}}$ – объем конической части смесителя, м^3 .

$$W_{\text{к}} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h_{\text{к}} \cdot \left[\left(\frac{d_{\text{ц}}}{2} \right)^2 + \left(\frac{d_{\text{п.тр.}}}{2} \right)^2 + \frac{d_{\text{ц}} \cdot d_{\text{п.тр.}}}{4} \right], \quad (8.17)$$

где $h_{\text{к}}$ – высота конической части смесителя (в м)

$$h_{\text{к}} = \frac{d_{\text{ц}} - d_{\text{п.тр.}}}{2 \cdot \text{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right)}, \quad (8.18)$$

где α – угол между образующими конуса, равный $30 \dots 40^\circ$.

Откуда объем цилиндрической части смесителя (в м^3)

$$W_{\text{ц}} = q \cdot t - W_{\text{к}}, \quad (8.19)$$

5. Высота цилиндрической части смесителя (в м):

$$h_{\text{ц}} = \frac{W_{\text{ц}}}{f_{\text{ц}}} = \frac{W_{\text{ц}} \cdot v_{\text{ц}}}{q}, \quad (8.20)$$

6. Высота отводящего желоба (в м):

$$h_{\text{ж}} = \frac{q}{2 \cdot v_{\text{ж}} \cdot b_{\text{ж}}}, \quad (8.21)$$

где $v_{\text{ж}}$ – скорость движения воды в желобе, принимается $0,4 \dots 0,6$ м/с;

$b_{\text{ж}}$ – ширина желоба, равная $0,3$ м.

Вихревые смесители следует проектировать в виде конического или пирамидального вертикального диффузора с углом между наклонными стенками от 30° до 45° и высотой верхней части с вертикальными стенками от $1,0$ до $1,5$ м.

При этом следует исходить из условий:

- скорость входа воды в смеситель – от $1,2$ до $1,5$ м/с;
- скорость восходящего движения воды под водосборным устройством – от 30 до 40 мм/с;
- скорость движения воды в конце водосборного лотка – $0,6$ м/с;
- продолжительность пребывания воды в смесителе – от $1,5$ до 2 мин.

Механические смесители основаны на механическом перемешивании воды с введенным в нее реагентом. Применяются для обеспечения лучшего регулирования процесса смешивания.

Смесители механического типа следует принимать круглыми или квадратными в плане, с отношением высоты к ширине (диаметру) 2:1, с плоским или коническим (пирамидальным) днищем.

Вместимость смесителей механического типа следует рассчитывать исходя из времени пребывания в них воды от 0,5 до 3 мин.

Перемешивание воды с реагентами должно осуществляться турбинными, пропеллерными или лопастными мешалками со скоростью вращения не более 80 мин^{-1} – для турбинных мешалок с максимальной линейной скоростью на конце лопасти до 5 м/с и не более 1750 мин^{-1} – для пропеллерных мешалок.

Потери напора при прохождении воды через механический смеситель крайне малы и при расчетах их можно не учитывать (рис 8.8).

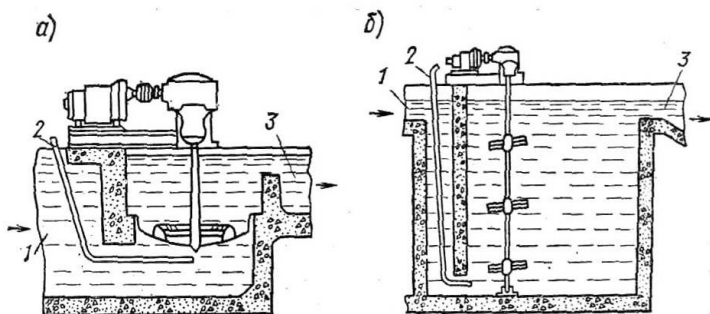


Рис. 8.8. Механические смесители: *а* пропеллерный; *б* лопастной.
1 – подвод воды; 2 – трубка для подвода реагента; 3 – отвод воды.

Смесители должны быть оборудованы переливными и спускными трубопроводами. Следует предусматривать возможность сокращения времени пребывания воды в смесителях в периоды интенсивного хлопьеобразования.

Скорость движения воды в трубопроводах или каналах от смесителей к камерам хлопьеобразования и осветлителям со слоем взвешенного осадка следует принимать убывающей от 1,0 до 0,6 м/с. При этом время пребывания воды в них должно составлять не более 1,5 мин.

8.3.2. Отстойники, назначение и типы

Скорость движения воды в трубопроводах или каналах от смесителей к камерам хлопьеобразования и осветлителям со слоем взвешенного осадка следует принимать убывающей от 1,0 до 0,6 м/с. При этом время пребывания воды в них должно составлять не более 1,5 мин.

Вместимость камер хлопьеобразования должна обеспечивать продолжительность периода флокуляции, определенную технологическими исследованиями. Тип камеры необходимо выбирать в зависимости от способа отделения взвеси на следующей стадии обработки.

В отстойниках следует предусматривать встроенные камеры хлопьеобразования гидравлического или механического типа.

Осаждение взвешенных частиц происходит под действием силы тяжести. Все современные конструкции отстойников, применяемые для осветления воды, являются проточными, так как осаждение взвеси в них происходит при непрерывном движении воды от входа к выходу.

В зависимости от направления движения воды различают три основных типа отстойников:

- горизонтальные;
- вертикальные;
- радиальные.

В отстойниках по высоте различают зону осаждения и зону накопления и уплотнения осадка.

Горизонтальный отстойник – прямоугольный, вытянутый в сторону движения воды резервуар, в котором осветляемая вода движется в направлении, близком к горизонтальному вдоль отстойника (рис. 8.8).

Горизонтальные отстойники следует проектировать с рассредоточенным по площади сбором воды. Расчет отстойников (площадь зоны осаждения) следует определять для двух периодов эксплуатации:

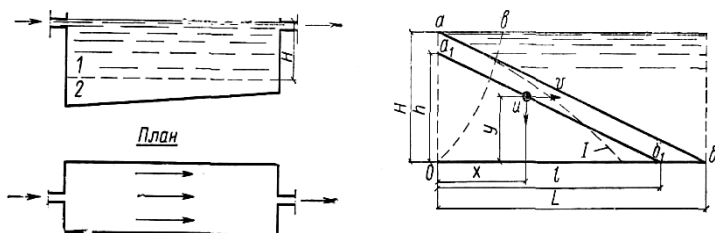


Рис.8.9. Горизонтальный отстойник

– минимальной мутности – при минимальном расходе воды в зимний период; – наибольшей мутности – при максимальном расходе воды, соответствующем этому периоду. Расчетная площадь зоны осаждения должна соответствовать наибольшему значению. Блоки, а также желоба для сбора осветленной воды следует предусматривать на всей длине отстойника.

Длину отстойника L , м следует определять исходя из скорости горизонтального движения воды и средней высоты зоны осаждения.

Ширина отстойника должна быть не более 6 м. Горизонтальные отстойники следует проектировать с механическим или гидравлическим удалением осадка без отключения подачи воды в отстойник, или предусматривать в них гидравлическую систему смыва осадка, с периодическим отключением подачи воды в отстойник в случае осветления мутных вод с образованием малоподвижных осадков.

Для отстойников с механизированным удалением осадка скребковыми механизмами объем зоны накопления и уплотнения осадка следует определять в зависимости от размеров скребков, сгребающих осадок в приямок.

При гидравлическом удалении или напорном смыве осадка объем зоны накопления и уплотнения осадка определяют при продолжительности работы отстойника между чистками не менее 12 ч.

При устройстве отстойников с рециркуляцией осадка проектирование следует осуществлять с учетом особых требований по обеспечению достаточного контакта осадка с водой без дополнительного перемешивания и турбулентности.

При устройстве отстойников с рециркуляцией осадка проектирование следует осуществлять с учетом особых требований по обеспече-

нию достаточного контакта осадка с водой без дополнительного перемешивания и турбулентности.

Для гидравлического удаления осадка следует предусматривать сборную систему из дырчатых труб, обеспечивающую удаление осадка за период 20–30 мин.

Дно отстойника между трубами сборной системы осадка следует принимать плоским или призматическим с углом наклона граней 45° .

Расстояние между осями труб следует принимать, м, не более: 3 – при призматическом днище; 2 – при плоском днище.

Скорость движения осадка на выходе из труб следует принимать не менее 1 м/с, в отверстиях – от 1,5 до 2,0 м/с; диаметр отверстий – не менее 25 мм; расстояние между отверстиями – от 300 до 500 мм.

Для удаления из отстойников трудноудаляющихся осадков, образующихся при осветлении мутных и высокомутных вод, следует предусматривать напорные гидравлические системы смыва осадка, включающие телескопические дырчатые трубы с насадками, насосную установку, резервуар промывной воды и емкости для сбора и уплотнения осадка перед его подачей на сооружения обезвоживания.

Высоту отстойников следует определять, как сумму высот зоны осаждения и зоны накопления осадка с учетом размера превышения строительной высоты над расчетным уровнем воды не менее 0,3 м.

Количество воды, сбрасываемой из отстойника вместе с осадком, следует определять с учетом коэффициента разбавления, принимаемого равным: 1,5 – при гидравлическом удалении осадка; 1,2 – при механическом удалении осадка; 2–3 – при напорном смыве осадка.

Сбор осветленной воды следует предусматривать системой горизонтальных труб или желобов с затопленными отверстиями или треугольными водосливами, расположенными на участке $2/3$ длины отстойника, считая от задней торцевой стенки, или на всю длину отстойника при оснащении его тонкослойными блоками.

Скорость движения осветленной воды на выходе из желобов и труб следует принимать от 0,6 до 0,8 м/с, в отверстиях – 1 м/с.

Применяются при обработке воды с расходом более $30000 \text{ м}^3/\text{сут}$ с мутностью до 1500 мг/л и цветностью 120° .

Горизонтальная скорость движения воды в отстойнике при коагулированной смеси – $3 \dots 8 \text{ мм/с}$, при некоагулированной – $1 \dots 2 \text{ мм/с}$.

Вертикальный отстойник – обычно круглый в плане и в очень редких случаях квадратный резервуар значительной глубины, в котором обрабатываемая вода движется снизу вверх.

В вертикальных отстойниках следует предусматривать гидравлическую камеру хлопьеобразования водоворотного типа, располагаемую в центре отстойника. Воду следует подавать в камеру хлопьеобразования через сопла, направленные по касательной (рис. 8.10).

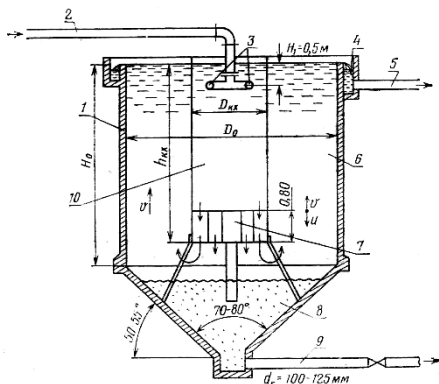


Рис. 8.9. Вертикальный отстойник с встроенной водоворотной камерой хлопьеобразования:

- 1 – отстойник; 2 – труба, подводящая воду из смесителя; 3 – сопла; 4 – отводящий круговой желоб; 5 – труба, отводящая воду на фильтры; 6 – зона осаждения; 7 – гаситель; 8 – осадочная часть; 9 – труба для выпуска осадка; 10 – водоворотная камера хлопьеобразования

В нижней части камеры необходимо предусматривать решетки с ячейками размерами 0,5 x 0,5 м, высотой 0,8 м. Площадь камеры хлопьеобразования водоворотного типа следует определять исходя из времени пребывания в ней воды от 15 до 20 мин и высоты камеры, принимаемой от 3,5 до 4,0 м.

При применении механических камер хлопьеобразования, оборудованных перемешивающим устройством, градиент скорости в камере хлопьеобразования следует принимать от 20 до 50 с⁻¹. Мешалки должны иметь электропривод с возможностью изменения скорости вращения для регулирования интенсивности перемешивания в зависимости от хода процесса хлопьеобразования. При больших объемах камеры ее необходимо разделить на несколько последовательно работающих отделений, каждое из которых должно быть оборудовано отдельным перемешивающим устройством.

Время пребывания воды следует принимать от 30 до 40 мин, скорость движения воды – уменьшающейся в направлении ее движения от 0,5 до 0,1 м/с за счет сокращения числа оборотов мешалок или уменьшающейся по ходу потока площади их лопастей. Скорость вращения мешалок принимают в зависимости от качества исходной воды в пределах от 0,3 до 0,5 м/с.

В горизонтальных отстойниках гидравлические камеры хлопьеобразования следует предусматривать вихревые или со слоем взвешенного осадка.

Вихревые камеры хлопьеобразования следует проектировать с наклонными стенками с углом между стенками, принимаемым от 50° до 70° в зависимости от высоты камеры. Время пребывания воды в камере принимают в пределах от 6 до 12 мин (меньшее значение – для мутных вод, большее значение – для цветных вод).

Скорость входа воды в камеры следует принимать от 0,7 до 1,2 м/с, скорость восходящего потока на выходе из камеры – от 4 до 5 мм/с.

Отвод воды из камер хлопьеобразования в отстойники следует предусматривать при скорости движения воды в сборных лотках, трубах и отверстиях не более 0,1 м/с для мутных вод и 0,05 м/с – для цветных вод.

Камеры хлопьеобразования со слоем взвешенного осадка с вертикальными перегородками следует применять для вод средней мутности и мутных вод. Восходящую скорость движения воды следует принимать от 0,65 до 1,6 мм/с при осветлении вод средней мутности и от 0,8 до 2,2 мм/с – при осветлении мутных вод.

При применении встроенных камер хлопьеобразования со слоем взвешенного осадка расчетную скорость осаждения взвешенных веществ в отстойнике при обработке мутных вод следует принимать на 20 % больше, а при обработке вод средней мутности – на 15 % больше, чем значения скорости осаждения взвешенных веществ, указанные в табл. 8.2.

Т а б л и ц а 8.2. Скорость осаждения взвешенных осадков в зависимости от способа обработки мутных вод

Характеристика обрабатываемой воды и способ обработки	Скорость осаждения взвешенных веществ u_0 , мм/с
Маломутные цветные воды, обрабатываемые коагулянтном	0,35
Воды средней мутности, обрабатываемые коагулянтном	0,45
Мутные воды, обрабатываемые:	
коагулянтном	0,50
флокулянтном	0,20
Мутные воды, не обрабатываемые коагулянтном	0,08

Скорость восходящего потока зависит от расчетной гидравлической крупности u_0 и должна быть меньше или в пределе равна ей.

Распределение воды по площади камеры хлопьеобразования со

слоем взвешенного осадка необходимо предусматривать с помощью напорных дырчатых труб с отверстиями, направленными вниз под углом 45°. Расстояние между дырчатыми трубами следует принимать 2 м, расстояние от стенки камеры до труб – 1 м.

Скорость движения воды на входном участке распределительных труб следует принимать от 0,5 до 0,6 м/с, площадь отверстий – от 30 % до 40 % площади сечения распределительной трубы, диаметр отверстий – не менее 25 мм.

Отвод воды из камер хлопьеобразования в отстойники следует предусматривать при скорости движения воды, м/с, не более: 0,1 – для мутных вод; 0,05 – для цветных вод. На входе воды в отстойник следует устанавливать подвесную перегородку, погруженную на 1/4 высоты отстойника.

Скорость движения воды между стенкой и перегородкой не должна превышать 0,03 м/с.

Применяются для обработки воды в объеме до 5000 м³/сут.

Радиальный отстойник – круглый в плане железобетонный резервуар, высота которого невелика по сравнению с его диаметром. Вода в отстойнике движется от центра к периферии в радиальном направлении, близком к горизонтальному. Радиальные отстойники устраиваются диаметром до 60 м, с глубиной отстойника у стенки в пределах 1,5...2,5 м. Уклон днища отстойника – 0,04.

Площадь зоны осаждения радиального отстойника, без установки в нем тонкослойных блоков, следует определять для двух периодов эксплуатации:

- минимальной мутности – при минимальном расходе воды в зимний период;
- наибольшей мутности – при максимальном расходе воды, соответствующем этому периоду.

Расчетная площадь зоны осаждения должна соответствовать наибольшему значению.

При количестве отстойников менее шести следует предусматривать один резервный отстойник, при количестве более шести – два резервных отстойника.

При установке в зоне осаждения тонкослойных полочных или трубчатых блоков (с углом наклона 60°, высотой блоков от 1000 до 1500 мм) площадь зоны осаждения, в метрах квадратных, определяют исходя из удельных нагрузок, отнесенных к площади зеркала воды, занятой тонкослойными блоками, м³/(ч•м²):

- от 3,0 до 3,5 – для маломутных и цветных вод;
- от 3,6 до 4,5 – для вод средней мутности;
- от 4,6 до 5,5 – для мутных вод.

Указанные удельные нагрузки допускается корректировать на основании результатов инженерных изысканий.

Стенки радиальных отстойников в зоне накопления и уплотнения осадка должны быть наклонными. Угол между наклонными стенками следует принимать от 70° до 80° .

Сбор осветленной воды в радиальных отстойниках следует предусматривать периферийными или периферийными и радиальными желобами с отверстиями или с треугольными вырезами. Сечение желобов следует рассчитывать на скорость движения воды от 0,5 до 0,6 м/с.

Сброс осадка следует предусматривать без исключения отстойника.

При количестве встроенных в отстойники камер хлопьеобразования менее шести следует предусматривать одну резервную камеру.

При проектировании флотаторов следует принимать:

- гидравлическую нагрузку – от 6 до $8 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 площади;
- глубину слоя воды – от 1,5 до 2,5 м;
- длину флотационной камеры – от 3 до 9 м;
- ширину – не более 6 м;
- отношение ширины к длине – от $2/3$ до $1/3$;
- продолжительность пребывания воды – около 10 мин; во флотаторе
- то же, в камере хлопьеобразования – от 10 до 20 мин.

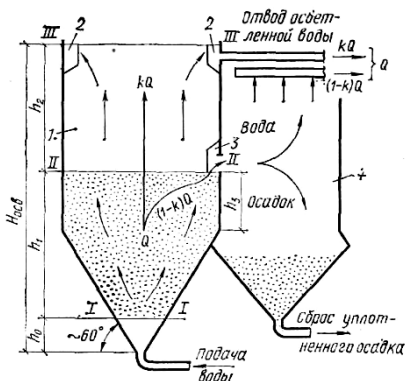
Подготовку водовоздушного раствора необходимо осуществлять в напорном баке, с использованием воды после фильтров. Циркуляционный расход воды следует принимать не более 10 % расхода очищаемой воды. Напорный бак должен иметь внутреннее антикоррозионное покрытие, быть оборудован предохранительным клапаном и соответствовать требованиям, предъявляемым к сосудам, работающим под давлением.

Потери воды при сбросе пены подъемом уровня воды не должны превышать 1 – 1,5 % расхода обрабатываемой воды.

8.3.3. Осветлители со взвешенным осадком и флотаторы

Осветлители, как и отстойники, предназначены для предварительного удаления взвешенных веществ из воды перед фильтрованием.

Слой взвешенного осадка в осветлителе (контактная среда) состоит из твердых частиц – продуктов физико-химического процесса обработки воды (рис. 8.11).



Твердые частицы (хлопья коагулянта, взвешенные вещества, коагулированные микрохлопья загрязнений воды) поддерживаются во взвешенном состоянии восходящим потоком воды. Концентрация твердых частиц в слое взвешенного фильтра обратно пропорциональна скорости восходящего потока воды, который, как и в вертикальных отстойниках, поступает снизу вверх.

Однако процесс коагуляции и извлечения взвешенных веществ происходит интенсивнее. Поэтому скорость восходящего потока воды в осветлителях в 1,5...2 раза больше расчетной скорости потока в вертикальных отстойниках, но осветлители могут работать только при непрерывном коагулировании воды.

Осветление воды во взвешенном слое объясняется явлением контактной коагуляции. Столкновение микрохлопьев и взвешенных частиц с ранее образовавшимися хлопьями благодаря хаотическому движению частиц создает идеальные условия для завершения физико-химического процесса осветления воды, поэтому перед осветлителями камеры хлопьеобразования не предусматривают.

Вода осветляется в основном в результате двух процессов: частицы взвесей и коллоиды осветляемой воды под действием молекулярных и электростатических сил прилипают к поверхности зерен шлама; частицы взвесей, проходя по узким, непрерывно изменяющимся поровым каналам в шламе, механически задерживаются этим взвешенным фильтром.

Осветленная вода из конической части осветлителя переходит в цилиндрическую, где находится защитный слой воды, предупреждающий возможность попадания в бортовые переливные желоба зерен шлама при подъеме всей или части поверхности взвешенного осадка в

результате резких колебаний расхода воды и ее температуры. Из бортового кольцевого желоба вода по трубе поступает на следующее по технологической схеме очистки воды устройство.

В слое взвешенного шлама идет непрерывное накопление поступающих туда с сырой водой частиц взвеси. Если систематически не удалять из осветлителя шлам в таком же количестве, в каком он поступает, то поверхность взвешенного фильтра будет подниматься и в конечном итоге шлам начнет переливаться в бортовой желоб, то есть осветление воды прекратится. Для удаления избыточного шлама служит устройство для отбора осадка, через которое шлам проваливается в шламоуплотнитель. Здесь он оседает, уплотняется, концентрация его увеличивается, и освобождающаяся от шлама вода поднимается в желоб.

Расчет осветлителей следует производить с учетом годовых колебаний качества обрабатываемой воды.

При отсутствии данных технологических исследований скорость восходящего потока воды в зоне осветления $V_{осв}$ и коэффициент распределения воды между зоной осветления и зоной отделения осадка $K_{р. в}$ следует принимать по таблице 8.3.

Т а б л и ц а 8.3. Скорость восходящего потока воды коэффициент распределения воды между зоной осветления и зоной отделения осадка

Мутность воды, поступающей в осветлитель, мг/дм ³					Скорость восходящего потока воды в зоне осветления $V_{осв}$, мм/с		Коэффициент распределения воды $K_{р. в}$
					в зимний период	в летний период	
От	50	до	100	включ	0,5	0,7	0,7
Св.	100		400		0,6	0,8	0,8
	400		1000		0,8	1,0	0,7
	1000		1500		1,0	1,1	0,64

Площадь зон осветления и отделения осадка следует определять в зависимости от скорости восходящего потока воды с учетом коэффициента распределения воды.

Для зон осветления и отделения осадка следует принимать наибольшие значения площади, полученные при расчете для двух периодов:

- минимальной мутности – при минимальном расходе воды в зимний период;
- наибольшей мутности – при максимальном расходе воды, соот-

ветствующем этому периоду.

Расчетная площадь зоны осаждения должна соответствовать наибольшему значению.

Высоту слоя взвешенного осадка следует принимать от 2 до 2,5 м. Низ осадкоприемных окон или кромку осадкоотводящих труб следует располагать на 1–1,5 м выше перехода наклонных стенок зоны взвешенного осадка осветлителя в вертикальные стенки.

Угол между наклонными стенками нижней части зоны взвешенного осадка следует принимать от 60° до 70° .

Высоту зоны осветления следует принимать от 2 до 2,5 м.

Расстояние между сборными лотками или трубами в зоне осветления следует принимать не более 3 м.

Необходимо предусматривать периодическое удаление осадка из осадкоуплотнителя посредством дырчатых труб. Количество сбрасываемой с осадком воды следует определять с учетом коэффициента разбавления осадка, принимаемого равным 1,5.

Распределение воды по площади осветления следует принимать посредством дырчатых труб, укладываемых на расстоянии не более 3 м друг от друга.

Скорость движения воды на входе в распределительные трубы должна быть от 0,5 до 0,6 м/с, скорость выхода воды из отверстий дырчатых труб – от 1,5 до 2 м/с. Диаметр отверстий дырчатых труб должен быть не менее 25 мм, расстояние между отверстиями – не более 0,5 м. Отверстия следует располагать в направлении вниз под углом 45° к вертикали по обе стороны трубы в шахматном порядке.

Скорость движения воды с осадком в осадкоприемных окнах следует принимать от 10 до 15 мм/с, в трубах для отведения осадка – от 40 до 60 мм/с (большие значения относятся к водам, содержащим преимущественно неорганические взвешенные вещества).

Сбор осветленной воды в зоне осветления следует предусматривать желобами с треугольными водосливами высотой от 40 до 60 мм при расстоянии между осями водосливов от 100 до 150 мм и угле между кромками водослива 60° . Расчетная скорость движения воды в желобах должна быть от 0,5 до 0,6 м/с.

Сбор осветленной воды из осадкоуплотнителя следует предусматривать затопленными дырчатыми трубами, верх которых должен быть расположен не менее чем на 0,3 м ниже уровня воды в осветлителях и не менее чем на 1,5 м выше верха осадкоприемных окон.

Диаметр труб для отвода осветленной воды следует определять ис-

ходя из скорости движения воды не более 0,5 м/с, скорости входа воды в отверстия труб не менее 1,5 м/с, диаметра отверстий от 15 до 20 мм.

При применении осветлителей, работающих в пульсирующем режиме (пульсаторов), следует принимать:

- продолжительность накопления воды в вакуумной камере – от 30 до 40 с;

- продолжительность поступления воды из вакуумной камеры в осветлитель и ее осветления – от 5 до 10 с;

- скорость восходящего потока – более 2,2 мм/с.

Для повышения эффективности осветления воды пульсатор следует оборудовать тонкослойными блоками, которые допускается располагать как в защитной зоне сооружения, так и в зоне взвешенного осадка.

При количестве осветлителей менее шести следует предусматривать один резервный осветлитель.

Флотаторы, применяемые для осветления и обесцвечивания воды с содержанием взвешенных веществ до 150 мг/дм^3 и цветностью до 200 град., следует предусматривать конструктивно объединенными с камерами хлопьеобразования, в которые подается вода, предварительно обработанная реагентами (коагулянт, флокулянт, известь).

8.3.4. Фильтры, назначение и типы

Водоочистные сооружения, на которых осуществляется процесс фильтрования, называются фильтрами.

Фильтрование является одним из основных методов кондиционирования воды, позволяющим довести качество ее до требований ГОС-Та на питьевую воду. В процессе фильтрования из раствора выделяются не только диспергированные частицы, но и коллоиды.

Сущность метода заключается в пропуске жидкости, содержащей примеси, через фильтрующий материал, проницаемый для жидкости и не проницаемый для твердых частиц. При этом процесс сопровождается значительными затратами энергии. Однако допускать большие потери напора в технике водоочистки можно лишь при обработке небольших количеств воды. Это определяет место фильтровальных сооружений в технологической схеме. В большинстве случаев фильтрование является последним этапом осветления воды и производится после ее предварительного осветления в отстойниках или осветлителях.

Фильтры по виду фильтрующей среды делятся на:

- тканевые или сетчатые;
- каркасные или намывные;
- зернистые.

Из вышеперечисленных трех групп фильтров наиболее значительной является последняя. Фильтры этой группы в технике водоснабжения применяют наиболее широко.

Фильтры с зернистой загрузкой можно классифицировать по ряду основных признаков:

1) по скорости фильтрования:

- медленные (0,1...0,3 м/ч);
- скорые (5...12 м/ч);
- сверхскорые (36...100 м/ч);

2) по давлению, под которым они работают:

- открытые (или безнапорные);
- напорные;

3) по направлению фильтрующего потока:

- однопоточные (обычные скорые фильтры);
- двухпоточные;
- многопоточные;

4) по крупности фильтрующего материала:

- мелкозернистые;
- среднезернистые;
- крупнозернистые;

5) по количеству фильтрующих слоев:

- однослойные;
- двухслойные;
- многослойные.

Скорый фильтр. Коагулированная и прошедшая отстойник или осветлитель вода поступает на фильтр. Сначала вода поступает в боковой карман, а из него – в резервуар фильтра. Высота слоя воды над поверхностью загрузки должна быть не менее 2 м. В процессе фильтрования вода проходит фильтрующий и поддерживающий слои, а затем поступает в распределительную систему, из нее в резервуар чистой воды. Максимальная потеря напора в фильтрующей загрузке допускается 2,5...3 м (рис. 8.12).

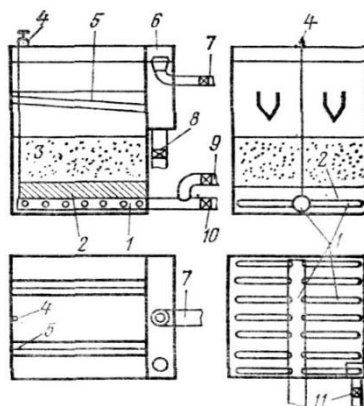


Рис. 8.12. Схема скорого фильтра: 1 – трубчатая распределительная система большого сопротивления; 2 – слой поддерживающей загрузки; 3 – слой фильтрующей загрузки; 4 – воздушник; 5 – сборные желоба; 6 – боковой карман; 7 и 10 – соответственно подача исходной и отвод фильтрованной воды; 9 и 8 – соответственно подача и отвод промывной воды; 11 – опорожнение фильтра

При промывке фильтров путем переключения соответствующих задвижек промывная вода поступает в распределительную систему и далее в фильтрующий слой, который она проходит снизу вверх и расширяет (взвешивает). Дойдя до верхней кромки промывных желобов, промывная вода вместе с вымытыми ею из фильтрующего материала загрязнениями переливается в желоба, а из них в боковой карман и отводится в водосток.

Фильтрующий слой выполняют из отсортированного материала, чаще всего речного кварцевого песка крупностью от 0,5 до 2,0 мм. Могут быть применены и другие материалы, удовлетворяющие санитарным требованиям и обладающие достаточной химической стойкостью и механической прочностью (дробленый антрацит, керамзит, керамическая крошка, дробленый мрамор, полимеры и др.).

Фильтры и их коммуникации следует рассчитывать на работу при нормальном и форсированном (когда часть фильтров отключена) режимах. На станциях с количеством фильтров до 20 следует предусматривать возможность выключения на ремонт одного фильтра, при большем количестве – двух фильтров.

Скорость фильтрования при нормальном и форсированном режи-

мах при отсутствии данных инженерных изысканий следует принимать исходя из обеспечения продолжительности работы фильтров между промывками, ч, не менее:

12 – при нормальном режиме;

8 – при форсированном режиме или полной автоматизации промывки фильтров.

Общую площадь фильтрования следует определять исходя из скорости фильтрования с учетом продолжительности промывок и их количества.

Расчетная скорость фильтрования при нормальном режиме, скорость промывки, продолжительность промывки принимают в зависимости от вида фильтрующей загрузки и конструкции фильтра.

Количество фильтров на станциях производительностью более $1600 \text{ м}^3/\text{сут}$ должно быть не менее четырех.

При производительности станции более $10\,000 \text{ м}^3/\text{сут}$ количество фильтров определяют исходя из рабочей площади фильтрования фильтра типовой конструкции.

Площадь одного фильтра следует принимать не более 60 м^2 .

Предельные потери напора в фильтре следует принимать для открытых фильтров до 3 м, в зависимости от типа фильтра, для напорных фильтров – от 6 до 8 м.

Высота слоя воды над поверхностью загрузки в открытых фильтрах должна составлять от 0,4 до 2 м, высоту слоя воды более 2 м над поверхностью загрузки следует принимать при соответствующем обосновании. Превышение строительной высоты над расчетным уровнем воды должно быть не менее 0,5 м.

Трубчатые распределительные (дренажные) системы большого сопротивления следует проектировать с выходом воды при промывке в поддерживающие слои или непосредственно в толщу фильтрующего слоя. Необходимо предусматривать возможность прочистки распределительной системы, а для коллекторов диаметром более 800 мм их ревизию.

Поддерживающий слой (0,45...0,5 м), на котором лежит фильтрующий слой, укладывают с той целью, чтобы мелкий фильтрующий материал не вымывался из фильтрующего слоя и не уносился вместе с фильтруемой водой через отверстия распределительной системы. Поддерживающий слой в свою очередь состоит из слоев гравия или щебня разной крупности, постоянно увеличивающийся сверху вниз от 2...5 до 20...40 мм. Толщина каждого слоя также увеличивается сверху вниз.

Крупность зерен и высоту поддерживающих слоев в распределительных системах большого сопротивления следует принимать по табл. 8.4.

Т а б л и ц а 8.4. Крупность зерен и высота поддерживающих слоев

Крупность зерен слоев (сверху вниз), мм					Высота слоя, мм
От	2	до	5	включ.	50–100
	5		10		100–150
	10		20		100–150
	20		40		Верхняя граница слоя должна быть на уровне верха распределительной трубы
					но не менее чем на 100 мм выше отверстий

На ответвлениях трубчатого дренажа следует предусматривать, при наличии поддерживающих слоев, отверстия диаметром от 10 до 12 мм; при их отсутствии – щели шириной на 0,1 мм меньше минимального размера зерен фильтрующей загрузки. Общая площадь отверстий должна составлять от 0,25 % до 0,5 % рабочей площади фильтра, площадь щелей – от 1,5 % до 2 % рабочей площади фильтра. Отверстия должны быть расположены в два ряда в шахматном порядке под углом 45° относительно вертикали по направлению вниз. Щели должны быть расположены равномерно поперек оси и по периметру трубы не менее чем в два ряда.

Расстояние между осями ответвлений следует принимать от 250 до 350 мм, между осями отверстий – от 150 до 200 мм, между щелями – не менее 20 мм, от низа ответвлений до дна фильтра – от 80 до 120 мм.

Трубопровод, подающий воду на промывку фильтров, следует располагать ниже кромки желобов фильтров.

Опорожнение фильтра необходимо предусматривать через распределительную систему и отдельную спускную трубу диаметром от 100 до 200 мм (в зависимости от площади фильтра) с задвижкой.

Для сбора и отведения промывной воды следует предусматривать желоба полукруглого или пятиугольного сечения. Расстояние между осями соседних желобов должно быть не более 2,2 м, отношение высоты прямоугольной части желоба к его ширине – от 2 до 3. Ширину желоба следует определять гидравлическим расчетом.

Кромки всех желобов должны быть на одном уровне и строго горизонтальны.

Лотки желобов должны иметь уклон 0,01 к сборному каналу.

Водовоздушную промывку загрузки из песка следует осуществлять в три этапа в соответствии табл. 8.5.

Т а б л и ц а 8.5. Водовоздушная промывка скорого фильтра (скорость и время промывки)

Этапы промывки	Скорость промывки, м/ч		Продолжительность промывки, мин	
	От	до	От	до
Взрыхление загрузки воздухом	От 54	до 90	От 1	до 3
Совместная водовоздушная промывка:				
подача воздуха	От 45	до 72	От 3	до 5
подача воды	10	15	3	5
Промывка водой	От 20	до 29	От 4	до 6

Параметры промывки устанавливают на основании результатов инженерных изысканий.

Вода на промывку фильтров должна подаваться насосами или под гидростатическим напором из бака водонапорной башни, предназначенной для промывки фильтров. В зависимости от количества фильтров на станции промывные системы необходимо рассчитывать на промывку одного фильтра – при количестве фильтров на станции до 20 или двух фильтров одновременно – при большем количестве фильтров. Объем промывного бака должен обеспечивать одну дополнительную промывку сверх принятого количества промывок.

Насос для подачи воды в бак должен обеспечивать его наполнение за время, не превышающее интервал между промывками фильтров при форсированном режиме. Забор воды насосом, подающим воду в бак, следует предусматривать из резервуара фильтрованной воды либо посредством забора из трубопровода фильтрованной воды при подаче насоса меньшей чем 50 % расхода фильтрата.

Скорость движения воды в трубопроводах, подающих и отводящих промывную воду, следует принимать от 1,5 до 2 м/с. Следует исключить подсос воздуха в трубопроводы, подающие промывную воду на фильтры, а также подпор воды в трубопроводах, отводящих промывную воду.

Крупнозернистый фильтр и контактный осветлитель

Крупнозернистые фильтры следует применять для предварительного осветления воды перед скорыми фильтрами второй ступени при двухступенчатом фильтровании, а также как самостоятельные сооружения для обезжелезивания подземных вод, проектируемых на осно-

вании результатов инженерных изысканий. Для загрузки фильтров следует применять кварцевый песок, колотый гранитный щебень, керамзит и другие материалы. Напорные крупнозернистые фильтры следует рассчитывать на предельные потери напора в фильтрующей загрузке и дренаже до 15 м, открытые – от 3 до 3,5 м. В открытых фильтрах следует предусматривать слой воды толщиной до 1,5 м над уровнем загрузки. Промывку крупнозернистых фильтров необходимо предусматривать водовоздушную. Параметры промывки устанавливаются на основании результатов инженерных изысканий и уточняются при эксплуатации сооружений.

На станциях с контактными осветлителями для предварительной обработки следует предусматривать сетчатые барабанные фильтры и входную камеру, обеспечивающую требуемое давление воды, смешение и контакт воды с реагентами, а также выделение из воды воздуха.

Объем входной камеры следует определять из условия пребывания в ней воды в течение 5 мин.

Камера должна быть секционирована не менее чем на два отделения, в каждом из которых следует предусматривать переливные и спускные трубы.

В контактных осветлителях следует предусматривать трубчатую дренажную систему с поддерживающими слоями, в качестве фильтрующего материала – кварцевый песок.

Скорость фильтрования в контактных осветлителях следует принимать, м/ч, не более: 5,0 – при нормальном режиме; 5,5 – при форсированном режиме.

В контактных осветлителях, работающих с переменной скоростью фильтрования, убывающей к концу цикла, средняя скорость фильтрования не должна превышать указанную выше.

Общую площадь контактных осветлителей следует определять исходя из скорости фильтрования при нормальном режиме с учетом продолжительности промывок и их количества.

Для подачи воды и воздуха на промывку следует предусматривать объединенную водовоздушную распределительную систему или отдельные водяную и воздушную распределительные системы.

Для промывки следует использовать очищенную воду. Необходимо предусматривать разрыв струи перед подачей воды в емкость для хранения промывной воды. Непосредственная подача воды на промывку из трубопроводов и резервуаров фильтрованной воды не допускается.

Трубопроводы отвода осветленной и промывной воды необходимо

размещать на высоте, исключающей возможность подтопления осветлителей во время рабочего цикла и при промывках.

Низ патрубка, отводящего осветленную воду из контактных осветлителей, должен быть на 100 мм выше уровня воды в сборном канале при промывке.

Для опорожнения контактных осветлителей на нижней части коллектора распределительной системы необходимо предусматривать трубопровод с запорным устройством диаметром, обеспечивающим скорость нисходящего потока воды в осветлителе не более 2 м/ч.

Медленный фильтр. В медленных фильтрах осветления воды достигают в основном за счет пленочного фильтрования. Мелкозернистая фильтрующая загрузка, имеющая мелкие поры, вначале задерживает на своей поверхности наиболее крупные частицы. Последние, заклиниваясь в порах, сужают их сечение, благодаря чему начинает задерживаться более мелкая взвесь. Этот процесс быстро прогрессирует, в порах задерживаются все более и более мелкие частицы, а затем коллоиды и даже бактерии. Так, на поверхности фильтра образуется фильтрующая пленка с очень тонкими порами. После этого качество фильтрата становится весьма высоким. Задержанные пленкой бактерии и органические вещества обуславливают возникновение в ней биологических процессов, включая развитие низших организмов, поглощающих бактерии. Зерна песка обрастают студенистой массой, являющейся хорошим сорбентом. В результате биологических процессов большинство (до 99 %) бактерий, находящихся в воде, задерживается пленкой и погибает.

При медленном фильтровании взвеси в основном (до 90...95 %) задерживаются на пленке и в самом верхнем слое фильтра толщиной около 2...3 см. В глубь песка вследствие небольшой скорости фильтрования и малого размера пор взвесь переносится в небольшом количестве, поэтому накопление их в толще фильтрующего слоя идет очень медленно. В связи с этим при очистке медленных фильтров очищают только верхний слой песка. Часто этот слой просто удаляют, после чего фильтр снова может фильтровать воду. Вследствие малой скорости фильтрования накопление загрязнений в медленном фильтре протекает замедленно. При небольшой мутности воды чистка фильтра необходима через 1...2 месяца.

Расчетную скорость фильтрования на медленных фильтрах следует принимать от 0,05 до 0,10 м/ч. Для периода регенерации одного из фильтров скорость фильтрования принимают от 0,10 до 0,25 м/ч.

Количество фильтров принимают не менее трех, в том числе один резервный.

Ширина фильтра должна быть не более 6 м, длина – не более 60 м.

Медленные фильтры следует проектировать с механической или гидравлической регенерацией песчаной загрузки.

Расход воды на один смыв загрязнений с площади поверхности загрузки фильтра следует принимать 9 л/с на 1 м², продолжительность смыва загрязнений на каждые 10 м длины фильтра – 3 мин.

Вода на регенерацию медленного фильтра должна поступать из отдельных емкостей, оснащенных насосами, или регенерация фильтра должна обеспечиваться за счет увеличения производительности насосов, подающих воду на осветление, или за счет частичного использования емкости фильтров, работающих в режиме фильтрования.

Высоту слоя воды над поверхностью загрузки медленных фильтров следует принимать от 0,6 до 1 м.

При наличии перекрытия над фильтрами расстояние от поверхности загрузки до перекрытия должно быть достаточным для обеспечения работ по регенерации, а также смены и отмывки загрузки. В фильтрах следует устанавливать дренажные устройства.

На дне фильтра устраивают дренаж, на который укладывают поддерживающий слой из гравия с уменьшающейся крупностью зерен, и поверх него насыпают фильтрующий слой из кварцевого песка.

Фильтрующий слой насыпают из чистого промытого кварцевого песка с размером зерен 0,3...1 мм.

8.3.5. Обеззараживание воды

При осветлении и обесцвечивании воды коагулированием с последующим отстаиванием и фильтрованием из нее удаляется значительная часть (90 ... 95 %) бактерий. Однако среди оставшейся части могут оказаться и болезнетворные бактерии и вирусы, поэтому профильтрованную воду, если она используется для хозяйственно-питьевого водоснабжения, обязательно обеззараживают. Использование подземной воды в большинстве случаев возможно без обеззараживания.

Известно много методов обеззараживания воды, которые можно классифицировать на четыре основные группы:

- термический;
- при помощи сильных окислителей;
- олигодинамия (воздействие ионов благородных металлов);

- физический (с помощью ультразвука, радиоактивного излучения, ультрафиолетовых лучей).

Из перечисленных методов наиболее широко применяются методы второй группы. В качестве окислителей используются хлор, диоксид хлора, озон, йод, марганцовокислый калий, перекись водорода, гипохлорит натрия и кальция. В свою очередь из перечисленных окислителей на практике отдают предпочтение хлору, озону, гипохлорит натрия.

Хлорирование воды. Под действием хлора или его производных бактерии, находящиеся в воде, погибают. Хлор действует и на органические вещества окисляя их, поэтому хлорирование является также хорошим средством, предотвращающим размножение в воде микроорганизмов. Для эффекта хлорирования необходимо хорошее перемешивание, а затем не менее чем 30-минутный контакт хлора с водой, прежде чем вода поступит к потребителю.

Трудности, связанные с транспортировкой и хранением токсичного хлора, являются недостатком метода хлорирования воды. Опасность утечки хлора из базисных складов на станциях, расположенных вблизи населенных пунктов, является во многих случаях препятствием для применения этого метода обеззараживания воды.

Хлорирование воды производят газообразным хлором или хлорсодержащими реагентами, допущенными к использованию в системах питьевого водоснабжения.

Дозу активного хлора определяют на основании данных технологических изысканий. Для предварительных расчетов дозу активного хлора, мг/л, следует принимать:

- при нормальном режиме: от 2 до 3 – для поверхностных вод; от 0,7 до 1,5 – для подземных вод;
- при форсированном режиме: от 4 до 6 – для поверхностных вод; от 2 до 3 – для подземных вод.

Концентрации остаточного хлора следует принимать в соответствии с [11].

Хлорное хозяйство должно обеспечивать прием, хранение, испарение и дозирование жидкого хлора с получением хлорной воды и соответствовать требованиям безопасности согласно [19].

Хлорное хозяйство должно быть расположено в отдельно стоящих хлораторных, включающих расходный склад хлора, испарительную, хлордозаторную и вспомогательные помещения.

Расходный склад хлора должен быть расположен в отдельно стоя-

щем здании или примыкать к хлордозаторной и вспомогательным помещениям хлорного хозяйства, при этом его следует отделять от блокируемых помещений глухой стеной без проемов. Необходимо предусматривать устройства для создания водяной завесы, блокирующей оконные и дверные проемы. Указанные устройства следует размещать в помещениях склада и подключать к сети водоснабжения.

Испарение хлора следует предусматривать в испарителях, баллонах или контейнерах (при поставке в них хлора). В качестве теплоносителя следует использовать воду и воздух.

Рабочую температуру теплоносителя в испарителе и допустимый диапазон ее изменения следует принимать с учетом указаний изготовителей испарителей. При отсутствии соответствующих указаний рабочую температуру теплоносителя следует принимать от 10 °С до 30 °С, допустимый диапазон ее изменения – +5 °С.

При подаче газообразного хлора за пределы здания хлораторной после испарителя необходимо предусматривать устройства для очистки хлор-газа, а также клапан, обеспечивающий поддержание в трубопроводе газообразного хлора вакуума, при котором не происходит конденсации хлора при низких температурах наружного воздуха.

Протяженность трубопровода газообразного хлора не должна превышать 1 км.

Хлордозаторные без испарителей, располагаемые в блоке с другими зданиями станции водоподготовки или вспомогательными помещениями хлорного хозяйства, должны быть отделены от других помещений глухой стеной без проемов и снабжены двумя выходами наружу, при этом один из них должен быть через тамбур. Все двери должны открываться наружу. Пол хлордозаторной, располагаемой над другими помещениями, должен быть газонепроницаемым. Не допускается размещать хлордозаторные в заглубленных помещениях.

Для дозирования хлора следует применять автоматические вакуумные хлораторы, включающие устройства, обеспечивающие автоматическое отключение подачи хлора в аппарат и исключающие поступление рабочей смеси в систему хлорирования при остановке эжектора.

Хлораторы следует располагать на 0,5 м выше максимального горизонта воды в смесительных устройствах или аванкамерах (контактных камерах) на входе воды в сооружения водоподготовки.

Расчетные расходы и давление воды, подаваемой на хлоратор, а также давление хлорной воды после хлоратора следует определять по характеристикам хлоратора с учетом его расположения относительно

точки ввода хлора.

Хлоропроводы для транспортирования жидкого и газообразного хлора следует предусматривать из бесшовных стальных труб.

Хлоропроводы и арматуру на них следует предусматривать на рабочее давление 1,6 МПа и испытательное давление 2,3 МПа.

Трубопроводы жидкого хлора должны иметь уклон 0,01 в сторону сосуда с хлором, при этом на хлоропроводе не должно быть мест, в которых возможно образование гидравлического затвора или газовой пробки.

Диаметр хлоропроводов следует принимать для расчетного расхода хлора с коэффициентом, равным 3, с учетом плотности жидкого хлора 1400 кг/м^3 , газообразного хлора $3,2 \text{ кг/м}^3$ и скорости движения в трубопроводах 0,8 м/с – для жидкого хлора и от 2,5 до 3,5 м/с – для газообразного хлора. При этом диаметр хлоропровода должен быть не менее 80 мм.

Необходимо предусматривать устройства для удаления из системы или блокировки газообразного хлора при переключении контейнера или баллона, а также для периодического удаления из хлоропроводов и испарителей трихлорида азота, при этом для продувки следует использовать сухой сжатый азот, воздух.

Для очистки воздуха следует предусматривать орошаемые скрубберы высотой не менее 3 м; скорость движения воздуха следует принимать не более 1,2 м/с, интенсивность орошения – не менее $20 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$. Насадку скрубберов следует применять из коррозионно-стойких материалов.

Орошение скрубберов необходимо предусматривать нейтрализационными растворами (водным раствором соды или тиосульфата натрия). Рабочую концентрацию растворов следует принимать от 6 % до 10 %.

Одним из наиболее перспективных способов хлорирования питьевых и сточных вод в сельских и малонаселенных местностях является использование гипохлорита натрия (NaClO), получаемого на месте потребления путем электролиза растворов поваренной соли.

Минимальное содержание хлоридов в исходном растворе для электролитического приготовления гипохлорита натрия следует принимать с учетом указаний изготовителей электролизеров. При отсутствии соответствующих указаний содержание хлоридов в исходном растворе следует принимать не менее 50 г/дм^3 .

Вместимость баков должна обеспечивать запас раствора соли не

менее чем на 24 ч работы одного электролизера.

Электролизеры следует размещать в сухом отапливаемом помещении. Открытые электролизеры следует оснащать зонтом вытяжной вентиляции, который следует монтировать над электролитической ванной с полным перекрытием поверхности контакта раствора электролита с воздухом.

При использовании электролизеров с открытыми электролитическими ваннами, в которых электролит контактирует с воздухом, в помещении электролизеров установка другого оборудования не допускается.

Выбор типа электролизера и определение его количества следует производить исходя из суточной потребности в гипохлорите натрия, дозы гипохлорита натрия и технико-экономических расчетов.

Обеззараживание воды посредством прямого электролиза следует применять при содержании хлоридов не менее 20 мг/дм^3 и жесткости воды не более 7 ммоль/дм^3 на станциях производительностью до $5000 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Для обеззараживания воды посредством прямого электролиза следует предусматривать не менее двух установок, одна из которых резервная.

При необходимости предупреждения хлорфенольного запаха при хлорировании воды на станциях водоподготовки следует предусматривать устройства для подачи в воду газообразного аммиака.

При обосновании допускается применять аммиак для увеличения продолжительности бактерицидного действия при длительном хранении или транспортировании воды.

Дозу аммиака определяют на основании данных технологических изысканий. Ввод аммиака следует предусматривать в фильтрованную воду. При наличии фенолов ввод аммиака необходимо производить за 2–3 мин до ввода хлорсодержащих реагентов первичного хлорирования.

Аммиачное хозяйство необходимо организовывать аналогично хлорному хозяйству и располагать в отдельных помещениях. Допускается блокировка установки для аммонизации со зданиями хлорного хозяйства.

Аммиак должен храниться в расходном складе в баллонах или контейнерах. Вместимость расходного склада определяют проектом. Оборудование аммиачного хозяйства необходимо предусматривать во взрывобезопасном исполнении.

Озонирование воды. Озон является одним из наиболее сильных окислителей, уничтожающих бактерии, споры и вирусы. Преимущество озонирования состоит в том, что под действием озона одновременно с обеззараживанием происходит обесцвечивание воды, а также устраняются запахи и привкусы воды и вообще улучшаются ее вкусовые качества. Озон не изменяет натуральные свойства воды, так как его избыток через несколько минут превращается в кислород.

Производительность озонаторных установок следует рассчитывать исходя из максимального часового расхода воды, подвергаемой обеззараживанию.

Озонаторная должна включать в себя устройства для очистки и осушки воздуха, синтеза озона и смешения озono-воздушной смеси с водой и нейтрализации (утилизации) непрореагировавшего газа (при необходимости).

Озонаторные следует размещать в отдельно стоящем здании или сблокированными с камерами для смешения озono-воздушной смеси с водой.

Дозу и продолжительность контакта воды с озono-воздушной смесью следует принимать на основании инженерных изысканий. Для предварительных расчетов дозу озона следует принимать для поверхностных вод от 1 до 3 мг/дм³, для подземных вод – от 0,75 до 1,0 мг/дм³; продолжительность контакта – не менее 12 мин.

Трубопроводы для озono-воздушной смеси следует предусматривать из материалов, обладающих коррозионной стойкостью по отношению к озону.

Озонаторные и другие производственные помещения, в которых возможно поступление озона в воздух, следует оснащать газоанализаторами (газосигнализаторами) и системой вентиляции.

Обеззараживание воды бактерицидными лучами. Возможность обеззараживания воды ультрафиолетовым облучением известна давно, но долгое время этот метод по экономическим соображениям не применялся в водоснабжении. Появление более совершенных и мощных источников бактерицидного излучения вновь вызвало интерес к этому методу обеззараживания воды.

Обеззараживание воды бактерицидными лучами имеет ряд преимуществ перед хлорированием. Природные вкусовые качества и химические свойства воды не изменяются. Бактерицидное действие лучей протекает во много раз быстрее, чем хлора; после облучения воду сразу можно подавать потребителям. Бактерицидные лучи уничтожа-

ют не только вегетативные виды бактерий, но и спорообразующие. Эксплуатация установок для обеззараживания воды бактерицидными лучами проще, чем эксплуатация хлорного хозяйства.

Обеззараживание воды с помощью бактерицидного излучения следует применять для подземных вод при условии постоянного обеспечения требований [11] по физико-химическим показателям.

Мутность воды, подвергаемой обеззараживанию с помощью бактерицидного излучения, не должна превышать 2 мг/дм^3 , цветность – не более 20 град., концентрация железа – не более $0,3 \text{ мг/дм}^3$.

Бактерицидные установки следует располагать на трубопроводах непосредственно перед подачей воды в сеть.

Количество рабочих бактерицидных установок определяют исходя из производительности, указываемой производителями.

Количество резервных электролизеров принимают:

- при количестве рабочих бактерицидных установок до трех – один;
- при количестве рабочих бактерицидных установок до четырех и более – два.

Лекция 15 и 16

Тема 9. ОБВОДНЕНИЕ И ГРУППОВЫЕ ВОДОПРОВОДЫ

Одна из первоочередных задач сельскохозяйственного освоения земель для интенсивного производства продукции растениеводства и животноводства является обеспечение водой и улучшение водоснабжения хозяйств.

Под **обводнением** понимается комплекс поисковых и гидротехнических работ, имеющих целью повышение водообеспеченности безводных или маловодных территорий для их освоения и более интенсивного использования. В соответствии с планами развития хозяйства в данном районе определяют потребность в воде и проектируют систему мероприятий для обеспечения водой всех потребителей этого района. Осуществляют основные гидротехнические работы по строительству водохранилищ, каналов и прочих сооружений, обеспечивающих получение на данной территории достаточного объема воды.

9.1. Полевое и пастбищное водоснабжение

На полях, занятых посевами сельскохозяйственных культур, потребность в воде возникает во время проведения различных сельскохозяйственных работ – пахоты, посева, ухода за растениями, внесения удобрений (подкормки), уборки урожая и т. п.

Люди, животные и машины, работающие на полях, получают воду из полевых пунктов водоснабжения, которые обычно совмещают с полевыми станами. Некоторым водопотребителям, работающим на полях, вода из полевых пунктов водоснабжения доставляется транспортом.

Расход воды для нужд полевого водоснабжения зависит от характера проводимых работ и числа занятых на них людей, животных и машин. Эти данные можно получить из производственного плана работы хозяйства. Если на полевом участке практикуется выпас продуктивного скота по стерне, то учитывается потребление воды скотом.

В состав полевого пункта водоснабжения в общем случае входят: водоисточник, водозаборное устройство, водоподъемное оборудование, запасной бак с водоразборными устройствами, водоочистная установка. Если источника воды на полевом стане нет, то практикуют доставку воды из ближайшего источника или водопровода в автоцистернах.

На пастбищах, занимающих значительные земельные площади, основными потребителями воды являются животные и люди (бригады пастухов). Потребности в воде людей невелика, но требования к качеству воды более высокие, чем допускается для животных, на пастбищах могут находиться также временные рабочие, выполняющие работы по заготовке кормов и т. п.

Животных на пастбищах содержат отдельными группами (стадами). Крупный рогатый скот формируется в гурты по 100 голов. За каждым гуртом закрепляют пастбища, площадь которых определяют по их кормовой продуктивности. Для правильного использования пастбища гуртовые участки, разбивают на более мелкие – загоны, поочередно используемые скотом.

Для поения животных на пастбищах организуют водопойные пункты. Стада животных, передвигающихся при пастьбе по пастбищу, 1...3 раза в день возвращаются к водопойному пункту для утоления жажды и отдыха. Поэтому животные не могут далеко отходить от водопойно-

го пункта и пасутся, не выходя за пределы некоторого радиуса, который называется *радиусом водопоя* (или отгона).

Его величину надо знать как для нарезки выпасных участков, так и для размещения водопойных, пунктов на пастбищах. Чем меньше животные удаляются при пастьбе от водопойного пункта, тем регулярнее получают воду, меньше тратят времени и сил на переходы, продуктивность их становится выше и, наоборот, большие перегоны скота от водопойного пункта на пастбище и обратно утомляют животных, отнимают время от пастьбы, скот нерегулярно получает воду; это ведет к потере массы и снижению продуктивности животных. Оптимальным считают такой радиус водопоя, при и котором при приемлемых затратах на строительство сети водопойных пунктов достигается высокая продуктивность животных (рис. 9.1).



Рис. 9.1. План водопойного пункта у шахтного колодца:

1 – колодец; 2 – водоподъемник; 3 – трубопровод; 4 – резервуар; 5 – водопойная площадка; 6 – корыта; 7 – водоотводная канава

Водопойный пункт размещают по возможности в центре выпасного участка. Если это невозможно, то его можно разместить в другом, более подходящем месте, соблюдая правило, чтобы границы участка не выходили за пределы допустимого радиуса водопоя.

Водопойные пункты располагают в доступном, незатопляемом и незаболочиваемом месте с удобными подходами для скота. Их нельзя располагать вблизи скотопогонов и дорог общего пользования, скотогильников и всех источников загрязнения воды. Площадь отдыха скота относят от них на 150...200 м.

9.2. Групповые сельскохозяйственные водопроводы

Сельскохозяйственное водоснабжение имеет специфические осо-

бенности, которые определяют основные требования к системам водоснабжения:

- производство ведется на обширных земельных угодьях, что вызывает рассредоточение хозяйственных центров по площади землепользования;
- потребители воды перемещаются по территории для выполнения производственных операций;
- неравномерное водопотребление, обусловленное агроклиматическими факторами.

Рассредоточенность разнообразных объектов водоснабжения по территории хозяйства обуславливает возможность устройства систем водоснабжения с различной степенью централизации. Различают следующие системы сельскохозяйственного водоснабжения: *децентрализованную, централизованную и комбинированную*.

При *децентрализованной* системе водоснабжение каждого хозяйственного или производственного центра осуществляется обособленно, независимо от других объектов, при этом в каждом центре устраивают локальный водопровод или местные системы водоснабжающих сооружений для забора, подъема, очистки и разбора воды потребителями.

При *централизованной* системе водоснабжение всех центров осуществляется единой водопроводной системой (групповым водопроводом), при этом водозаборные, водоподъемные и очистные сооружения рассчитаны на подачу воды всем потребителям, находящимся в зоне действия системы, и работают по согласованному графику. Вода транспортируется к различным объектам по трубопроводам, а к отдельным небольшим водопотребителям может подвозиться в автоцистернах из ближайших водоразборных пунктов.

Комбинированная система водоснабжения – промежуточная между децентрализованной и централизованной, при этой системе водоснабжение некоторых объектов осуществляется централизованно, другие же объекты могут снабжаться водой обособленно.

Групповыми сельскохозяйственными водопроводами называют централизованные системы водоснабжения, которые подают воду по трубам в населенные пункты и на другие объекты в пределах хозяйства, района, области и более обширного региона.

Современные групповые сельскохозяйственные водопроводы – сложные инженерные системы, в состав которых входят водозаборные узлы, насосные и очистные станции, резервуары, водонапорные, за-

пасно-регулирующие емкости, сеть разветвленных магистральных водоводов, различные вспомогательные сооружения электроснабжения, связи, телесигнализации и телеуправления, станции противокоррозионной защиты водоводов, ремонтно-эксплуатационные участки, диспетчерские пункты и т. д.

ЛЕКЦИЯ 17

Тема 10. ИЗЫСКАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДО- СНАБЖЕНИЯ

10.1 Изыскания, стадии проектирования

Особенностью систем сельскохозяйственного водоснабжения является рассредоточенность сравнительно небольших объектов водоснабжения на значительной площади земельных угодий. Это обстоятельство во многом определяет порядок проектирования данных систем и сооружений.

Проектно-изыскательские работы включают проектные (разработка чертежей, расчеты конструкций, составление спецификаций и смет, пояснительных записок к проектам) и изыскательские (топографо-геодезические и гидрографические, инженерно-гидрологические и метеорологические, инженерно-геологические, мелиоративные) работы, а также работы по линейным изысканиям (изыскания трасс каналов, коллекторов и водопроводов, магистральных трубопроводов) и др.

Проектирование систем сельскохозяйственного водоснабжения проводится по следующим стадиям:

- схема;
- технико-экономическое обоснование (ТЭО);
- технический проект;
- рабочие чертежи.

Последние две стадии нередко объединяются в одну – стадию техно-рабочего проекта.

В одну стадию проектируются объекты, строительство которых будет осуществляться по типовым и повторно применяемым проектам, а также технически несложные объекты. При одностадийном проектировании выполняется техно-рабочий проект со сводным сметным расчетом стоимости.

В две стадии осуществляется проектирование всех других объектов строительства, в том числе крупных и сложных. При двухстадийном проектировании выполняются технический проект со сводным сметным расчетом стоимости (*первая стадия*) и рабочая документация со сметами (*вторая стадия*).

10.2 Особенности и порядок проектирования систем сельскохозяйственного водоснабжения

Проектирование систем сельскохозяйственного водоснабжения осуществляется в определенной последовательности.

Вначале разрабатываются схемы или документы, их заменяющие и технико-экономические обоснования (ТЭО), где обосновывается хозяйственная необходимость и экономическая целесообразность проектирования и строительства, реконструкции или расширения сооружений и систем водоснабжения и канализации.

В схеме определяются объекты водоснабжения, водопотребление, источники воды, примерные объемы работ и стоимость строительства, схематически рассматриваются варианты водоснабжения, дается оценка экономической эффективности намеченных мероприятий, устанавливается очередность строительства.

Технико-экономическое обоснование включает: исходные положения, обоснование потребности народного хозяйства в продукции предприятия и его проектной мощности, и специализации, данные по обеспечению предприятия сырьем, полуфабрикатами, электроэнергией и водой. Здесь же приводится обоснование размещения предприятия, основные технические решения, состав предприятия, экономические расчеты, выводы и предложения.

В этом разделе рассчитываются также экономическая эффективность капитальных вложений, удельные капитальные затраты, удельные расходы сырья, полуфабрикатов, топлива, электроэнергии и других ресурсов, численность работников и производительность труда, ориентировочная себестоимость основных видов продукции.

Оформляется ТЭО в виде пояснительной записки с приложением необходимых расчетных, табличных и графических материалов.

На основании ТЭО составляется задание на проектирование, в котором указывается назначение и мощность объектов строительства, протяженность сетей водопровода и канализации, расчетная стоимость, очередность и сроки возведения объектов, приводятся другие

исходные данные для проектирования.

Задание на проектирование составляется заказчиком при непосредственном участии проектной организации – генерального проектировщика с привлечением в необходимых случаях субподрядных специализированных проектных организаций. Заказчиком является дирекция строящегося предприятия при новом строительстве или дирекция действующего предприятия при его техническом перевооружении или реконструкции.

Задание на проектирование является вторым этапом предпроектной стадии. Оно составляется заказчиком проекта в соответствии с принципиальными решениями и технико-экономическими показателями, принятыми в ТЭО. Если строительство намечено осуществлять очередями, то составляется и утверждается задание на его первую очередь.

Рабочий (технический) проект на строительство предприятия, здания или сооружения содержит следующие основные части: общую пояснительную записку, технико-экономическую часть с обоснованием основных показателей, генеральный план, описание технологии производства, мероприятий по обеспечению энергоресурсами и по защите окружающей среды, строительную часть, проект организации строительства (ПОС), сводный сметный расчет стоимости и др.

Здесь же решаются вопросы применения рекомендуемых ТЭО технологии производства, объемно-планировочных и конструктивных решений, определяются потребности в сырье, энергии, воде, топливе и других ресурсах, устанавливается состав проектируемой очереди строительства, рассчитываются технико-экономические показатели, определяется стоимость всего строительства (по укрупненным показателям) и др.

Рабочая документация со сметами разрабатывается после утверждения проекта со сводным сметным расчетом в соответствии с принятыми в нем решениями. В ней приводятся: строительные рабочие чертежи, детализированные чертежи металлических конструкций и технологических трубопроводов, чертежи установки различного оборудования с коммуникациями, сетей, сооружений, связанных с охраной природы и техникой безопасности, ведомости объемов строительных и монтажных работ, составленные по номенклатуре сметных нормативов, сметы и паспорта проектов зданий и сооружений по установленной форме и др.