

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет
имени К. И. Сатпаева

К. Т. Оспанов

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ

Рекомендовано Министерством образования и науки
Республики Казахстан в качестве учебного пособия

Алматы 2014

УДК 628:637.6 (075.8)

ББК 40.6 я 73

О 75

- О 75** Оспанов К. Т. Сельскохозяйственное водоснабжение: Учеб. пособие. – Алматы: КазНТУ, 2014. – 163 с.
Ил. 74. Табл. 29. Библиогр. – 32 назв.
ISBN 978-601-228-642-7

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности 5В050800 «Водные ресурсы и водопользование».

В пособии приведены основные сведения о системах и схемах сельскохозяйственного водоснабжения. Рассматриваются водные ресурсы Республики Казахстан и их оценка как возможных источников водоснабжения, типы водозаборных сооружений и устройств, применяемых в системе сельскохозяйственного водоснабжения.

В пособии рассмотрены сведения о современных и распространенных методах обработки воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Изложены основы расчета водопроводных сетей и сооружений, описаны их устройство и оборудование. Изложены основные принципы систем внутреннего водопровода зданий и противопожарного водоснабжения. Рассмотрены особенности систем и сооружений сельскохозяйственного водоснабжения. Учебное пособие также включает сведения о приемах реконструкции и интенсификации работы систем и отдельных сооружений водоснабжения.

Основное назначение пособия – оказать помощь студентам в освоении курса дисциплины и выработки навыков применения теории в решении практических вопросов.

УДК 628:637.6 (075.8)

ББК 40.6 я 73

Рецензенты:

К. Ш. Аширбаев, канд. техн. наук, доц. КазНТУ имени К. И. Сатпаева

А. Т. Тлеужулов, зав. каф. «Водные ресурсы и мелиорация»

КазНАУ, д-р с.-х. наук, проф.

Т. Г. Джунусов, канд. техн. наук, ассоциров. проф. КазГАСА

Печатается по плану издания Министерства образования и науки Республики Казахстан на 2014 г.

ISBN 978-601-228-642-7

© Оспанов К.Т., 2014

© КазНТУ, 2014

ВВЕДЕНИЕ

В своем Послании народу Казахстана «Новое десятилетие – новый экономический подъем – новые возможности Казахстана» Глава государства Н. А. Назарбаев выделил три основных направления в развитии агропромышленного комплекса – это к 2014 г. в два раза повысить производительность на основе аграрно-индустриальной диверсификации, обеспечение продовольственной безопасности страны и повышение экспортного потенциала [1].

В рамках форсированного индустриально-инновационного развития аграрного сектора продолжается реализация инвестиционных проектов, направленных на модернизацию существующих и создание новых экспортоориентированных высокопроизводительных производств.

В целом сельское хозяйство является одной из ведущих отраслей народного хозяйства Казахстана. В сельской местности проживает немногим меньше половины населения нашей страны. Рост благоустройства сельских поселков, а также развитие сельскохозяйственного производства в последние годы предопределили высокие темпы развития сельскохозяйственного водоснабжения. Вода в сельском хозяйстве расходуется в значительных количествах на хозяйственно-питьевые нужды населения, на животноводческих фермах, на предприятиях по первичной переработке сельскохозяйственной продукции, на приготовление жидких подкормок для пропашных культур, на охлаждение двигателей сельскохозяйственных машин и автомобилей, на полив растений в парниках и теплицах.

Курс на благоустройство жилья в селе и рост сельскохозяйственного производства коренным образом меняют представление о характере и задачах сельскохозяйственного водоснабжения как важной составляющей водохозяйственного комплекса страны. Оно давно перестало ограничиваться

примитивными средствами забора, подъёма и транспортирования воды. Теперь под понятием «сельскохозяйственное водоснабжение» имеется в виду комплекс социальных, инженерных, санитарно-гигиенических, зооветеринарных и природоохранных мер, направленных на обеспечение водой в необходимом количестве и соответствующего качества населения и нужд агропромышленного комплекса.

Новые системы сельскохозяйственного водоснабжения того или иного объекта (населённого пункта, животноводческих комплексов, предприятий по переработке продукции и ремонту сельхозтехники, водопойных пунктов и др.) представляют собой комплексы водопроводных сооружений, выполненных с учётом самых последних достижений науки и техники.

Несмотря на определенные улучшения в обеспечении питьевой водой, на сегодняшний день значительная часть населения республики все еще не обеспечена водой соответствующего качества и в полном объеме.

В этой связи принята программа «Ақ бұлақ» по обеспечению населения качественной питьевой водой и услугами водоотведения на 2011–2020 годы [2]. Она разработана в целях реализации Послания Президента Республики Казахстан «Построим будущее вместе!» и в соответствии со Стратегическим планом развития Республики Казахстан до 2020 года, утвержденным Указом Президента Республики Казахстан от 1 февраля 2010 года № 922.

Настоящее учебное пособие ставит своей целью восполнить сложившийся к настоящему времени в Казахстане дефицит технической литературы в данной отрасли с учетом выхода в свет новых изданий законодательных и нормативно-технических документов, касающихся проектирования, строительства и эксплуатации систем водоснабжения.

В пособии на основе опыта проектирования, строительства и эксплуатации современных систем сельскохозяйственного водоснабжения даны рекомендации и сведения, позволяющие наметить схему водоснабжения, рассчитать расходы воды, произвести гидравлический расчёт всех элементов системы водоснабжения, установить параметры системы и её состав, подобрать комплекс водоподъёмного оборудования. Пособие

разработано в соответствии с требованиями СНиП, а также других нормативно-технических рекомендаций и требований.

При написании учебного пособия уделено значительное внимание наиболее совершенным методам расчета, проектирования и строительства водопроводных систем и сооружений. Объем и содержание учебного пособия соответствуют типовой и рабочей программе по дисциплине «Сельскохозяйственное водоснабжение и обводнение пастбищ» для специальности «Водные ресурсы и водопользование».

ГЛАВА 1. СИСТЕМЫ И СХЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

1.1. Классификации систем водоснабжения

Система – комплекс взаимосвязанных сооружений, обеспечивающих потребителей водой в требуемом количестве и заданного качества. Система водоснабжения включает в себя сооружения для забора воды из источника водоснабжения, ее транспортирования, обработки, хранения, регулирования подачи и распределения между потребителями. Схема водоснабжения – последовательное расположение этих сооружений от источника до потребителя, взаимное расположение их относительно друг друга. При этом необходимо учитывать местные условия, многообразие которых приводит к тому, что система водоснабжения любого объекта по-своему уникальна и неповторима. Системы водоснабжения классифицируются по следующим признакам [3]:

1) по виду обслуживаемого объекта: городские, сельскохозяйственные, промышленные, железнодорожные;

2) по назначению: хозяйственно-питьевые, производственные, противопожарные и поливочные;

Если система водоснабжения одновременно выполняет несколько функций, её называют комбинированной. Сельскохозяйственные системы чаще всего комбинированные.

3) по виду источника: с забором воды из поверхностного источника, с забором воды из подземного источника;

4) по способу подачи воды: механизированные (используются насосы и водоподъёмники), самотечные;

5) по способу доставки и распределения воды: централизованные децентрализованные (локальные) и комбинированные.

Системы водоснабжения в населенных пунктах предусматривают, как правило, централизованные (рис.1.1), при этом в зависимости от местных условий и экономической целесообразности. Децентрализованные системы водоснабжения рекомендуются для отдельных удаленных локальных потребителей или группы зданий, а также поселков намеченных к селению [3].

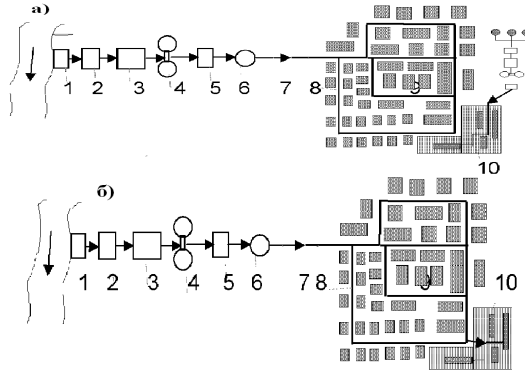


Рис. 1.1. Системы водоснабжения:

а – централизованная раздельная; б – централизованная объединенная. 1 – водозаборное сооружение; 2 – насосная станция НС-I; 3 – очистные сооружения; 4 – резервуары чистой воды; 5 – НС-M; 6 – водонапорная башня; 7 – водоводы; 8 – распределительная водопроводная сеть; 9 – населенный пункт; 10 – производственная зона

Сельскохозяйственное водоснабжение может осуществляться по нескольким схемам [4 ,6]. Схема водоснабжения, прежде всего, зависит от вида источника. На рис. 1.2 показана наиболее полная схема водоснабжения с поверхностным источником 1, вода из которого поступает в береговой колодец 2, откуда насосной станцией первого подъёма 3 перекачивается на очистную водопроводную станцию 4. Пройдя очистку, вода собирается в резервуаре чистой воды 5, откуда насосной станцией второго подъёма 6 по водоводу 7 поступает водопотребителю 9. В систему водоснабжения включена водонапорная башня 8.

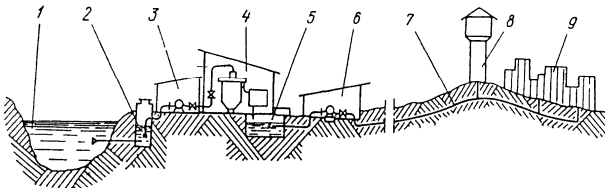


Рис. 1.2

Схема водоснабжения из подземного источника показана на рис. 1.3. Вода из колодца 1 насосной станцией первого подъёма 2 перекачивается в резервуар чистой воды 3. Насосная станция второго подъёма 4 подаёт воду по водоводу 5 потребителю 6 и водонапорную башню 7.

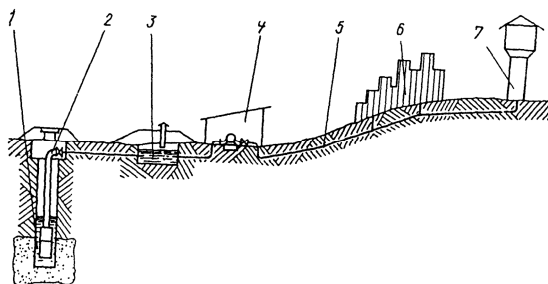


Рис. 1.3

В сельском хозяйстве часто сооружаются напорные безбашенные системы. Схема показана на рис. 1.4. Из подземного источника 1 вода насосом 2 перекачивается в воздушно-водяной котёл 3, откуда за счёт давления сжатого воздуха по водоводу 4 подаётся к потребителю 5.

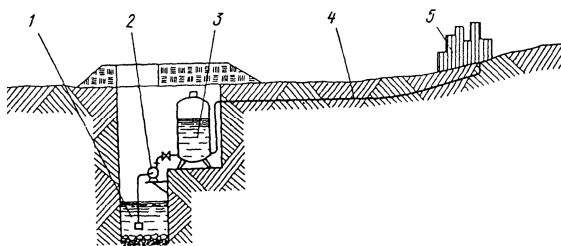


Рис. 1.4

На рис. 1.5 представлена схема водопровода с забором воды из родника. Родниковая вода, собранная каптажной камерой 1, самотёком поступает через регулирующий резервуар 2 по водоводу 3 к потребителю 4. Подобные схемы водоснабжения применяются в горной местности.

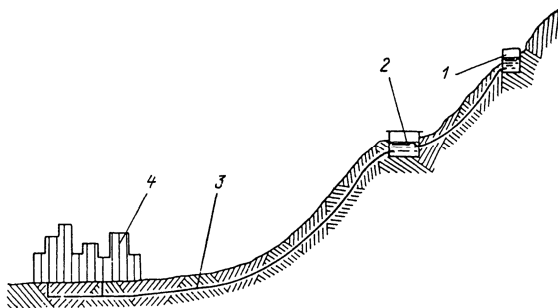


Рис. 1.5

В общем случае в задачи систем водоснабжения входят: получение воды из природного источника, улучшение ее качества в соответствии с требованием потребителей, транспортирование и подача ко всем потребителям. В соответствии с перечисленными задачами системы водоснабжения, в ее состав входят следующие основные элементы:

- 1) природный источник водоснабжения, который должен обеспечивать получение из него необходимых количеств воды;
- 2) водозаборные сооружения, осуществляющие забор воды из выбранных для данного объекта природных источников;
- 3) насосные станции (водоподъемные сооружения), создающие требуемые давления в водопроводных трубах для подачи заданных расходов воды на заданную высоту;
- 4) сооружения для очистки и обработки воды, осуществляющие улучшение качества природной воды в соответствии с требованиями потребителя;
- 5) водоводы и водопроводные сети, служащие для транспортирования и подачи воды к местам ее потребления;
- 6) регулирующие и запасные емкости, служащие для хранения и аккумуляции воды;
- 7) внутренний водопровод, служащий для подачи воды от водопроводной сети к санитарно-техническим приборам, технологическому и пожарному оборудованию зданий.

1.2. Нормы водопотребления и режим работ систем водоснабжения

Одна из главных особенностей сельскохозяйственного водоснабжения – специфические потребители воды [4, 6].

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 свинотоварные фермы, птицефермы и др.);
- производственный (предприятия по переработке сельскохозяйственной продукции, гаражи, мастерские и пр.).

Кроме того, имеет место расходование воды на пожаротушение, на собственные нужды водопроводной системы (например, промывка очистных сооружений) и прочие неучтенные расходы.

Под расчётом водопотребления следует понимать определение количества воды, необходимой для нужд всех водопотребителей объекта водоснабжения. Для решения этой задачи необходимо установить состав и количество водопотребителей на конец расчётного периода и определить для каждой группы водопотребителей среднесуточную норму водопотребления.

Состав и количество водопотребителей берут или в статистических организациях или непосредственно в администрации населённого пункта [5].

Среднесуточная норма водопотребления всех групп водопотребителей определяется по СНиПам.

Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления учитывают расходы на все хозяйственно-питьевые нужды людей как в жилых домах, так и в общественных зданиях (столовых, банях, прачечных, кинотеатрах и т.д.). Принимаются в соответствии с указаниями СНиП 4.01–02–2001 и по табл. 1.1. [7].

Таблица 1.1
Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления

Степень благоустройства районов жилой застройки	Водопотребление на 1 жителя среднесуточное за год, л/сут
Здания, оборудованные внутренним водопроводом и канализацией: без ванн	125–160
с ваннами и местными водонагревателями	160–230
с ваннами и централизованным горячим водоснабжением	230–350
Застройка зданиями, необорудованными водопроводом и канализацией (водопользование из водоразборных уличных колонок)	30–50

Нормы потребления для определения расчетных расходов в отдельных общественных зданиях при необходимости учета сосредоточенных расходов следует принимать в соответствии с требованиями СНиП или по табл. 1.2.

Таблица 1.2
Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления в отдельных зданиях

Водопотребитель	Измеритель	Нормы расхода воды в сутки максимального водопотребления, л/сут
Общежития без душевых	1 житель	60
Общежития с душевыми	1 житель	100
То же, со столовыми и прачечными, а также гостиницы и пансионаты с общими ваннами	1 житель	140

Продолжение табл. 1.2

Водопотребитель	Измеритель	Нормы расхода воды в сутки максимального водопотребления, л/сут
Гостиницы и пансионаты с ваннами в отдельных номерах	1 житель	230
Больницы, санатории и дома отдыха общего типа	1 койка	250
Санатории и дома отдыха с ваннами во всех жилых комнатах	1 койка	350
Детские сады-ясли с дневным пребыванием детей	1 ребенок	75
То же, с круглосуточным пребыванием	1 ребенок	100
Школы-интернаты	1 место	200
Школы	1 учащийся	20
Пионерские лагеря	1 место	200
Бани без плавательного бассейна	1 посетитель	180
Прачечные: Механизированные	1 кг сухого белья	75
Столовые, рестораны	1 усл.блюдо	12
Поликлиники, амбулатории	1 больной	15
Административные здания	1 работающий	15
Продовольственные магазины	1 раб. место	400
Парикмахерские	1 раб. место	120

Большое количество воды в системах сельскохозяйственного водоснабжения потребляется животноводством. Расходы воды для скота, птицы и других животных на сельскохозяйственных фермах и промышленных комплексах определяются по нормам технологического проектирования соответствующих предприятий и комплексов [6]. Некоторые нормы расходов для этой категории потребителей воды представлены в табл. 1.3.

Таблица 1.3
Нормы расхода воды для животных, птиц и зверей

Потребители	Нормы водопотребления на 1 голову, л/сут
Коровы:	
молочные	100
мясные	70
быки и нетели	60
Молодняк крупного рогатого скота в возрасте до 2 лет	30
Телята в возрасте до 6 месяцев	20
Лошади рабочие, верховые, рысистые и некормлящие матки	60
Лошади племенные и кормящие матки	80
Жеребцы-производители	70
Жеребята в возрасте до 1,5 лет	45
Овцы	10
Молодняк овец в возрасте до 1 года	6
Хряки-производители	60
Свиноматки супоросные, холостые	25
Свиноматки с поросятами	60
Молодняк свиней старше 4 месяцев и свиньи на откорме	15
Поросята-отъемыши	5
Куры	1
Индейки	1,5
Утки, гуси	2
Норки, соболи, кролики	3
Лисы, песцы	7

Расходы воды для производственной зоны поселка на технологические нужды зависят от вида производства, принятого технологического процесса, вида системы водоснабжения, качества воды и т. д. Расходы воды на производственные нужды определяются по удельным нормам водопотребления на единицу продукции. Эти нормы задаются на основе технологических расчетов работниками той или иной области промышленности. Они назначаются из условия применения наиболее прогрессивных технологий, предусматривающих маловодные процессы, устройство оборотных и замкнутых

систем водоснабжения. Кроме того, на производствах вода расходуется на хозяйственно-питьевые нужды рабочих. Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды рабочих для цехов со значительным тепловыделением принимается равным 45 л, а в остальных цехах – 25 л на каждого работающего в смену. Сверх этого на производствах, связанных с загрязнением тела или требующих особого санитарного режима, должен быть учтен расход воды в душевых из расчета 500 л/ч на одну душевую сетку.

Нормы потребления воды для работы и обслуживания машин и оборудования следует принимать по табл. 1.4.

Таблица 1.4

Нормы потребления воды для работы и обслуживания машин и оборудования

Операции, машины и механизмы	Измеритель	Норма расхода воды, л/сут
Мойка:		
тракторов, комбайнов	1 единица	250
грузовых автомобилей	1 единица	500
легковых автомобилей	1 единица	300
Заправка:		
тракторов, комбайнов	736 Вт или 1 л.с.	1
грузовых автомобилей	1 т грузоподъемности	10
легковых автомобилей	1 т грузоподъемности	10
Ремонт:		
тракторов, комбайнов	1 единица	1500
автомобилей	1 единица	700
Обслуживание станков в мастерских:		
механической	1 станок	35
слесарной	1 станок	80
столярной	1 станок	20
кузнечной	1 станок	40
Обслуживание двигателей внутреннего сгорания (охлаждение без оборота)	736 Вт или 1 л.с.	15–30 л/ч
Работа парового котла	на 10 м ³ поверхности нагрева	15–30 л/ч

Нормы водопотребления для тепличных хозяйств при отсутствии данных технологических проектов могут быть приняты по табл. 1.5.

Таблица 1.5
Нормы потребления воды для тепличных хозяйств

Наименование объекта потребления воды	Норма водопотребления, л/м ²
Теплицы:	
грунтовые зимние и весенние	15
стеллажные зимние	6
Парники:	
при техническом обогреве	6
при биологическом обогреве	6
при утепленном грунте	6

Расход воды на поливку и мойку улиц и площадей, а также на поливку зеленых насаждений зависит от размеров поливаемых площадей, способа поливки, типа покрытий и т. п. Нормы расхода воды на поливку растений и мойку проездов, площадей и других покрытий принимаются в соответствии с указаниями табл. 1.6.

Таблица 1.6
Нормы расхода воды на поливку

Вид поливки	Измеритель	Нормы расхода воды, л/м ²
Механизированная мойка усовершенствованных покрытий, проездов, площадей	1 мойка	1,2–1,5
Механизированная поливка усовершенствованных покрытий, проездов, площадей	1 полив	0,3–0,4
Поливка вручную (из шлангов) усовершенствованных покрытий тротуаров и проездов	1 полив	0,4–0,5
Поливка городских зеленых насаждений	1 полив	3–4
Поливка газонов и цветников	1 полив	4–6

При отсутствии данных о площадях по видам благоустройства удельное среднесуточное за поливочный сезон потребление воды принимается равным 50–90 л/сут в расчете на одного жителя. При назначении нормы поливки учитываются климатические условия, мощность источника водоснабжения, степень благоустройства населенных пунктов и другие местные условия. Число поливок в зависимости от климата принимается равным 1–2 в сутки.

Потребление воды для тушения пожаров колеблется в зависимости от площади очага пожара, категории пожарной опасности объекта, рациональности использования техники для подачи воды и др. Чем выше пожарная опасность объекта, тем больше требуется воды для тушения пожара. Подавая в очаг пожара значительное количество воды, можно ликвидировать его в течение короткого промежутка времени. Однако для строительства водопроводов, рассчитанных на пропуск большого количества воды, необходимы значительные материальные средства. Поэтому расход воды для тушения пожаров назначают в зависимости от пожарной опасности объекта и его значимости. Расходы воды для тушения пожара приведены в нормативных документах (СНиП РК 4.01.02–2001). Они составлены на основании обработки статистических данных о фактических расходах воды с учетом создания требуемых условий тушения пожаров на различных объектах. Расход воды для тушения пожаров в населенных местах зависит от численности населения и характера застройки (табл. 1.7).

Таблица 1.7

Расход воды для тушения наружных пожаров в населенных пунктах

Число жителей в населенном пункте, тыс. чел.	Расчетное число одновременных пожаров	Расход воды, л/с, на один пожар (независимо от огнестойкости здания) при высоте застройки	
		до двух этажей включительно	три этажа и более
До 1	1	5	10
5	1	10	10

10	I	10	15
25	2	10	15
50	2	20	25
100	2	25	35
200	3	—	40
300	3	—	55
400	3	—	70
500	3	—	80
600	3	—	85
700	3	—	90
800	3	—	95
1000	3	—	100

Продолжительность тушения пожара в большинстве случаев принимается равной 3 ч. Расход воды для наружного пожаротушения в производственных зданиях с фонарями и в зданиях шириной до 60 м без фонарей зависит от объема здания, степени огнестойкости его строительных конструкций, а также категории пожарной опасности производства, размещенного в здании (табл. 1.8).

Таблица 1.8
Расход воды для тушения пожаров в производственных зданиях

Степень огнестойкости зданий	Категория производства по пожарной опасности	Расходы воды, л/с, на один пожар при объемах зданий, тыс. м ³						
		до 3	более 3 до 5	более 5 до 20	более 20 до 50	более 50 до 200	более 200 до 400	более 400
I и II	Г, Д, Е, А Б, В	10	10	10	10	15	20	25
		10	10	15	20	30	35	40
III	Г, Д, В	10	10	15	25	35	—	—
		10	15	20	30	40	—	—
IV и V	Г, Д, В	10	15	20	30	—	—	—
		15	20	25	40	—	—	—

Норма расхода воды для наружного пожаротушения в производственных зданиях шириной 60 м без фонарей и несколько иная (табл. 1.9).

Таблица 1.9

Расход воды для тушения пожаров в зданиях без фонарей

Степень огнестой- кости зданий	Категория производст- ва по пожарной опасности	Расходы воды, л/с, на один пожар при объемах зданий, тыс. м ³								
		до 50	50– 100	100– 200	200– 300	300– 400	400– 500	500– 600	600– 700	700– 800
I и II	А, Б и В Г, Д и Е	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		10	15	20	25	30	35	40	45	50

Число одновременных пожаров на промышленном предприятии определяется в зависимости от занимаемой ими площади. При площади предприятия до 150 га в расчете предполагается возможность возникновения одного пожара и двух пожаров – при большей площади. Для крупных промышленных предприятий создаются самостоятельные системы водоснабжения, не связанные с городскими водопроводами. Расход воды на наружное тушение пожаров в таких случаях определяется в соответствии с Противопожарными техническими условиями строительного проектирования (ПТУСП). Противопожарные водопроводы этих предприятий обычно рассчитывают, исходя из условия подачи воды в пожарные автомобили, подачи воды пожарными гидрантами и лафетными стволами, а также тушения пожаров внутри зданий с помощью внутренних пожарных кранов и стационарных систем водяного или пенного тушения.

1.2.1. Режимы водопотребления

Водопотребители расходуют воду в течение суток неравномерно со значительными колебаниями в различные часы. Размеры водопотребления сельских поселков колеблются в широких пределах – от нескольких десятков до нескольких тысяч кубометров в сутки. Это зависит главным образом от направления хозяйства. Так, в хозяйствах зернового направления расходы воды в пересчете на одного жителя меньше, чем в хозяйствах животноводческого направления. Чтобы обеспечить требуемую пропускную способность распределительной сети труб и других сооружений системы водоснабжения необходимо знать максимальный требуемый

18

расход. Для его определения необходимо просуммировать часовые расходы воды каждым потребителем и составить график водопотребления в течение суток.

Таким образом, общий среднесуточный расход $Q_{\text{сут.ср}}$, м³/сут, на хозяйственно-питьевые цели определяется по формуле

$$Q_{\text{сут.ср}} = q_{\text{ж}} \cdot N / 1000,$$

где $q_{\text{ж}}$ – среднесуточная норма водопотребления на 1 жителя, л/сут, принимаемая по табл. 1.1, N – число жителей в населенном пункте на расчетный период.

Согласно СНиП РК 4.01.02–2001, расчетные расходы воды в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления $Q_{\text{сут.мах}}$, м³/сут, надлежит определять из формул

$$\begin{aligned} Q_{\text{сут.мах}} &= K_{\text{сут.мах}} Q_{\text{сут.ср}}, \\ Q_{\text{сут.мин}} &= K_{\text{сут.мин}} Q_{\text{сут.ср}}, \end{aligned}$$

где $K_{\text{сут.мах}}$ и $K_{\text{сут.мин}}$ – коэффициенты суточной неравномерности водопотребления.

Коэффициент суточной неравномерности водопотребления, учитывающий уклад жизни населения, режим работы предприятий, степень благоустройства зданий, изменения водопотребления по сезонам года и дням недели принимается равным

$$\begin{aligned} K_{\text{сут.мах}} &= 1,1-1,3; \\ K_{\text{сут.мин}} &= 0,7-0,9. \end{aligned}$$

Для населенных пунктов часовые расходы воды определяют с учетом коэффициентов часовой неравномерности водопотребления – максимального $K_{\text{ч.мах}}$ и минимального $K_{\text{ч.мин}}$, которые вычисляются по формулам

$$\begin{aligned} K_{\text{ч.мах}} &= \alpha_{\text{мах}} \cdot \beta_{\text{мах}}, \\ K_{\text{ч.мин}} &= \alpha_{\text{мин}} \cdot \beta_{\text{мин}}, \end{aligned}$$

где α – коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия (принимают согласно СНиП РК 4.01.02–2001, $\alpha_{\text{мах}} = 1,2-1,4$; $\alpha_{\text{мин}} = 0,4-0,6$); β – коэффициент, учитывающий количество жителей в населенном пункте принимаются в соответствии с указаниями табл. 1.20.

Таблица 1.20

Значение коэффициента β

Кэф- фициент	Число жителей, тыс. Чел.													
	до 0,1	0,15	0,2	0,3	0,5	0,75	1	1,5	2,5	4	6	10	20	50
$\beta_{\max}$	4,5	4	3,5	3	2,5	2,2	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15
$\beta_{\min}$	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6

Следовательно, максимальные и минимальные часовые расходы воды населением из водопроводной сети, $\text{м}^3/\text{ч}$, определяют по формулам

$$Q_{\text{ч. max}} = K_{\text{ч. max}} Q_{\text{сут max}} / 24;$$

$$Q_{\text{ч. min}} = K_{\text{ч. min}} Q_{\text{сут min}} / 24.$$

Типовое процентное распределение хозяйственно-питьевых расходов воды населением по часам суток для некоторых значений коэффициентов часовой неравномерности приведено в табл. 1.21 [8].

Таблица 1.21

Распределение суточного расхода воды по часам суток, %

Часы суток	Расход воды населенным пунктом, % от суточного, при коэффициенте часовой неравномерности водопотребления												
	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5	1,7	1,8	1,9	2,0	2,5	
0–1	3,5	3,35	3,2	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,9	0,85	0,75	0,60	
1–2	3,45	3,25	3,25	3,2	2,65	2,1	1,5	1,0	0,9	0,85	0,75	0,60	
2–3	3,45	3,3	2,9	2,5	2,2	1,85	1,5	1,0	0,9	0,85	1,0	1,20	
3–4	3,4	3,2	2,9	2,6	2,25	1,9	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	2,00	
4–5	3,4	3,25	3,35	3,5	3,2	2,85	2,5	2,0	2,35	2,7	3,0	3,50	
5–6	3,55	3,4	3,75	4,1	3,9	3,7	3,5	3,0	3,85	4,7	5,5	3,50	
6–7	4,0	3,85	4,15	4,5	4,5	4,5	4,5	5,0	5,2	5,35	5,5	4,50	
7–8	4,4	4,45	4,65	4,9	5,1	5,3	5,5	6,5	6,2	5,85	5,5	10,2	
8–9	5,0	5,2	5,05	4,9	5,35	5,8	6,25	6,5	5,5	4,5	3,5	8,80	
9–10	4,8	5,05	5,4	5,6	5,85	6,05	6,25	5,5	4,85	4,2	3,5	6,50	
10–11	4,7	4,85	4,85	4,9	5,35	5,8	6,25	4,5	5,0	5,5	6,0	4,10	
11–12	4,55	4,6	4,6	4,7	5,25	5,7	6,25	5,5	6,5	7,5	8,5	4,10	
12–13	4,55	4,6	4,5	4,4	4,6	4,8	5,0	7,0	7,5	7,9	8,5	3,50	
13–14	4,55	4,55	4,3	4,1	4,4	4,7	5,0	7,0	6,7	6,35	6,0	3,50	
14–15	4,6	4,75	4,4	4,1	4,6	5,05	5,5	5,5	5,35	5,2	5,0	4,70	
15–16	4,6	4,7	4,55	4,4	4,6	5,3	6,0	4,5	4,65	4,8	5,0	6,20	
16–17	4,6	4,65	4,5	4,3	4,9	5,45	6,0	5,0	4,5	4,0	3,5	10,4	
17–18	4,3	4,35	4,25	4,1	4,8	5,05	5,5	6,5	5,5	4,5	3,5	9,40	
18–19	4,35	4,4	4,45	4,5	4,7	4,85	5,0	6,5	6,3	6,2	6,0	7,30	
19–20	4,25	4,3	4,4	4,5	4,5	4,5	5,0	5,35	5,7	6,0	1,60		
20–21	4,25	4,3	4,4	4,5	4,4	4,2	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	1,60	
21–22	4,15	4,2	4,5	4,8	4,2	3,6	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	1,00	
22–23	3,9	3,75	4,2	4,6	3,7	2,85	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,60	
23–24	3,8	3,7	3,5	3,3	2,7	2,1	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	0,60	
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

Типовое процентное распределение хозяйственно- питьевых расходов воды по часам суток в некоторых объектах специального назначения представлено в табл. 1.22.

Таблица 1.22
Распределение суточного расхода воды по часам суток, %

Часы суток	Расходы по отдельным зданиям					Расходы по животноводческим фермам		
	больницы гостиницы	общежития, интернаты	бани, прачеч- ные	столо- вые	детские сады	молоч- ные	свино- водче- ские	овце- водче- ские
0–1	0,2	0,15				0,50	0,90	—
1–2	0,2	0,15				1,00	0,50	—
2–3	0,2	0,15				0,50	0,50	—
3–4	0,2	0,15				0,50	0,50	—
4–5	0,5	0,15				2,20	10,20	16,50
5–6	0,5	0,25				2,20	9,50	16,50
6–7	3,0	0,3		12,0	5,0	4,70	6,50	—
7–8	5,0	30,0		3,0	3,0	4,70	3,20	—
8–9	8,0	6,8	6,25	1,0	15,0	10,20	3,20	—
9–10	10,0	4,6	6,25	18,0	5,5	5,40	2,00	—
10–11	6,0	3,6	6,25	18,0	3,4	7,20	3,30	—
11–12	10,0	2,0	6,25	2,0	7,4	6,10	3,30	16,70
12–13	10,0	3,0	6,25	1,0	21,0	4,20	7,40	16,70
13–14	6,0	3,0	6,25	1,0	2,8	9,10	5,30	—
14–15	5,0	3,0	6,25	4,0	2,4	6,60	3,40	—
15–16	8,5	3,0	6,25	4,0	4,5	2,00	3,40	—
16–17	5,5	4,0	6,25	4,0	4,0	4,20	5,20	—
17–18	5,0	3,6	6,25	6,0	16,0	3,60	6,90	—
18–19	5,0	3,3	6,25	3,0	3,0	8,20	9,20	16,80
19–20	5,0	5,0	6,25	6,0	2,0	7,20	7,40	16,80
20–21	2,0	2,6	6,25	7,0	2,0	3,50	4,30	—
21–22	0,7	18,6	6,25	10,0	3,0	4,60	1,30	—
22–23	3,0	1,6	6,25			0,80	1,30	—
23–24	0,5	1,0	6,25			0,80	1,30	—
Итого:	100	100	100	100	100	100	100	100

Распределение расхода воды по часам суток на хозяйственно-питьевые нужды на промышленных предприятиях зависит от характера производства, продолжительности смены, способа водоснабжения, типа цехов и других факторов [9, 10]. Ориентировочно его можно выполнить, пользуясь табл. 1.23.

Все расчеты по определению почасовых расходов воды сводятся в таблицу, по которой затем вычерчивается график почасового водопотребления (рис. 1.6) в натуральных показателях, м³, или в процентах от суточного водопотребления (по часам с начала суток).

Таблица 1.23

Распределение расходов воды на хозяйственно-питьевые
нужды на предприятиях по часам смены, %

Часы смены	8-часовая смена в цехах		Часы смены	7-часовая смена в цехах	
	горячих	холодных		горячих	холодных
0–1	0	0	0–1	0	0
1–2	12,05	6,25	1–2	10,00	5,80
2–3	12,05	12,50	2–3	13,00	12,00
3–4	12,05	12,50	3–4	18,00	21,40
4–5	12,05	18,75	4–5	10,00	5,90
5–6	12,05	6,25	5–6	13,00	12,00
6–7	12,05	12,50	6–7	18,00	21,40
7–8	12,05	12,50	7–7,5	18,00	21,50
8–8,5	15,65	18,75			
Итого:	100	100	Итого:	100	100

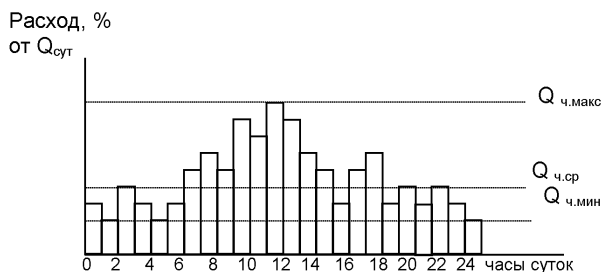


Рис. 1.6. Дифференциальный график водопотребления

1.2.2. Взаимосвязь в работе сооружений системы подачи и распределения воды

После определения расчетного графика водопотребления, суточных расходов воды и взаимного расположения элементов системы назначается режим работы отдельных ее сооружений, который должен обеспечивать режим водопотребления.

Рассмотрим режим работы сооружений системы водоснабжения (см. рис. 1.1), подающей воду в водопроводную сеть в соответствии с расчетным графиком водопотребления, приведенным на рис. 1.7. В их работе должна быть организована такая взаимосвязь, чтобы были удовлетворены заданные требования к водообеспечению потребителя.

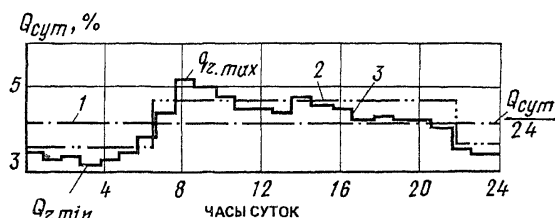


Рис. 1.7. Схема взаимосвязи режимов работы системы водоснабжения и водопотребителей:

1 и 2 — для насосной станции соответственно I и II подъема;
3 — режим водопотребления

При этом режиме насосы станции I подъема работают равномерно в течение суток, подавая средний часовой расход (линия 1 на рис. 1.7). Насосной станцией II подъема вода из резервуаров перекачивается по водоводам в водопроводную сеть потребителей. В том случае, если подача воды насосами соответствует графику водопотребления (линия 2 на рис. 1.7), то водонапорная башня для целей регулирования в системе не нужна. Такая схема характерна для промышленных предприятий, потребляющих воду равномерно в течение суток. Однако использование такого режима работы насосной станции при большой неравномерности водопотребления усложняет и удорожает эксплуатацию системы, а также приводит к увеличению затрат на строительство. Поэтому, как правило, используется ступенчатый режим работы насосной станции II подъема (линия 3 на рис. 1.7). При этом режиме в часы максимального водопотребления насосная станция подает несколько меньшее количество воды по сравнению с требуемым, а в часы минимального водопотребления подача насосов превышает потребление воды. Чем ближе график работы насосной станции II подъема к графику

водопотребления, тем меньше регулирующий объем. Добиться приближения этих графиков можно путем увеличения ступеней графика работы насосной станции, для чего потребуется установка дополнительного числа насосов.

Режим работы водоводов определяется режимом работы насосной станции I подъема. Режим работы трубопроводов, подающих воду от резервуаров чистой воды до водонапорной башни, зависит от режима работы насосной станции II подъема; работа водоводов на участке от водонапорной башни до населенного пункта зависит от режима водопотребления, а регулирующий объем водонапорной башни определяется путем совмещения графиков водопотребления и работы насосной станции II подъема.

Помимо взаимосвязи режима работы сооружений и их расходов существует взаимосвязь между напорами, создаваемыми в системе. К системе водоснабжения предъявляются требования не только в отношении подачи воды потребителям в необходимых количествах, но и в отношении величин напоров, которые должны быть обеспечены в точках отбора. Напор, развиваемый насосной станцией, должен быть достаточным для преодоления потерь напора при движении воды по водоводам и линиям сети, а также для подъема воды до наивысшей точки ее отбора и излива. Напор, необходимый в узлах сети для снабжения водой потребителей, обычно называется требуемым «свободным напором».

Связь между напорами для схемы водоснабжения, показанной на рис. 1.1, а, на момент максимального водопотребления представлена на рис. 1.8. Она определяется пьезометрическими линиями, которые отражают падение напора в сети при движении воды от источника водоснабжения до ее точек, наиболее неблагоприятно расположенных в отношении обеспечения свободных напоров. В число наиболее неблагоприятных точек попадают те, которые имеют наибольшие геодезические отметки и наиболее удалены от водонапорной башни. Они называются «*критическими*» точками. В них будут самые низкие пьезометрические напоры и самые малые свободные напоры.

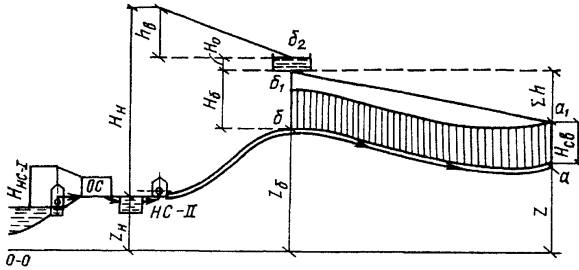


Рис. 1.8. Схема взаимосвязи между напорами в системе водоснабжения с башней в начале сети

Пьезометрический напор представляет собой сумму геодезической отметки рассматриваемой точки и величины свободного напора в ней. Если за критическую (среди удаленных от башни) принять точку а, имеющую наибольшую геодезическую отметку Z , то требуемый пьезометрический напор в ней будет равен $Z + H_{св}$, где $H_{св}$ – требуемый свободный напор. Свободный напор в этой точке в любой момент времени должен быть не ниже требуемого. Пьезометрическая линия а1 б1 характеризует падение напора в сети в момент максимального водопотребления. Высота водонапорной башни H_6 должна быть такой, чтобы в час максимального водопотребления в точке а обеспечивался напор $H_{св}$.

Связь между напорами в точках б и а определяется уравнением

$$Z_6 + H_6 = Z + H_{св} + \sum h,$$

где Z_6 – отметка земли в месте расположения башни; $\sum h$ – потеря напора на участках сети от башни до критической точки а.

Пользуясь этим уравнением, можно определить высоту водонапорной башни

$$H_6 = H_{св} + \sum h - (Z_6 - Z).$$

Она будет тем меньше, чем большее значение имеет величина Z_6 . Поэтому расположение водонапорной башни на возвышенных отметках будет приводить к уменьшению ее строительной стоимости. Если в результате расчета величина $H_6 \leq 0$, то это указывает на то, что устройство водонапорной

башни не требуется. В этом случае вместо башни устанавливается напорный резервуар, который может быть расположен на поверхности земли или быть заглубленным.

С изменением водопотребления и степени заполнения бака положение пьезометрической линии будет меняться. При уменьшении водопотребления потери напора будут уменьшаться. В результате этого пьезометрическая линия будет иметь меньший уклон и поворачиваться вокруг точек b_1 и b_2 или их промежуточных положений. При прекращении отбора воды из сети пьезометрическая линия займет горизонтальное положение, отвечающее максимальному значению свободного напора.

Напор, развиваемый насосной станцией II подъема, определяется из условия возможности подачи воды на отметку максимального уровня воды в баке водонапорной башни

$$H_n = (Z_6 - Z_n) + (H_6 + H_0) + h_b,$$

где Z_n – отметка уровня воды в резервуаре; H_0 – расчетная высота бака башни; h_b – потери напора в напорных и всасывающих трубопроводах насосной станции, включая потери в коммуникациях.

С изменением уровня воды в баке башни подача воды насосами будет изменяться, так как рабочая точка с изменением напора будет перемещаться по кривой $Q-H$. В результате этого принятый график работы насосной станции с некоторым приближением характеризует реальную картину работы, которую можно получить в результате гидравлических расчетов системы подачи и распределения воды в целом [10].

Аналогичным образом определяется требуемый напор насосов станции I подъема.

ГЛАВА 2. ПРИРОДНЫЕ ИСТОЧНИКИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

2.1. Водные ресурсы Республики Казахстан и оценка их как возможных источников водоснабжения

Проблема чистой воды вот уже несколько десятилетий является одной из самых актуальных для человечества планеты. Особенно это относится к регионам с дефицитом водных ресурсов. Учитывая это, ООН объявило период с 1980 по 1990 гг. прошлого века десятилетием чистой воды. В этот период многие индустриально развитые страны, в т. ч. и в бывшем СССР, продолжили выполнение работ по рациональному использованию и охране водных ресурсов. Это позволило достичь определенных результатов по экономии природной (свежей) воды и сокращению сброса загрязненных сточных вод в отдельных отраслях экономики и регионах. Однако в целом проблема с чистой водой в мире продолжала ухудшаться. В этой связи 2003 г. также был назван ООН годом чистой питьевой воды.

Правильное решение вопроса о выборе источника водоснабжения для каждого данного объекта требует тщательного изучения и анализа водных ресурсов района, в котором расположен объект. Практически все используемые для целей водоснабжения природные источники воды могут быть отнесены к двум основным группам:

а) поверхностные источники – реки (в естественном состоянии или зарегулированные) и озера;

б) подземные источники – грунтовые и артезианские воды и родники.

Республика Казахстан относительно бедна водными ресурсами по сравнению с республиками европейской и сибирской частей СНГ, но богаче государств центрально-азиатского региона. Дефицит пресной воды является наиболее острой экологической проблемой, затрудняющей устойчивое развитие Казахстана. Водные ресурсы рек в средний по водности год не превышают 100,5 куб. км, из которых около половины (44 куб. км) поступает из сопредельных государств:

Китайской Народной Республики; Республики Узбекистан; Кыргызской Республики; Российской Федерации. Распределение водных ресурсов по территории крайне неравномерно и характеризуются значительной многолетней и внутригодовой динамикой, тем самым, обуславливая неравномерную обеспеченность водой различных областей республики. Основной объем водных ресурсов поверхностного стока, около 80%, находится в зонах управления Арало-Сырдарьинского, Балхаш-Алакольского и Иртышского бассейновых водохозяйственных управлений (БВУ). Наименее водообеспечены Нура-Сарысуский, Тобол-Торгайский бассейны (табл. 2.1). Водообеспечение отраслей экономики осуществляется на 85 % за счет поверхностных водных источников, остальной объем – за счет подземных, морских и сточных вод [11].

Таблица 2.1

Водные ресурсы Казахстана

Речные бассейны	Среднего- летний сток	Обязатель- ные затраты	Распола- гаемые ресурсы	Современное водопотребле- ние отраслей народного хозяйства
Арал- Сырдарьинский	17,9	5,9	12,0	12,0
Балхаш- Алакольский	27,8	19,2	8,6	8,8
Иртышский	33,5	21,5	12,0	5,4
Ишимский	2,6	1,3	1,3	1,0
Нура- Сарысуский	1,3	0,5	0,8	2,0
Тобол- Торгайский	2,0	1,2	0,8	0,9
Шу-Таласский	4,2	0,5	3,7	4,1
Урал- Каспийский	11,3	9,4	1,9	4,9
Всего:	100,5	59,4	41,1	39,1

Основными водопотребителями в Республики Казахстан являются сельское хозяйство, промышленность и коммунальное хозяйство. Сопоставление водных ресурсов в годы разной водности с потребностью экономики Казахстана показывает наличие острого дефицита воды как в целом по республике, так и для отдельных регионов.

Причинами дефицита водных ресурсов являются природные условия (90% стока рек приходится на весенний период) и формирование около половины стока ($56,5 \text{ км}^3$) на территории сопредельных государств, а также экстенсивное использование, чрезмерное безвозвратное водопотребление на орошение и потери воды. А также Казахстан имеет самый высокий показатель водопотребления на душу населения (рис. 2.1).

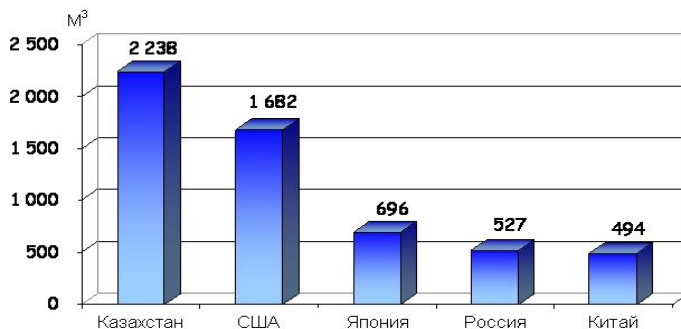


Рис. 2.1. Показатель водопотребления на душу населения

Республика Казахстан располагает значительными запасами подземных вод, прогнозные эксплуатационные ресурсы которых на 01.01.97 г. оценены величиной 54930 млн куб. м/год. Из разведанных 456 месторождений и 122 участков утверждены к эксплуатации запасы пресных и слабосоленых вод в количестве 15824,1 млн куб. м/год. Помимо пресных и слабосоленых подземных вод на территории Республики Казахстан разведано 45 месторождений минеральных вод с утвержденными запасами 10,88 млн. куб. м/год. Подземные воды, как и поверхностные воды, распределены крайне

неравномерно. Более 70 % этих запасов сосредоточены в южных и западных регионах страны.

Значительная величина объема подземных вод сбрасывается без использования. Это, главным образом, результат деятельности сотен самоизливающихся артезианских скважин в Приаралье, шахтный и карьерный водоотлив, а также потери воды при транспортировке. Сброс подземных вод составляет 0,54 млн. м³/сут или 10,2 % от общего водоотбора.

Качество водных ресурсов является одним из лимитирующих факторов устойчивого развития Казахстана. Влияние на качество воды оказывает ряд естественных и антропогенных факторов. Среди естественных факторов можно выделить образование взвешенных частиц, особенно в реках горных районов, после сильных дождей или интенсивного таяния снега и льда, и минерализации воды в зависимости от вида почвенных пород ложа рек. К антропогенным факторам воздействия относятся периодические сбросы сточных вод, ливневые стоки, загрязнение водоохранной зоны и русла бытовым мусором, органическими веществами, нефтепродуктами. Качественное состояние подземных вод, как и в прошлые периоды, остается неудовлетворительным. Они повсеместно загрязнены. Выявлено более 3 тыс. очагов загрязнения подземных вод, площади которых составляют от нескольких до сотен квадратных километров. По состоянию на 01.01.97 г. зарегистрировано 455 очагов загрязнения подземных вод, из которых только на 139 проводились систематические мониторинговые наблюдения. Наибольшее число очагов загрязнения подземных вод, сформированы в пределах; Актюбинской, Восточно-Казахстанской, Жамбылской, Павлодарской, Талдыкорганской областей, где преимущественно дислоцированы крупные предприятия химической, нефтеперерабатывающей, фосфорной промышленности, цветной металлургии. Уровни загрязнения подземных вод довольно высокие и составляют десятки ПДК, достигая на отдельных участках 100–180 ПДК.

Одной из острейших проблем в республике является обеспечение населения доброкачественной питьевой водой. Качество питьевой воды в большинстве населенных пунктов

республики не отвечает требованиям национального и международного стандартов, что связано с загрязнением поверхностных и подземных вод сточными водами, отходами производства.

На решение вопросов обеспечения питьевой водой в целом за 2002–2010 гг. было потрачено бюджетных средств: на сельские населенные пункты – 195 млрд тенге в рамках программы «Питьевая вода 2002–2010». На города – 140 млрд тенге, в рамках бюджетных программ. В целом – 335 млрд тенге.

Выбор источника является одной из наиболее ответственных задач при проектировании системы водоснабжения, так как он определяет в значительной степени характер самой системы, наличие в ее составе тех или иных сооружений, следовательно, стоимость и строительства, и эксплуатации.

Источник водоснабжения должен удовлетворять следующим основным требованиям:

а) обеспечивать получение из него необходимых количеств воды с учетом роста водопотребления на перспективу развития объекта;

б) обеспечивать бесперебойность снабжения водой потребителей;

в) давать воду такого качества, которое в наибольшей степени отвечает нуждам потребителей или позволяет достичь требуемого качества путем простой и дешевой ее очистки;

г) обеспечивать возможность подачи воды объекту с наименьшей затратой средств;

д) обладать такой мощностью, чтобы отбор воды из него не нарушал сложившуюся экологическую систему [3, 12].

Примером, иллюстрирующим попытку дифференцировать водные объекты, пригодные в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения по ряду показателей с целью определения необходимой технологии водоподготовки, может служить санитарная классификация поверхностных (табл. 2.2) и подземных (табл. 2.3) источников.

Таблица 2.2

Санитарная классификация поверхностных источников
питьевого водоснабжения

Наименование показателя	Величина показателя по классам		
	1	2	3
Мутность, мг/л, не более	20	1500	10 000
Цветность, град., не более	35	120	200
Запах при 20 и 60 °С, баллы, не более	2	3	4
Водородный показатель (рН)	6,5–8,5	6,5–8,5	6,5–8,5
Железо, мг/л, не более	1	3	5
Марганец, мг/л, не более	0,1	1,0	2,0
Окисляемость перманганатная, мгО/л, не более	5	15	20
БПК ₅ /БПК _{полн}	>0,7	0,7-0,3	<0,3
БПК _{полн} , мгО/л, не более	3	5	7
ХПК, мгО/л, не более	15	30	35
Общие колиформные бактерии, КОЕ/100 мл, не более	100	1000	5 000
Термотолерантные колиформные бактерии, КОЕ/100 мл, не более	20	500	1000
Колифаги, БОЕ/100 мл, не более	10	10	50
Цисты лямблий, цист/50 л, не более	0	7	15

Таблица 2.3

Санитарная классификация подземных источников питьевого
водоснабжения

Наименование показателя	Величина показателя по классам		
	1	2	3
Мутность, мг/л, не более	1,5	1,5	10,0
Цветность, град, не более	20	20	50
Водородный показатель (рН)	6,5–8,5	6,5–8,5	6,5–8,5
Железо, мг/л, не более	0,3	10	20
Марганец, мг/л, не более	0,1	1	2
Сероводород, мг/л, не более	отсутствие	3	10

Продолжение табл. 2.3

Наименование показателя	Величина показателя по классам		
	1	2	3
Окисляемость перманганатная, мгО/л, не более	5	7	15
Термотолерантные колиформные бактерии, КОЕ/100 мл	отсутствие	отсутствие	не более 10
Общие колиформные бактерии, КОЕ/100 мл	отсутствие	отсутствие	не более 50
Колифаги, БОЕ/100 мл	отсутствие	отсутствие	не более 10

Основными показателями, определяющими пригодность воды для разных категорий водопотребителей, является состав и концентрация содержащихся в ней примесей. По специфике требований к качеству очищенной воды различают воду, используемую для хозяйственно-питьевых целей, нужд пищевой и бродильной промышленности, для поения домашних животных и птиц, орошения, для охлаждения элементов технологических агрегатов в теплоэнергетике и других отраслях народного хозяйства, питания паровых котлов, технологических целей промышленности, заводнения нефтяных пластов и др.

Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения и правила контроля качества воды, подаваемой системами питьевого водоснабжения населенных мест в Казахстане, устанавливаются по СанПиН РК 3.02.002.04 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения» и ГОСТ 2874–82 «Вода питьевая» [13]. В мировой практике используются нормативы ВОЗ.

Питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь удовлетворительные органолептические свойства.

Качество воды характеризуется её физическими, химическими и бактериологическими свойствами.

Основные физические свойства воды:

– Мутность – зависит от содержания в воде взвешенных веществ в мг/л.

Количество взвеси в воде определяют весовым способом или мутномерами. Принцип действия мутномера основан на способности взвесей поглощать и отражать лучи света, а световой поток измеряют фотоэлементом.

По мутности воды подразделяются на:

а) маломутные – до 50 мг/л взвесей;

б) среднемутные – 50–250 мг/л;

в) мутные – 250–2500 мг/л;

г) высокомутные – более 2500 мг/л.

Стандарт на питьевую воду допускает мутность до 1,5 мг/л.

– Прозрачность – это способность воды пропускать лучи света.

Прозрачность зависит от мутности примерно в обратной пропорциональности.

Она определяется путём просматривания через слой воды, налитой в стеклянный цилиндр, стандартный шрифт или чёрный крест с толщиной линий 1 мм на белом фоне. Прозрачность выражается в сантиметрах, через которые читается шрифт или различаются линии креста.

– Цветность – обусловлена наличием в воде гуминовых веществ.

Цветность определяют путём сравнения цвета исследуемой воды с искусственно подкрашенными эталонами. В качестве эталона краски берут водные растворы стойких, не выцветающих солей платины и кобальта. Цветность выражается в градусах платинокобальтовой шкалы, разделённой на 500°.

– Вкус и запах – зависят от растворённых в воде газов, минеральных солей и органических примесей. Определяют вкус и цвет при температуре 20 °С по пятибалльной системе. Слабый вкус и запах, не поддающиеся обнаружению потребителем воды, оцениваются в 1 балл. Далее с появлением вкуса и запаха число баллов увеличивается.

– Температура воды для питья и хозяйственных нужд должна находиться в пределах 8°–12 °С. Установлено, что именно при такой температуре лучше всего утоляется жажда и не возникает простудных заболеваний.

Основные химические свойства:

– Сухой остаток – характеризует общее содержание растворённых в воде химических веществ. Его определяют путём выпаривания предварительно профильтрованной воды.

– Жесткость воды – обусловлена наличием в ней растворённых солей кальция и магния. Жесткость выражается в мг-экв/л – это содержание в миллиграммах элементов кальция и магния в 1 литре воды, разделённое на их эквивалентную массу.

– Активная реакция воды (водородный показатель pH) – характеризует ее кислотность или щелочность, по ней судят об агрессивности воды.

– Фтор – избыток его в воде может вызвать заболевание и разрушение эмали зубов, а недостаток – кариес.

– Йод – содержится в воде обычно в небольших количествах, а иногда вообще отсутствует. Его отсутствие или малое содержание в воде может вызвать заболевание щитовидной железы.

– Соединения азота – аммиак, соли азотистой (нитриты) и азотной (нитраты) кислот - чаще всего образуются в воде при разложении белковых и других органических веществ.

Бактериологическая зараженность воды.

Характеризуется общим числом бактерий, содержащихся в 1 мл воды, а также содержанием в 1 л воды кишечных палочек (коли-бактерий).

Большинство бактерий, встречающихся в природной воде, безвредны для человека. Однако в ней могут находиться и болезнетворные (патогенные) бактерии, вызывающие инфекционные заболевания, такие как холера, дизентерия, туляремия, брюшной тиф и др. Патогенные бактерии появляются в воде главным образом при попадании в нее экскрементов человека и животных. При бактериологических анализах определяют содержание в воде кишечных палочек, постоянно живущих в кишечнике человека и животных.

Кишечная палочка сама по себе не является болезнетворной бактерией, но обнаружение её в воде свидетельствует о загрязнении ее фекальными водами, а следовательно, и о возможности попадания болезнетворных бактерий.

Пробы воды для бактериологического анализа берут в чистую стерильную посуду и доставляют в бактериологическую лабораторию немедленно (не позднее чем через 12 ч).

При анализах воды определяют:

– общее число бактерий в 1 мл воды;

– число кишечных палочек в 1 л воды – этот показатель называется **коли-индексом**;

– объём воды в миллилитрах, в котором содержится одна кишечная палочка – этот показатель называется **колититром**.

Примером, иллюстрирующим попытку дифференцировать водные объекты, пригодные в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения по ряду показателей с целью определения необходимой технологии водоподготовки, может служить санитарная классификация поверхностных и подземных источников.

2.2. Водозаборные сооружения из поверхностных источников

Водозаборное сооружение представляет собой комплекс сооружений, предназначенных для забора воды из источника в необходимых количествах, предварительной ее очистки с целью защиты системы водоснабжения от биологических обрастаний и попадания в нее наносов, сора, планктона, шуги, а также рыбной молоди; транспортирования воды к месту назначения.

Водозаборные сооружения должны гарантировать подачу воды в требуемых объемах и требуемого качества с учетом перспективного развития водопотребления при расходах воды в реке заданной обеспеченности. Поэтому выбору схемы водозаборного сооружения предшествуют изыскательские работы, которые проводят на основе данных прогноза качества воды в источнике, учитывая возможность переформирования его русла или побережья и гидротермический режим, а для

вечномерзлых грунтов – промерзание водоема, температуру воды в источнике зимой, изменение границы вечномерзлых грунтов.

В практике водоснабжения наиболее часто используемыми поверхностными источниками являются реки. Реки – мощные водоисточники, обычно полностью обеспечивающие потребности сельскохозяйственного водоснабжения. Место для речного водозабора выбирают выше (по течению реки) населённых пунктов, животноводческих ферм, предприятий, свалок, пристаней и других очагов загрязнения.

По месту захвата воды из реки водозаборы подразделяются на береговые, русловые и комбинированные [3, 14]. Рассмотрим некоторые конструкции этих водозаборов речных вод.

Береговые водозаборные сооружения (рис. 2.3) применяют при наличии у берега глубин, обеспечивающих нормальные условия забора воды (рис. 2.2), или при наличии возможности их увеличения с помощью руслорегулирующих сооружений. Эти сооружения располагают на берегу поверхностного источника, в водоприемном ковше или в самотечном канале.

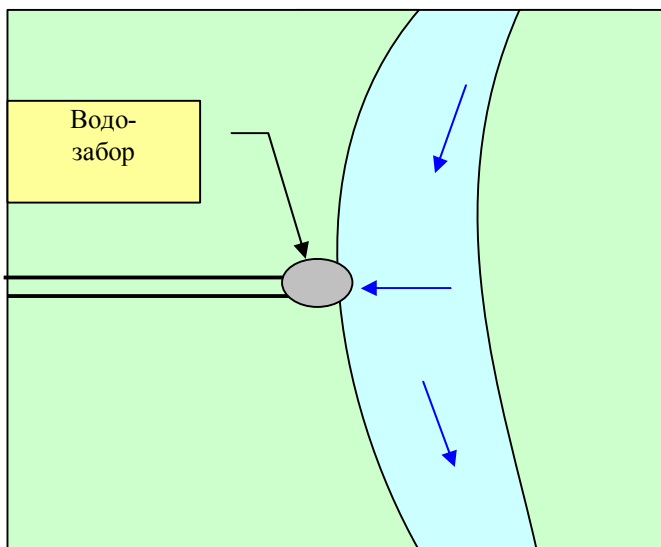


Рис. 2.2

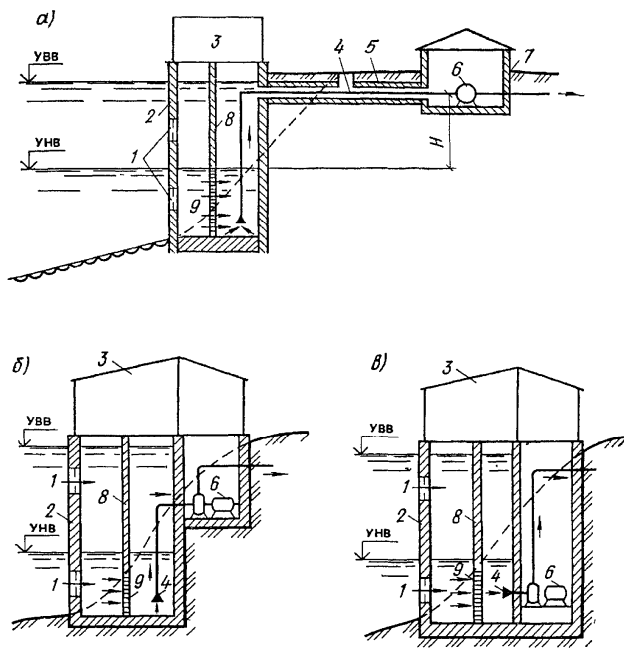


Рис. 2.3. Схемы водозаборных сооружений берегового типа:
 1 – водоприемные отверстия; 2 – береговой колодец; 3 – служебный павильон; 4 – всасывающий трубопровод; 5 – галерея; 6 – насос; 7 – павильон насосной станции; 8 – разделительная стенка; 9 – сетка

Насосная станция может быть как совмещена с водоприемным сооружением, так и разделена с ним. Это зависит от нескольких факторов, главным из которых является всасывающая способность установленных насосов. Если насосы имеют значительную вакуумметрическую высоту всасывания, то предпочтительней раздельный тип водозаборного сооружения (рис. 2.3, а). В этом случае уменьшается заглубление насосной станции, что позволяет получить более экономичное решение. Такая схема компоновки водоприемника и насосной станции I подъема характерна для водозаборных сооружений малой (меньше $1 \text{ м}^3/\text{с}$) и средней ($1\text{--}3 \text{ м}^3/\text{с}$) производительностей. Водозабор совмещенного типа становится предпочтительнее при больших колебаниях уровня воды в источнике (более 6 м),

так как при увеличении амплитуды колебаний уровней преимущества меньшего заглубления насосной станции снижаются вследствие увеличения эксплуатационных трудностей.

На возможность совмещения водоприемника и насосной станции оказывает влияние и вид грунта в основании водозаборного сооружения. При наличии скального грунта, когда исключается возможность разных осадок в основании водоприемника и насосной станции, их можно совместить по ступенчатой схеме (рис. 2.3, б). Если же берег состоит из осадочных грунтов (песок, суглинков, глина и т. п.), то водоприемник и насосную станцию устанавливают на одной отметке (рис. 2.3, в).

Водозаборы руслового типа (рис. 2.4) применяют при пологих берегах и дне реки, когда требуемые для забора воды глубины находятся на большом расстоянии от берега. Схема компоновки насосной станции с водоприемным сооружением может быть раздельной или совмещенной. Степень совмещения водоприемника и насосной станции зависит от тех же причин, что и для береговых водозаборов.

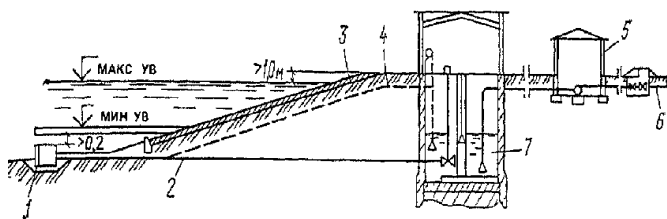


Рис. 2.4. Схема водозаборных сооружений руслового типа:
1 – водоприемник; 2 – самотечная линия; 3 – береговой откос;
4 – сифонный трубопровод;
5 – насосная станция; 6 – напорный трубопровод

Одним из ответственных элементов русловых водозаборов является водоприемник. Водоприемник предназначен для размещения водоприемных окон и закрепления в русле реки концов самотечных (сифонных) трубопроводов. Их размещают под уровень воды, поэтому они постоянно не доступны для обслуживания (особенно во время ледостава и ледохода), что

при средних и тяжёлых условиях водозабора создаёт угрозу снижения производительности или прекращения поступления воды в водозабор. Забор воды в оголовок производится через решётку.

Водоприёмники в зависимости от категории водоподачи и условий забора воды подразделяются на затопленные, затапливаемые высокими водами, незатапливаемые.

Постоянно затопленные оголовки широко применяют при устройстве систем хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения. Затапливаемые оголовки в межень не затоплены и обслуживаются с берега, а в паводок затапливаются и недоступны для профилактики.

Незатапливаемые оголовки применяют в крупных водозаборах с целью повышения надежности подачи воды. Незатопляемые водоприёмники наиболее надежны, поскольку всегда доступны для обслуживания, однако стоимость их значительно больше, чем затопленных водоприёмников. Особенно дороги русловые незатопляемые водоприёмники, в частности, они, должны быть рассчитаны на статическое и динамическое давление льда. Поэтому затопленные водоприёмники – наиболее распространенная конструкция.

Самотечные водоводы соединяют оголовки с береговым колодцем. Число водоводов принимают равным числу секций оголовка, но не менее двух.

К специальным водозаборным сооружениям могут быть отнесены водоприёмные ковши, передвижные и плавучие водозаборы, а также сооружения по забору воды из водохранилищ, горных рек и морей.

Водоприёмный ковш представляет собой искусственный залив, образованный дамбой. Применяют его для борьбы с шугой и для частичного осветления воды.

Плавучие водозаборные сооружения применяют для временного водоснабжения в условиях значительных колебаний уровня воды в источнике.

Чаще всего возникает необходимость реконструкции водозаборных сооружений из-за потребности забора большего количества воды. Однако к такой необходимости могут привести

и изменяющиеся в худшую сторону условия забора воды. Таким образом, можно выделить два направления реконструкции;

- улучшение условий работы и снижение степени отрицательного воздействия природных и других факторов;
- реконструкция непосредственно элементов водозаборного сооружения.

При наличии общих благоприятных условий работы водозабора его производительность может быть увеличена за счет замены насосно-энергетического оборудования, разумеется, при возможности увеличения забора воды из источника. В этом случае необходимо проверить пропускную способность всех коммуникаций и провести профилактические мероприятия на водоприемниках: расчистить русло, углубить перекаты, обеспечить шугозащиту и т. д. Может возникнуть необходимость расширения или устройства дополнительных водоприемных окон.

Водозаборные сооружения на горных реках. Горные реки в Казахстане широко используются для целей сельскохозяйственного водоснабжения. Малая загрязненность воды в их верхнем течении сточными водами дает им значительные преимущества при использовании в качестве источников питьевого водоснабжения. Кроме того, прием воды из горных рек иногда позволяет подавать ее потребителям самотеком. Имеются многочисленные примеры использования верхнего течения горных рек для целей сельскохозяйственного водоснабжения. В ряде случаев при этом осуществляется регулирование и аккумуляция стока этих рек. При этом условия забора воды из горных рек усложняют такие факторы, как неравномерность стока в течение года, а при снего-ледниковом питании – в течение суток, большое количество донных и взвешенных наносов, требующих специальных устройств по ограждению от них водоприемника; наличие шуги и донного льда при неустойчивом зимнем режиме; деформация русла вследствие больших скоростей течения; наличие оползней, обвалов, осыпей и снежных лавин. Перечисленные особенности привели к необходимости создания водоприемных сооружений, специально приспособленных к работе в указанных условиях.

В процессе проектирования водозаборных сооружений на горных реках входят: выбор створа водозабора, решение общей схемы водозабора (бесплотинный, плотинный) и схема подачи воды в систему водоснабжения (самотечная, напорная); установление состава и выбор типа сооружений; компоновка водозаборного узла.

Бесплотинные водозаборы (рис. 2.4) применяют на предгорных участках больших рек, в редких случаях – нагорных участках, при наличии устойчивого русла с глубинами воды при минимальных условиях и шугоходе, достаточным для забора воды.

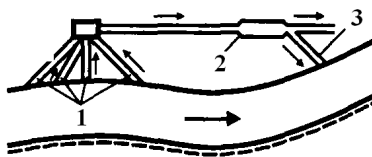


Рис. 2.4. Схема бесплотинного многоголовного водозабора:
1 – прокопы; 2 – отстойники; 3 – сбросные каналы

Плотинные водозаборные сооружения. Наиболее распространенным типом водозабора на высокогорных и горных участках рек, несущих в большом количестве наносы крупных фракций, является водозабор с донной решеткой (рис. 2.5), представляющий собой водосливной порог, перегораживающий русло и возвышающийся над дном реки, в который врезана водоприемная галерея, перекрытая сверху решеткой.

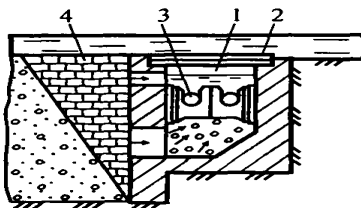


Рис. 2.5. Схема водозабора с донными решетками, совмещенных с приемом подрусловых вод:

*1 – водоприемная галерея; 2 – донная решетка; 3 – отводящие трубы;
4 – фильтрующая каменная наброска в виде обратного фильтра*

2.3. Водозаборные сооружения для забора подземных вод

Подземные воды в Казахстане широко используются для сельскохозяйственного водоснабжения и обводнения. При организации сельскохозяйственного водоснабжения на базе подземных вод необходимо обеспечить высокую надежность водозаборных сооружений в условиях неравномерного водоотбора, практического отсутствия резервирования скважин ввиду низкой категоричности объектов водоснабжения, варьирования дебита водозаборов в широких пределах. При этом следует учитывать, что водозаборы для сельскохозяйственного водоснабжения зачастую сооружаются в труднодоступных районах, где затруднено проведение работ со строительством дополнительных водозаборов, доставка материалов и оборудования.

Выбор типа и схемы размещения водозаборных сооружений проводят исходя из геологических, гидрогеологических, санитарных условий района и технико-экономических соображений [15].

Для отбора подземных вод используются вертикальные (скважины, шахтные колодцы), горизонтальные (траншейные и трубчатые водозаборные сооружения, галереи, штольни, кяризы – комбинации штолен и шахтных колодцев), лучевые водозаборные сооружения и каптажи родников. Наиболее распространённые водозаборные сооружения – буровые скважины, которые применяются для забора подземных вод в разнообразных условиях и характеризуются наилучшей санитарной обстановкой.

Водозаборная скважина в связи с требованиями бурения и гидрогеологии (рис. 2.6) имеет телескопическую конструкцию. Самая нижняя часть скважины служит отстойником. Над отстойником находится водоприемная часть скважины – фильтр, через который вода из водоносного пласта попадает в рабочую зону скважины. Выше водоприемной части скважины располагаются колонны эксплуатационных и обсадных труб, которые, с одной стороны, удерживают стенки скважины от обрушения, а с другой – служат для размещения в них водоподъемных труб и насоса. Над эксплуатационной колонной находится кондуктор, который задает направление проходящей через него трубе при бурении. Вокруг кондуктора встраивается

цементный или глиняный замок, защищающий водоносный горизонт от загрязнений, попадающих с поверхности через затрубное пространство обсадных труб.

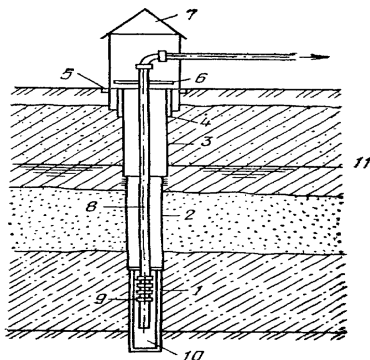


Рис. 2.6. Водозаборная скважина:

1 – фильтр скважины; 2 – эксплуатационная колонна труб; 3 – колонна обсадных труб; 4 – кондуктор; 5 – цементный или глиняный замок; 6 – устье скважины (оголовок); 7 – павильон (шатер); 8 – насосные (водоподъемные) трубы; 9 – насос с погружным электродвигателем; 10 – отстойник; 11 – статический уровень грунтовых вод

Основными причинами ухудшения работы скважин и требованиями их реконструкции могут быть: неисправность насосного оборудования, пескование, глинизация фильтров и прифильтрового пространства солевыми отложениями, химическая или электрохимическая коррозия фильтров, снижение качества питьевой воды.

Наиболее частой причиной ухудшения работы скважин является износ насосного оборудования. В погружных насосах с течением времени увеличивается зазор между рабочими колесами и уплотнениями, изнашиваются лабиринты колес, лопаточных отводов и плавающих колец, возрастают объемные потери воды при перетекании ее через увеличивающиеся зазоры между вращающимися рабочими колесами и неподвижными частями насоса. В неблагоприятных условиях работы погружной насос ежемесячно может терять до 2–3 %

первоначальной производительности вследствие физического износа деталей. Причем меньший процент износа относится к новым насосам, которые еще не подвергались капитальному ремонту, больший – к насосам, прошедшим один или несколько капитальных ремонтов.

Наиболее простым приспособлением для очистки фильтра от осадков является механический ерш, который опускают в скважину на тросе или штангах. При движении ерша вниз–вверх внутренняя поверхность фильтра очищается от отложений. При механической очистке ствола скважины от продуктов коррозии применяют скребок или ерш с улавливателем, обеспечивающим одновременно с очисткой сбор и накопление удаляемых осадков.

В сельхозводоснабжении значительный прогресс был достигнут в строительстве бесфильтровых скважин и специальных типов высокодебитных водозаборов подземных вод, применяемых на объектах орошения с использованием подземного источника.

Шахтный колодец представляет собой вертикальную выработку глубиной до 20–30 м круглой, квадратной или прямоугольной формы. Колодцы используются для забора воды из безнапорных или малонапорных водоносных пластов в системах сельскохозяйственного водоснабжения небольших промышленных предприятий и населенных пунктов. Они состоят из следующих конструктивных элементов: оголовки, ствола, водоподъемной части и водосборной части – зумпфа (рис. 2.7).

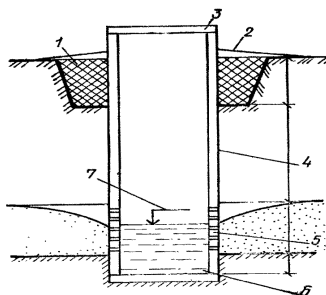


Рис. 2.7. Схема шахтного колодца:

1 – глиняный замок; 2 – отсыпка; 3 – оголовок; 4 – ствол;
5 – водоприемная часть; 6 – зумпф; 7 – динамический уровень

Горизонтальные водозаборы (рис. 2.8) представляют собой водосборную траншею или водосборную галерею, оборудованную для приема воды из водоносного пласта и отвода воды в место расположения водоразборных устройств. Водозаборное сооружение горизонтального типа состоит из водоприемной части, смотровых и вентиляционных колодцев, расположенных на линии водозабора и водосборного резервуара. Горизонтальные водозаборы эффективны в тех случаях, когда необходимо перехватить широкий поток подземных вод при небольшой его мощности (например, при использовании подземных вод аллювиальных отложений в речных долинах).

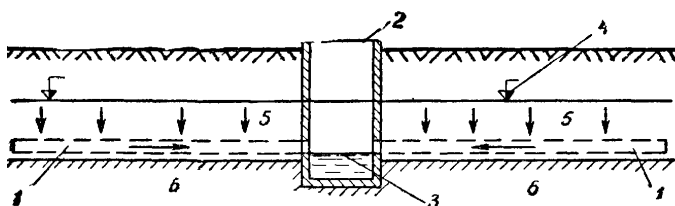


Рис. 2.8. Горизонтальный водозабор:

1 – горизонтальные водосборы; 2 – сборный колодец; 3 – уровень воды в сборном колодце; 4 – статический уровень подземных вод; 5 – водоносный пласт; 6 – водоупор

Простейшим типом горизонтального водозабора является открытый дренажный канал – водосборник; применяется для промышленного водоснабжения и строится в виде открытой траншейной выработки, откосы которой оборудованы песчано-гравийным фильтром.

Лучевой водозабор представляет собой вертикальный водосборный колодец (шахту), объединяющий горизонтальные скважины, находящиеся в водоносном пласте, которые радиально расходятся в виде лучей (рис. 2.9).

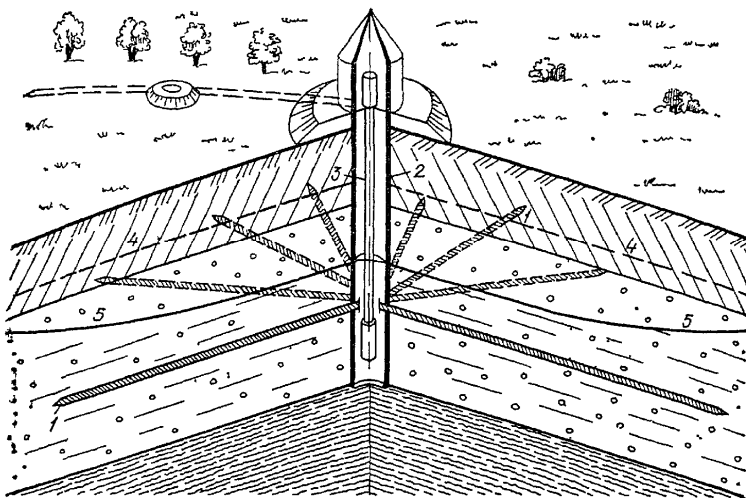


Рис. 2.9. Лучевой водозабор

*1 – горизонтальные радиальные скважины; 2 – водосборный шахтный колодец; 3 – насос; 4 – естественный уровень грунтовых вод
5 – сниженный уровень грунтовых вод*

В зависимости от условий расположения лучевые водозаборы бывают различных типов:

- подрусовой – под дном реки (с шахтой на берегу или в русле);
- береговой – при расположении лучевого водозабора на берегу недалеко от реки;
- комбинированный, когда водозабор находится на берегу реки, а лучевые фильтры – как в береговой зоне, так и под руслом;
- водораздельный – при расположении лучевого водозабора вдали от источников питания.

В зависимости от способа устройства сборного колодца и расположения лучей в водоносном пласте они подразделяются на водозаборы с горизонтальными, наклонными восходящими и нисходящими и многоярусными скважинами. Они могут быть комбинированными, если предусматривается устройство как наклонных лучей-скважин, так и горизонтальных.

Источники (ключи, родники) являются выходами подземных вод на поверхность земли. Условия выхода источников весьма разнообразны. В основном их делят на нисходящие и восходящие источники.

В том случае, если подземные воды (родники) выходят на дневную поверхность, то их отбор возможен путем каптажа. Родниковые воды характеризуются малой мутностью и высокими санитарными качествами по сравнению с поверхностными водами. Они широко используются как в системах водоснабжения небольших населенных пунктов, так и в крупных системах водоснабжения.

Типы и конструкции каптажных сооружений разнообразны. Они зависят от гидрогеологических условий выхода родников, мощности источника топографии и других факторов.

Схема для каптажа нисходящих родников из водоносных пластов приведена на рис. 2.10, *а*. Сооружение выполняется в виде камеры, имеющей железобетонное перекрытие и днище, стены – из железобетонных колец. Вода в водоприемную камеру поступает через водоприемные отверстия, обсыпанные гравийным фильтром. С обеих сторон камеры устраиваются водоулавливающие стенки из плотно утрамбованного глинистого грунта. Пространство, образованное стенками, перед входными окнами заполняется песком. Камера оборудуется расходной, переливной и вентиляционными трубами. В тех случаях, когда мощность водоносного пласта незначительна, а водоупорный пласт расположен близко к поверхности, днище каптажа заглубляют в подошву пласта. Величина заглубления определяется исходя из расположения расходной трубы в вертикальной плоскости; над трубой образуется слой воды, обеспечивающей напор, достаточный для дальнейшего ее транспортирования. Для максимального использования водоносного пласта необходимо, чтобы уровень воды в каптажной камере не превышал отметки подошвы пласта.

Каптаж воды из восходящих родников проводится через дно каптажного сооружения. Схема такого устройства приведена на рис. 2.10, *б*. Оно также выполнено из сборных железобетонных элементов. В основании камеры лежит

фильтрующий материал из гравия, гальки и щебня. Подбор фильтрующего материала, как и раньше, проводят из условий, исключающих вынос мелких частиц в приемную камеру. В том случае, если вода из каптажных камер не может быть подана потребителю самотеком, применяются насосные установки. Дебит каптажей определяется на основе наблюдений за режимом подземных вод.

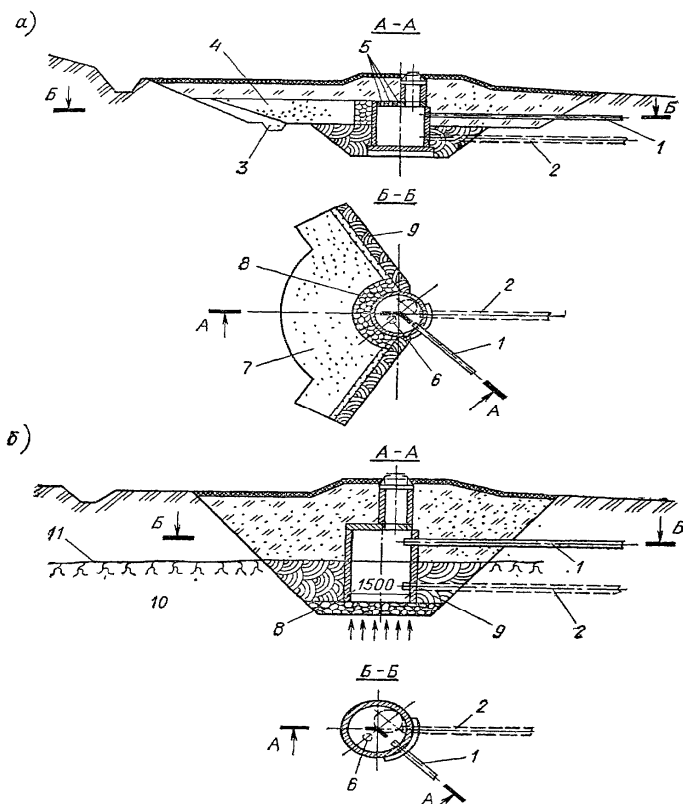


Рис. 2.10. Каптаж нисходящих (а) и восходящих (б) родников:
 1 – переливная труба; 2 – расходная труба; 3 – гравийная пригрузка;
 4 – водоносный пласт; 5 – водоприемные отверстия;
 6 – вентиляционная труба; 7 – песчаная засыпка; 8 – гравийная
 отсыпка; 9 – плотно утрамбованный глинистый грунт;
 10 – водоносный пласт; 11 – водоупор

2.3. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения

В целях обеспечения санитарно-эпидемиологической надежности проектируемых и реконструируемых водопроводов хозяйственно-питьевого водоснабжения в местах расположения водозаборных сооружений и окружающих их территориях устраиваются зоны санитарной охраны.

Основные требования к проектированию зон санитарной охраны определяются СНиП РК 4.01–02–2001. Зона санитарной охраны источника водоснабжения в месте забора воды состоит из трех поясов: первого – строгого режима, второго и третьего – режимов ограничения [7, 16].

Проект указанных зон разрабатывается на основе данных санитарно-топографического обследования территорий, а также гидрологических, гидрогеологических, инженерно-геологических и топографических материалов. Проектом определяются границы поясов зон, перечень мероприятий по их организации и санитарный режим в них. Проект согласовывается с органами и учреждениями санитарно-эпидемиологической службы, органами по регулированию использования и охраны вод.

Граница первого пояса зоны санитарной охраны поверхностного источника ограничивает источник в месте забора воды и площадку, занимаемую водозаборами, насосными станциями, очистными сооружениями и резервуарами чистой воды. Граница устанавливается в целях устранения возможности случайного или умышленного загрязнения воды в этом поясе. Пояс охватывает акваторию рек и подводящих каналов не менее чем на 200 м от водозабора вверх по течению и 100 м вниз по течению. По прилегающему берегу граница пояса проходит на расстоянии не менее чем на 100 м от линии уреза воды при максимальном уровне. При ширине реки и канала до 100 м в первый пояс зоны входит часть противоположного берега (по отношению к водозабору) шириной 50 м от уреза воды, при большей ширине – акватория шириной не менее 100 м.

Первый пояс зоны санитарной охраны для водохранилищ и озер охватывается границей, проходящей на расстоянии 100 м от водозабора по акватории источника во всех направлениях, а

по прилегающему к водозабору берегу на расстоянии не менее 100 м от уреза воды. Если водозабор ковшевого типа, то граница охватывает всю площадь ковша и территорию вокруг него полосой не менее 100 м.

Для подземных источников граница пояса проходит в радиусе 30 м от водозабора, если источник надежно защищен; при отсутствии гарантии надежной защиты граница проходит в радиусе 50 м. Для инфильтрационных водозаборов в пояс включается прибрежная территория между водозабором и поверхностным источником, если расстояние между ними менее 150 м. Для подрусовых водозаборов границы первого пояса назначаются так же, как и

для поверхностных источников. Территория первого пояса должна быть спланирована, озеленена и огорожена. На территории первого пояса запрещаются: все виды строительства, за исключением реконструкции или расширения основных водопроводных сооружений (подсобные здания, непосредственно не связанные с подачей или обработкой воды, должны быть размещены за пределами первого пояса зоны); размещение жилых и общественных зданий, проживание людей, в т. ч. работающих на водопроводе; прокладка трубопроводов различного назначения за исключением трубопроводов, обслуживающих водопроводные сооружения; выпуск в поверхностные источники сточных вод, купание, водопой и выпас скота, стирка белья, рыбная ловля, применение для растений ядохимикатов и удобрений.

Второй пояс санитарной зоны охватывает территорию по обеим сторонам реки на расстоянии 500–1000 м от уреза воды. Боковые границы устанавливаются в зависимости от рельефа местности. Граница вниз по течению реки принимается на расстоянии не менее 250 м от места водозабора. Вверх по течению реки она назначается исходя из пробега воды от нее до водозабора в течение 3–5 сут в зависимости от климатических условий при среднемесечном расходе воды 95 %-ной обеспеченности.

На судоходных реках и каналах в границы второго пояса включают акваторию, прилегающую к водозабору в пределах

фарватера. Для водоемов граница второго пояса назначается в радиусе 3–5 км по всей их акватории, что зависит от наличия ветров. Боковая граница назначается так же, как и на реках.

Границы второго пояса зоны санитарной охраны подземного источника устанавливаются для защиты водоносного горизонта от микробных загрязнений. Основным параметром, определяющим расстояние от водозабора до границы, является достаточная для гибели микроорганизмов продолжительность продвижения микробного загрязнения с потоком подземных вод к водозабору. Граница определяется гидродинамическими расчетами, исходя из условия, что если микробы попадают в водоносный горизонт за ее пределами, то они не достигнут водозабора. Расчетный период времени зависит от вида подземных вод (напорные, безнапорные), наличия гидравлических связей этих вод с открытым водоемом, климатических условий и принимается в пределах 100–400 суток.

На территории второго пояса зоны санитарной охраны разрешается отводить земли для строительства и благоустройства населенных пунктов, промышленных и сельскохозяйственных объектов, оздоровительных учреждений; при этом они должны быть оборудованы системой водоснабжения и канализации, отвода загрязненных поверхностных вод и т. д. Одновременно с этим во втором поясе запрещается загрязнение территории, размещение складов горючесмазочных материалов, ядохимикатов, удобрений, накопителей и других объектов, которые могут привести к химическому загрязнению водоемов. Кроме того, не допускается устройство полей фильтрации, проведение орошения сельхозугодий и т. п., что может вызвать микробное загрязнение источников водоснабжения. Запрещаются закачка отработанных вод в подземные пласты, подземное складирование твердых отходов и разработка недр земли. На территории второго пояса подземных источников необходимо проводить тампонаж бездействующих, дефектных и неправильно эксплуатируемых скважин и колодцев.

Границы третьего пояса санитарной зоны поверхностного источника водоснабжения вверх и вниз по течению реки или во

все стороны по акватории водоема должны быть такими же, как и для второго пояса, а боковые границы должны проходить по водоразделу, но не дальше 3–5 км от водотока или водоема.

Для подземных вод третий пояс служит для защиты подземных вод от химических загрязнений. Его границы так же определяются гидродинамическими расчетами, исходя из условия, что если за ее пределами в водоносный горизонт попадут химические загрязнения, то они не достигнут водозабора или достигнут не быстрее расчетного периода, который должен быть больше проектного срока эксплуатации водозабора (25–50 лет).

На территории третьего пояса зоны поверхностного источника водоснабжения предусматривают такие же санитарные мероприятия, как и во втором поясе. В отличие от второго здесь допускаются лесозаготовительные работы. На каналах и водохранилищах в границах третьего пояса должны проводиться работы по очистке дна от отложений и растительности; в химических методах борьбы допускается применение только тех препаратов, которые разрешены органами санитарно-эпидемиологической службы. Санитарные мероприятия в рассматриваемом поясе подземных источников в основном совпадают с мероприятиями для поверхностных источников.

ГЛАВА 3. НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ И СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ

3.1. Типы насосных станций систем сельскохозяйственного водоснабжения

Насосные станции систем водоснабжения представляют собой комплекс сооружений и оборудования, обеспечивающий водоподачу в соответствии с нуждами потребителя.

По своему назначению и расположению в общей схеме водоснабжения насосные станции подразделяются на станции I подъема, II подъема, повысительные и циркуляционные [17].

Насосные станции I подъема забирают воду из источника водоснабжения и подают ее на очистные сооружения или, если не требуется очистки воды, непосредственно в резервуары, распределительную сеть, водонапорную башню либо другие сооружения в зависимости от принятой схемы водоснабжения. На промышленных предприятиях с процессами, предъявляющими различные требования к качеству воды, на одной и той же насосной станции могут быть установлены насосы, подающие воду, как на очистные сооружения, так и непосредственно на предприятия без очистки.

Насосные станции II подъема служат для подачи очищенной воды потребителям, обычно из резервуаров чистой воды.

Повысительные насосные станции предназначены для повышения напора в водопроводной сети или в водоводе. В этом случае вода забирается из одной сети (участка водовода) и под повышенным напором подается в другую сеть или в последующий участок длинного водовода.

Циркуляционные насосные станции входят в схемы оборотного технического водоснабжения промышленных предприятий и тепловых электростанций. На этих станциях одни насосы подают, отработавшую на предприятии, воду на охлаждающие или очистные устройства, а другие насосы возвращают подготовленную воду снова к производственным установкам.

Для водоснабжения используются, как известно, подземные воды и поверхностные воды рек, каналов, озер и водохранилищ.

В каждом случае состав сооружений насосной станции, их тип и компоновка будут определяться не только видом источника водоснабжения, но и его особенностями.

В состав насосных станций I подъема, забирающих воду из открытого водоисточника (рис. 3.1), входят:

- водозаборное сооружение, предназначенное для забора требуемого объема воды из водоисточника и предварительной ее очистки от взвешенных и плавающих загрязнений, а при необходимости также и от наносов;
- сооружения, транспортирующие воду от водозаборного до водоприемного сооружения насосной станции;
- водоприемное сооружение, предназначенное для подвода воды к всасывающим трубам насоса;
- всасывающие трубы;
- здание насосной станции со всем необходимым гидромеханическим, энергетическим и вспомогательным оборудованием;
- напорные трубопроводы;
- водовыпускное сооружение, предназначенное для спокойного выпуска воды из напорного трубопровода в отводящий канал, на очистные или технологические сооружения.

В зависимости от естественных, эксплуатационных и производственных условий некоторых сооружений может не быть вообще или они могут быть объединены. Основным фактором, определяющим общую схему компоновки и конструктивные решения отдельных сооружений, является размещение водозаборного сооружения по отношению к водоисточнику (береговое или русловое) и зданию насосной станции (совмещенное или раздельное).

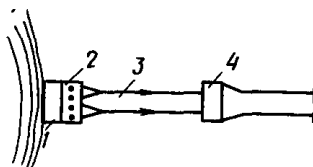


Рис. 3.1. Принципиальная схема компоновки сооружений насосных станций I подъема, использующих открытый водоисточник:

1 – водозаборное сооружение; 2 – здание станции; 3 – напорные трубопроводы; 4 – водовыпуск

В водозабор подземных вод (рис. 3.2), как правило, входят приемные устройства (скважины, шахтные колодцы, лучевые водозаборы, горизонтальные водосборы, каптажи источников), насосы и трубопроводы, связывающие отдельные приемные устройства с насосной станцией или с водоводами.

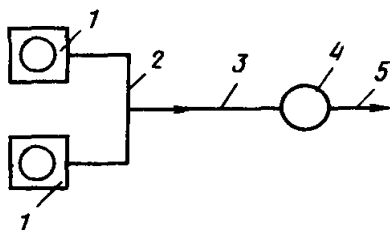


Рис. 3.2. Схемы насосных станций, забирающих подземные воды:

1 – скважины с установленными в них насосами; 2 – сборный коллектор; 3 – напорный трубопровод; 4 – водонапорная башня; 5 – разводящая сеть водопровода

Значительная, как правило, удаленность насосных станций II подъема от источника водоснабжения и независимость работы насосов станции от режима водоисточника (колебаний уровней воды, наличия плавающих и донных загрязнений, ледового режима и т. д.) позволяют в большой мере упростить схему компоновки основных сооружений станции.

На рис. 3.3 показана схема размещения очистных сооружений комплекса с насосной станцией II подъема.

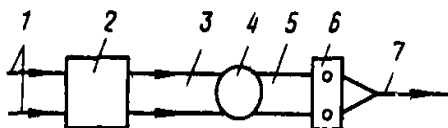


Рис. 3.3. Схема насосных станций II подъема

Вода напорными трубопроводами (1) насосной станции I подъема подается на очистные сооружения (2). После них отфильтрованная и хлорированная вода через трубопровод (3) поступает в резервуар чистой воды (4), из которого она

забирается всасывающими трубами (5) насосов станции II подъема (6) и под напором (7) подается в сеть.

Принципиальные схемы компоновки сооружений повысительных насосных станций определяются типом водовода, по которому передается вода, и расходом транспортируемого потока.

Тип водопроводной насосной станции определяется ее назначением и подачей, а также зависит от вида и режима источника водоснабжения, расположения здания насосной станции по отношению к водозаборному сооружению, типа и характеристик основного насосного оборудования и систем привода, климатических условий, рельефа и гидрогеологии местности.

Всевозможные сочетания указанных условий предопределили наличие большого числа признаков, по которым могут быть классифицированы типы и конструкции насосных станций систем водоснабжения.

По характеру основного оборудования насосные станции могут быть:

- с центробежными горизонтальными или вертикальными насосами;
- с осевыми и диагональными горизонтальными, наклонными или вертикальными насосами;
- с объемными насосами;
- с водоподъемниками различных типов.

По расположению лопастных насосов относительно уровня воды в приемном резервуаре или в подводящем коллекторе насосные станции подразделяются:

- на станции, где насосы установлены с положительной высотой всасывания;
- на станции, где насосы установлены с подпором.

По расположению относительно поверхности земли насосные станции могут быть:

- заглубленными (шахтного типа);
- частично заглубленными;
- наземными.

По характеру управления насосные станции могут быть:

- с ручным управлением (все операции по включению и выключению агрегатов производятся обслуживающим персоналом);
- автоматическими (все операции по управлению выполняются соответствующими приборами и устройствами);
- дистанционными – (включение и выключение агрегата производится из диспетчерского пункта, значительно удаленного от станции).

Особую группу представляют собой нестационарные насосные станции, устраиваемые в основном для непродолжительной сезонной работы. Они используются для водоснабжения временных поселков и хозяйств, строительных площадок, а также для местного орошения относительно небольших площадей.

В заключение следует сказать, что в любом случае окончательный выбор того или иного типа насосной станции обычно проводят путем технико-экономического сравнения нескольких вариантов.

Для осуществления главной функции насосной станции – подачи воды – предназначено различное оборудование, от которого зависят эффективность и надежность эксплуатации станции. В связи с этим одним из наиболее ответственных этапов проектирования насосной станции является подбор типов и параметров оборудования с учетом его характеристик, взаимосвязей и удобства эксплуатации. Входящее в схему оборудование и системы насосной станции обычно разделяют на следующие группы: 1. Основное энергетическое оборудование включает насосы и приводные двигатели. 2. Механическое оборудование насосных станций включает в себя сороудерживающие устройства, затворы и подъемно-транспортные механизмы. 3. Вспомогательное оборудование включает в себя системы технического водоснабжения, дренажно-осушительную, масляного и пневматического хозяйства, вакуум-систему. 4. Электрические устройства насосной станции включают в себя силовые трансформаторы, выводы высокого и низкого напряжения, распределительное устройство, токопроводы к электродвигателям, системы контроля и собственных нужд. 5. Противопожарные и санитарно-технические устройства.

Выбор насосных агрегатов осуществляется на основании требуемых подачи Q и напора H , устанавливаемых гидравлическим расчетом системы перекачивания жидкости, для которого требуются следующие исходные данные:

- расход воды в сутки максимального водопотребления;
- расход воды в часы максимального, среднего и минимального водопотребления в сутки максимального водопотребления;
- расход воды на нужды пожаротушения и принятая система пожаротушения (низкого или высокого давления);
- отметки расчетных уровней воды в источнике (река, резервуар и т. д.);
- отметки уровня воды в напорной емкости или у потребителя, в приемной камере или в точке приема жидкости;
- гидравлическая характеристика $Q-H_{тр}$.

Все эти данные определяются проектом системы водоснабжения.

На основании графика водопотребления устанавливается режим работы и подача насосной станции. Насосная станция должна подавать за сутки полный расчетный суточный расход при обеспечении требуемой высоты подъема жидкости. Расчетная подача насосной станции определяется по суткам максимального водопотребления, в час максимального водопотребления, а час максимального водопотребления – на основании сводной ведомости расхода воды потребителями в системе водоснабжения или принятого коэффициента неравномерности.

Подача воды насосами I подъема может осуществляться по трем основным схемам:

- 1) насосная станция подает воду на очистные сооружения для хозяйственно-питьевых или производственных нужд;
- 2) насосная станция подает воду в резервуары чистой воды без очистки; подача хозяйственно-питьевой воды в этом случае возможна лишь при условии, что качество воды соответствует требованиям ГОСТ 2874–82 «Вода питьевая»;
- 3) насосная станция подает воду без очистки непосредственно потребителям.

В первом случае, как правило, станцию рассчитывают на подачу среднего часового расхода воды в дни максимального водопотребления с учетом расхода воды на собственные нужды насосной станции I подъема и станции очистки воды.

Во втором случае подача воды на хозяйственно-питьевые нужды без очистки возможна лишь при использовании артезианских вод или подрусловых вод с устройством скважин. Такая схема подачи воды потребителям позволяет установить равномерную круглосуточную работу насосов I подъема, произвести расчет на среднечасовую подачу и уменьшить число скважин или их диаметр. Кроме того, равномерный и непрерывный отбор воды улучшает режим работы скважин. Часто круглосуточный режим водоотбора диктуется ограниченным дебитом скважины.

В третьем случае подача насосной станции I подъема возможна при поступлении воды без очистки непосредственно потребителям. В этом случае все артезианские скважины условно делят на основные и неосновные. К основным относятся наиболее мощные скважины, имеющие большой удельный дебит и обеспечивающие среднечасовой расход воды потребителями. К неосновным относятся скважины, которые работают в часы максимального водоразбора, а также во время ремонта основных скважин. Дебит их рассчитывается на подачу воды, равную разности подачи в час максимального водопотребления и подачи среднечасового водопотребления.

Насосные станции II подъема. В зависимости от планировки снабжаемого водой объекта и взаимного расположения насосной станции и напорных аккумуляторов различают следующие системы: безбашенную с башней в начале сети; с контррезервуаром.

3.2. Определение расчетного напора

Требуемый напор насосов станции I подъема определяют в соответствии с принятой схемой ее подачи. При подаче воды на очистные сооружения (рис. 3.4) полную высоту подъема насосов, м, определяют по формуле

$$H = H_{\Gamma} + h_{\omega, \text{BC}} + h_{\omega, \text{H}} + 1,$$

где $H_{\Gamma} = Z_{\text{с}} - Z_{\text{р}}$ – геометрическая высота подъема воды, т. е. разность отметок уровней воды в источнике и в смесителе:

$H_{\Gamma} = H_{\text{ГВ}} + H_{\text{ГН}}$ (здесь $H_{\text{ГВ}}$ – геометрическая высота всасывания, т. е. разность отметок оси насоса и самого низкого уровня воды в водоприемном колодце, $H_{\text{ГН}}$ – геометрическая высота нагнетания, т. е. разность отметок оси насоса и уровня воды в сооружениях (куда она подается), определяемая из условия подачи воды в смеситель очистной станции, для предварительных расчетов высоту расположения смесителя можно принять 4–6 м над поверхностью земли; при окончательных расчетах эту высоту устанавливают в соответствии с проектом очистной станции;

$h_{\omega, \text{BC}}$ и $h_{\omega, \text{H}}$ – потери напора соответственно во всасывающем и нагнетательном трубопроводах;

1 – запас напора.

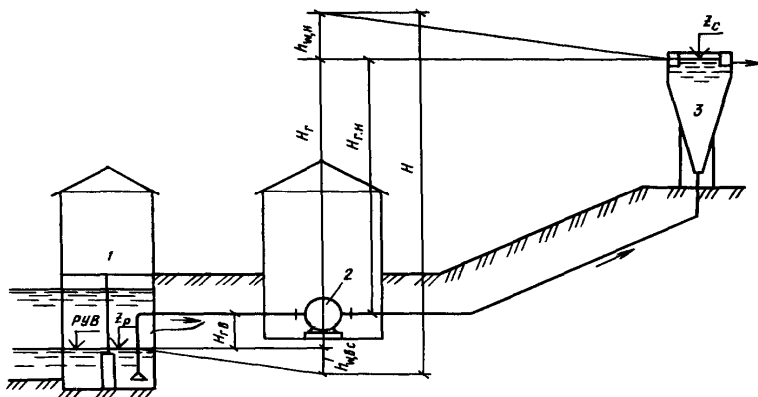


Рис. 3.4. Высотная схема подачи воды на очистные сооружения:

1 – водоприемный береговой колодец; 2 – насос; 3 – смеситель;

PUB – расчетный уровень воды

При подаче воды в резервуары чистой воды из артезианских скважин полную высоту подъема воды насосами, м, находят по выражению

$$H = H_{\Gamma} + h_{\text{СКВ}} + h_{\text{В}} + l,$$

где $h_{\text{СКВ}}$ – потери напора в скважине на обтекание погружного насоса при входе воды в приемную сетку (при насосах типов АТН, А необходимо принимать потери напора в сетке и скоростные потери на входе), $h_{\text{В}}$ – потери напора в сборном трубопроводе от скважины до резервуара.

При подаче воды непосредственно в водопроводную сеть полную высоту подъема воды насосами, м, вычисляют по формуле

$$H = H_{\Gamma} + h_{\omega, \text{ВС}} + h_{\omega, \text{Н}} + H_{\text{СВ}},$$

где $H_{\text{СВ}}$ – требуемый свободный напор в водопроводной сети в точке, принятой за расчетную.

Насосы II подъема. Требуемый напор насосов в безбашенной системе водоснабжения определяется аналогично напору насосной станции I подъема, подающей воду непосредственно в сеть. При системе с башней напор насосов станции II подъема определяют после полного расчета сети и вычисления высоты водонапорной башни. Напор на станции должен быть достаточным для обеспечения требуемого свободного напора в сети населенного пункта или промышленного предприятия (с учетом потерь напора в сети и рельефа местности) [17, 18].

Рассмотрим два наиболее часто встречающихся случая:

1) вода подается насосной станцией в водонапорную башню, находящуюся в начале сети; 2) вода подается в водопроводную сеть с водонапорной башней (контррезервуаром), находящейся в конце сети.

На рис. 3.5 нанесены пьезометрические линии для первого случая. Полная высота подъема насосов, м, определяется по формуле:

$$H = h_{\omega, \text{ВС}} + H_{\Gamma} + H_{\text{В}} + H_{\text{Р}} + h_{\omega, \text{Н}},$$

где $h_{\omega, \text{ВС}}$ – потери напора во всасывающем трубопроводе;

H_{Γ} – разность отметок поверхности земли у водонапорной башни и расчетного уровня воды в резервуаре;

$H_{\text{В}}$ – высота башни от поверхности земли до дна резервуара;

$H_{\text{Р}}$ – высота резервуара;

$h_{\omega, \text{н}}$ – потери напора в напорных коммуникациях и в водоводе от насосной станции до водонапорной башни.

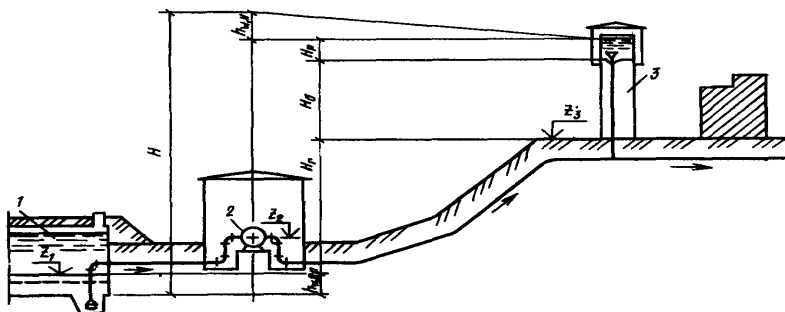


Рис. 3.5. Высотная схема подачи воды из резервуара в систему с башней в начале сети:

1 – резервуар; 2 – насос; 3 – башня

Пьезометрические линии для второго случая нанесены на рис. 3.6. При определении полной высоты подъема насоса надо учитывать режим работы насосной станции:

- в часы максимального водопотребления, когда в диктующую точку часть воды подается насосной станцией, а другая часть поступает из водонапорной башни;
- в часы минимального водопотребления, когда вода, подаваемая насосной станцией, поступает к потребителю, а избыток в количестве 1 % транзитом в башню.

При максимальном водопотреблении полную высоту подъема насосов, м, вычисляют по выражению

$$H_1 = H_r + h_{\omega, \text{вс}} + h_{\omega, \text{н}} + H_{\text{св}},$$

где H_r – геометрическая высота подъема воды, т. е. разность отметок точки схода а и расчетного уровня воды в резервуаре; местоположение точки схода определяется при расчете сети,

$H_{\text{св}}$ – требуемый свободный напор в сети,

$h_{\omega, \text{н}}$ – потери напора в напорных коммуникациях насосной станции, в водоводах и сети до точки схода а.

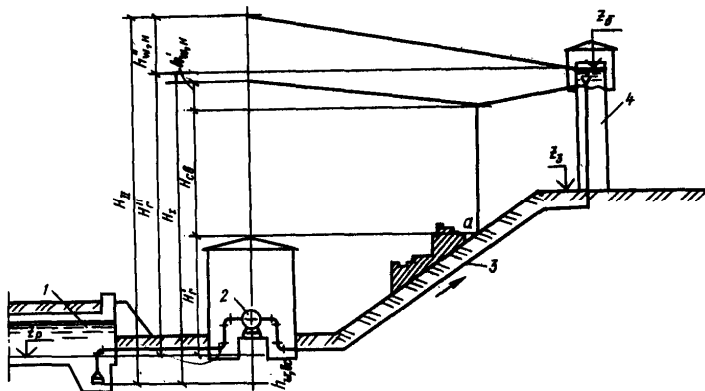


Рис. 3.6. Высотная схема подачи воды из резервуара в систему с контррезервуаром:

1 – резервуар; 2 – насос; 3 – водоводы, водопроводная сеть;
4 – башня-контррезервуар

При минимальном водопотреблении напор насосов определяют из условия транзитной подачи воды в башню. Полную высоту подъема насосов, м, находят по формуле

$$H_2 = H_{\Gamma} + h_{\omega, \text{вс}} + h_{\omega, \text{н}},$$

где H_{Γ} – геометрическая высота подъема воды при транзите, т. е. разность отметок расчетного уровня воды в резервуаре и предельного уровня в баке водонапорной башни;

$h_{\omega, \text{н}}$ – потери напора в напорных коммуникациях, в водоводах, сети и соединительных линиях «сеть – башня».

Напор насосов следует принимать равным наибольшему из полученных по расчету. Как правило, оказывается, что наибольший напор у насосов получается при транзитной подаче воды в башню.

По существующим правилам проектирования водопровода (СНиП РК 4.01 – 02 – 2001) работа насосной станции должна быть проверена на случай возникновения пожара. Подача полного расчетного расхода воды на тушение пожара должна быть обеспечена в час максимального водоразбора, т. е. в

момент наиболее напряженной работы насосной станции и водопроводной сети.

Следовательно, в момент возникновения пожара насосы II подъема должны подать в населенный пункт расход воды, равный сумме полного расчетного расхода воды на тушение пожара и расхода воды в час максимального водоразбора, т. е. подача насосной станции должна быть равна $Q_{\text{пож}} + Q_{\text{max}}$.

3.3. Выбор типа и числа устанавливаемых насосов

При выборе типа насосов и определении числа рабочих агрегатов необходимо учитывать совместную работу насосов, водоводов и сети и руководствоваться следующими соображениями:

1. Число рабочих агрегатов одной группы должно быть не менее двух.

2. Необходимо устанавливать как можно меньше рабочих насосов. Параллельная работа нескольких насосов экономически невыгодна: выгоднее установить крупные насосы, имеющие более высокие КПД, чем несколько средних и малых; кроме того, суммарная подача нескольких насосов при параллельной работе на общие водоводы всегда меньше, чем сумма их подач при раздельной работе на данную систему.

3. Насосы должны работать в области наивысших КПД при длительной подаче. Кратковременные расходы могут подаваться с более низким КПД.

4. Целесообразно на насосных станциях устанавливать насосы одного типоразмера, что обеспечивает взаимозаменяемость насосов, значительно упрощает их эксплуатацию и создает удобства для обслуживания. Однако требования экономичности во многих случаях заставляют отказаться от применения однотипных насосов. Низкие КПД насосов обуславливаются не только тем, что режимная точка насоса находится вне зоны оптимальных расходов, но также и несоответствием напоров, развиваемых насосами, требуемым напорам, так как при уменьшении расхода в сети потери напора на трение уменьшаются пропорционально квадрату расхода. Таким образом, для повышения КПД насосной станции насосы

должны подбираться на разные расходы при максимальном КПД с учетом требуемых напоров, что приводит к необходимости установки разнотипных насосов.

5. Подача рабочих насосов должна быть достаточной для обеспечения максимального расхода. Число резервных насосов принимается в соответствии с категорией надежности насосной станции. Однако в любом случае целесообразно принимать не менее двух резервных агрегатов, так как при наличии одного резервного агрегата во время ремонта одного из рабочих насосов станция остается без резерва и при аварии рабочего насоса его нечем будет заменить.

Требования к надежности работы насосной станции устанавливаются в зависимости от назначения водопровода. В соответствии с требуемой степенью надежности бесперебойного водоснабжения водопроводные насосные станции подразделяют на три категории:

I категория – допускает кратковременное (до 3 сут) снижение подачи воды на хозяйственно-питьевые нужды не более 30 % расчетного расхода и на производственные нужды до предела, устанавливаемого аварийным графиком работы предприятий; допускается снижение подачи ниже указанного предела или перерыв на время включения резервных агрегатов, но не более 10 мин;

II категория – допускаемое снижение подачи то же, что и для I категории, но длительность до 15 сут; перерыв в подаче допускается на время проведения ремонта, но не более 6 ч;

III категория – допускаемое снижение подачи и длительности то же, что и для II категории; допускается перерыв в работе на время переключения резервных агрегатов и проведения ремонтных работ, но не более 24 ч.

Насосные станции I подъема можно отнести ко II категории, но число резервных агрегатов следует принимать не менее двух, так как при капитальном ремонте насосного агрегата станция работает без резерва. Насосные станции II подъема противопожарных и объединенных хозяйственно-противопожарных и производственно-противопожарных водопроводов по надежности действия следует относить к

I категории; при наличии емкости с соответствующим противопожарным запасом воды, обеспечивающим необходимый напор II категории.

Число резервных агрегатов принимается в зависимости от категории надежности станции и числа рабочих агрегатов (табл. 3.1). В число рабочих агрегатов включаются и пожарные насосы.

Резервные насосы принимаются с характеристикой, соответствующей наибольшему насосу, установленному на насосной станции, а резервный насос меньшей подачи должен храниться на складе.

На основании изложенных выше соображений рассмотрим принцип выбора рабочих агрегатов на насосных станциях различного назначения.

Таблица 3.1

Число рабочих агрегатов	Число резервных агрегатов на станциях категорий		
	I	II	III
До 6	2	1	1
7–9	2	1	–
10 и более	2	2	–

На насосных станциях I подъема, работающих равномерно, целесообразно устанавливать не менее двух однотипных рабочих насосных агрегатов и один или два резервных. Станции I подъема, как правило, устраивают заглубленными, шахтного типа, в зданиях круглой формы в плане. Круглое здание насосных станций сразу строят с запасом площади для установки более мощных насосов при дальнейшем развитии водоснабжения и соответственно увеличивают размеры фундаментов под насосы.

Поскольку противопожарный запас хранится в резервуарах чистой воды на насосных станциях II подъема, на станциях I подъема можно устанавливать один резервный насос. Однако следует иметь в виду, что стоимость насосного агрегата весьма мала по сравнению со стоимостью всего водопровода и

экономия от сокращения числа резервных насосов нецелесообразна, особенно если принять во внимание важность бесперебойности водоснабжения.

3.4. Основные методы и сооружения улучшения качества воды

Качество воды источника водоснабжения и требования к качеству потребляемой воды являются основополагающими факторами для выбора методов ее обработки, состава очистных сооружений и определения общей технологической схемы водоподготовки.

Требования к качеству питьевой воды, правила контроля качества воды, производимой и подаваемой централизованными системами питьевого водоснабжения, регламентированы санитарными правилами и нормами СанПиН РК 3.02.002.04 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения», СанПиН РК 3.01.067–97 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения и ГОСТ 2874–82 «Вода питьевая» [7, 18]. Выполнение требований санитарных правил гарантирует эпидемическую и радиационную безопасность, безвредность по химическому составу и благоприятные органолептические свойства питьевой воды.

На водопойных пунктах для поения скота допускается использование воды непитьевого качества. Для людей, обслуживающих скот на пастбищах, вода должна отвечать требованиям ГОСТ 2874–82. Норма водопотребления для людей принимается в размере 30–40 л/сут на одного человека. Из этого количества на питье и приготовление пищи воды расходуется примерно 10–15 %, т. е. требуется в день на человека 4–6 л воды питьевого качества [19].

Если учесть, что бригада чабанов состоит из трех человек, то с учетом коэффициента семейности количество потребителей воды питьевого качества составит 10–15 человек, а размер водопотребления около 100 л/сутки.

В зависимости от наличия источников с водой питьевого качества следует решать схему снабжения водой чабанов и членов их семей. В ряде случаев эту воду подвозят на расстояние до 20 км от источников питьевой воды или воды, требующей минимальных затрат на ее очистку. Деминерализация воды, ее очистка и обеззараживание в необходимых случаях проводятся с помощью передвижных установок, обслуживающих группу бригад чабанов.

Все разнообразные задачи, возлагаемые на очистные сооружения, могут быть сведены к следующим основным группам:

1) удаление из воды содержащихся в ней взвешенных веществ (нерастворимых примесей), что обуславливает снижение ее мутности; этот процесс носит название осветления воды;

2) устранение веществ, обуславливающих цветность воды – обесцвечивание воды;

3) уничтожение содержащихся в воде бактерий (в т. ч. болезнетворных) – обеззараживание воды;

4) удаление из воды катионов кальция и магния – умягчение воды; снижение общего солесодержания в воде – обессоливание воды; частичное обессоливание воды до остаточной концентрации солей не более 1000 мг/л носит название опреснения воды.

В некоторых случаях может проводиться удаление отдельных веществ (обезжелезивание, обесфторирование, дегазация и т. п.).

Схему очистки воды, тип сооружений и их компоновку выбирают, исходя из качества воды в источнике и требований потребителей к качеству воды и на основании технико-экономических сравнений возможных вариантов.

Комплекс очистных сооружений должен быть запроектирован на расчетный расход, включающий максимальное суточное водопотребление снабжаемого объекта и водопотребление на собственные нужды станции. Очистные сооружения рассчитывают, как правило, на равномерную подачу воды в течение суток.

На практике принято различать технологические схемы очистки по:

– применению реагентов – безреагентные и реагентные;

- эффекту осветления – для глубокого и неглубокого осветления воды;
- числу технологических процессов – одно-, двух- и многопроцессные;
- числу ступеней технологического процесса – одно-, двух- и многоступенчатые;
- характеру движения обрабатываемой воды - самотечные (безнапорные) и напорные.

Примеры таких технологических схем реагентной очистки воды при ее самотечном движении приведены на рис. 3.7.

Схемы обработки подземных вод для хозяйственно-питьевых водопроводов в ряде случаев более просты, так как включают лишь сооружения для обеззараживания воды. При использовании подземных вод большой жесткости или содержащих железо схемы их обработки включают сооружения для умягчения или обезжелезивания воды.

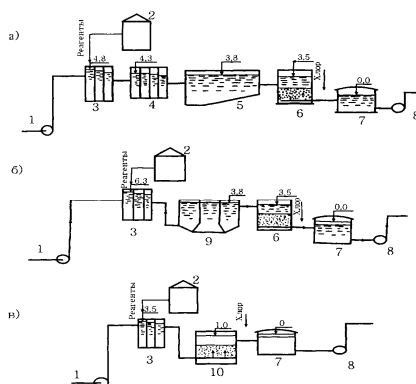


Рис. 3.7. Технологические традиционные высотные схемы водоочистных станций:

- а) с камерой хлопьеобразования, отстойниками и фильтрами ($Co < 2500 \text{ мг/л}$, $Ц < 250 \text{ град}$); б) с осветлителями со взвешенным осадком и фильтрами ($Co < 2500 \text{ мг/л}$, $Ц < 150 \text{ град}$);
- в) с контактными осветлителями ($Сд < 120 \text{ мг/л}$, $Ц < 150 \text{ град}$);
- 1 – насосы I подъема; 2 – реагентное хозяйство; 3 – смеситель;
- 4 – камера хлопьеобразования; 5 – горизонтальный отстойник;
- 6 – скорый фильтр; 7 – РЧВ; 8 – насосы II подъема; 9 – осветлитель со взвешенным осадком; 10 – контактный осветлитель

3.5. Коагулирование примесей воды. Смесители и камеры хлопьеобразования

Одним из наиболее широко применяемых на практике приемов снижения содержания взвеси в воде является седиментация под действием сил тяжести. Однако примеси, обуславливающие мутность и цветность природных вод, отличаются малыми размерами, вследствие чего их осаждение происходит крайне медленно, так как силы диффузии преобладают над силами тяжести. Кроме того, наличие примесей коллоидного характера еще более осложняет процесс седиментации. Для ускорения процессов осаждения, фильтрования, флотации и повышения их эффективности прибегают к коагулированию примесей воды.

Коагуляцией примесей воды называется процесс укрупнения коллоидных и взвешенных частичек дисперсной системы, происходящей в результате их взаимодействия и объединения в агрегаты. Завершается этот процесс отделением агрегатов слипшихся частичек от жидкой фазы.

В водоподготовке применяют следующие коагулянты: сульфат алюминия $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$; оксихлорид алюминия $Al_2(OH)_5Cl \cdot 6H_2O$; алюминат натрия $NaAlO_2$; хлорное железо $FeCl_3 \cdot 6H_2O$; железный купорос $FeSO_4 \cdot 7H_2O$; сульфат железа $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 2H_2O$; хлорированный железный купорос $Fe_2(SO_4)_3 + FeCl_3$ и др [20].

Известны две схемы организации реагентного хозяйства: первая предусматривает получение с заводов-поставщиков готовой продукции, которую затем с помощью специальных дозаторов вводят в обрабатываемую воду; вторая основана на получении с заводов полуфабрикатов, нуждающихся в дальнейшей обработке и доведении до продукта, удобного для дозирования.

Употребляемые при обработке воды реагенты вводятся в виде порошков или гранул (сухое дозирование) либо в виде водных растворов или суспензий (мокрое дозирование). Оба способа дозирования требуют организации на водоочистном комплексе реагентного хозяйства. В первом случае на водоочистном заводе должны быть предусмотрены склад готовой продукции и аппараты-дозаторы. Во втором учитывая, что реагенты поступают в виде полуфабрикатов, необходимо предусмотреть помимо склада аппаратуру для приготовления

растворов (или суспензий) реагентов и дозирования в обрабатываемую воду. При этом возможно складирование реагентов в сухом виде навалом или в специальной таре либо в виде высококонцентрированных растворов в специальных емкостях.

Наиболее широкое распространение в отечественной практике получило дозирование реагентов в виде растворов и суспензий.

Растворы (или суспензии) реагентов готовят в растворных или расходных баках (принимают соответственно не менее двух-трех баков). Для побуждения и интенсификации растворения реагентов предусматривают барботаж механическое перемещение или непрерывную циркуляцию раствора с помощью насоса.

Смесители служат для равномерного распределения растворов реагентов в массе обрабатываемой воды. Смешение реагентов должно быть быстрым и осуществляться в течение 1–2 мин.

На практике применяют следующие типы смесителей: шайбовый, эжекторный; вертикальный (вихревой), дырчатый, перегородчатый, коридорный, с фонтанирующим слоем зернистого материала.

Число смесителей надлежит принимать не менее двух.

Вертикальный смеситель (рис. 3.8) может быть применен на водоочистных станциях средней и большой производительности при условии, что на один смеситель будет приходиться расход воды не свыше 1200–1500 м³/ч. Обрабатываемая вода подводится в нижнюю часть смесителя с входной скоростью $v_{в} = 1,2 - 1,5$ м/с.

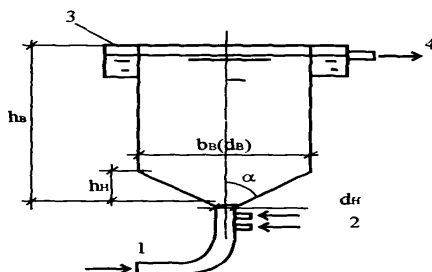


Рис. 3.8. Вертикальный (вихревой смеситель):

1 – подача исходной воды; 2 – подача реагентов; 3 – сборный желоб;
4 – отвод воды, смешанной с реагентами

Камеры хлопьеобразования (КХО) служат для плавного перемешивания смеси обрабатываемой воды с растворами коагулянта и флокулянта и обеспечения более полной агломерации мелких хлопьев коагулянта и взвеси в крупные хлопья. Установка КХО необходима перед горизонтальными и вертикальными отстойниками. Время пребывания воды в перегородчатой КХО следует принимать 20–30 мин., в вихревой КХО 6–12 мин, в КХО водоворотного типа 15–20 мин., (нижний предел – для мутных вод, верхний – для цветных с низкой температурой в зимний период). При схеме с горизонтальными отстойниками следует устраивать КХО: перегородчатые, вихревые, встроенные со слоем взвешенного осадка и механические (лопастные); при схеме с вертикальными отстойниками – водоворотные. Механические КХО следует применять при соответствующем обосновании. Отвод воды из КХО 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.

В перегородчатых КХО (рис. 3.9) устраивают ряд перегородок, заставляющих воду изменять направление своего движения, либо в вертикальной, либо в горизонтальной плоскости, что и обеспечивает необходимое перемешивание воды.

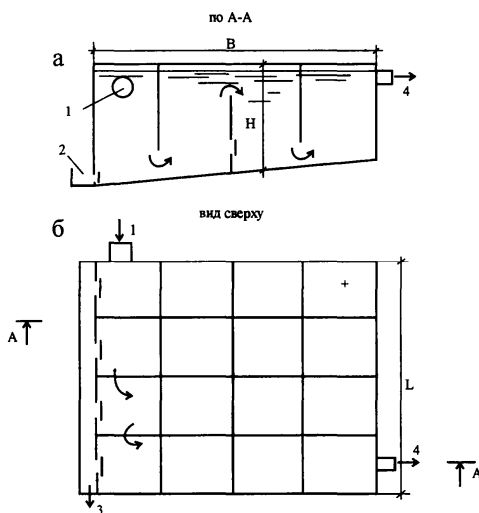


Рис. 3.9. Схема перегородчатой камеры хлопьеобразования с вертикальной циркуляцией воды:

- а* – разрез; *б* – план;
- 1* – подвод воды; *2* – сток;
- 3* – выпуск осадка;
- 4* – отвод воды

3.6. Отстойники и фильтры. Обеззараживание воды

Удаление взвешенных веществ из воды (осветление) осуществляется путем отстаивания ее в отстойниках. По направлению движения воды отстойники бывают горизонтальные, радиальные и вертикальные.

Горизонтальный отстойник (рис. 3.10) представляет собой прямоугольный в плане железобетонный резервуар. В нижней его части имеется объем для накопления осадка, который удаляется по каналу. Для более эффективного удаления осадка дно отстойника выполняют с уклоном. Обработываемая вода поступает через распределительный лоток (или затопленный водослив). Пройдя через отстойник, вода собирается лотком или перфорированной (дырчатой) трубой. В последнее время применяют отстойники с рассредоточенным сбором осветленной воды, устраивая специальные желоба или перфорированные трубы в верхней их части, что позволяет увеличить производительность отстойников. Горизонтальные отстойники применяют на очистных станциях производительностью более 30 000 м³/сут.

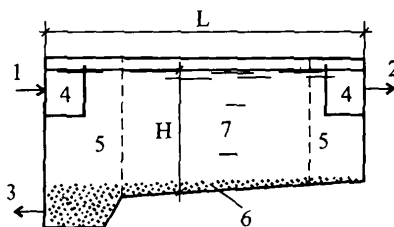


Рис. 3.10. Горизонтальный отстойник:

1 – подача исходной воды; 2 – отвод очищенной воды; 3 – отвод осадка; 4 – распределительные карманы; 5 – распределительные решетки; 6 – зона накопления осадка; 7 – зона отстаивания

Разновидностью горизонтальных отстойников являются радиальные отстойники, имеющие механизм для сгребания осадка в приямок, располагаемый в центре сооружения. Из приямка осадок откачивается насосами. Конструкция радиальных отстойников

сложнее, чем горизонтальных. Применяют их для осветления вод с большим содержанием взвешенных веществ (более 2 г/л).

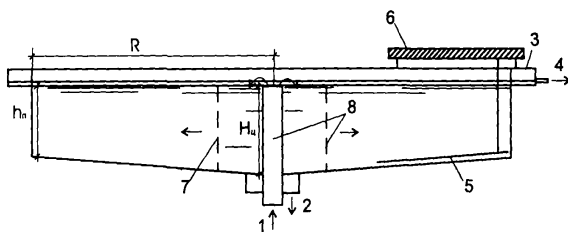


Рис. 3.11. Радиальный отстойник:

1 – центральная подающая труба; 2 – приямок для сбора и удаления осадка; 3 – сборный желоб для сбора осветленной воды; 4 – отвод осветленной воды; 5 – скребок; 6 – ферма; 7 – решетки центрального распределительного устройства

Вертикальные отстойники круглой или квадратной формы в плане имеют коническое или пирамидальное днище для накопления осадка (рис. 3.12). Эти отстойники применяют при условии предварительного коагулирования воды. Камера хлопьеобразования, в основном водоворотная, располагается в центре сооружения. Осветление воды происходит при восходящем ее движении. Осветленная вода собирается кольцевыми и радиальными лотками. Осадок из вертикальных отстойников выпускают под гидростатическим напором воды без выключения сооружения из работы. Вертикальные отстойники применяют в основном при расходах до 3000 м³/сут.

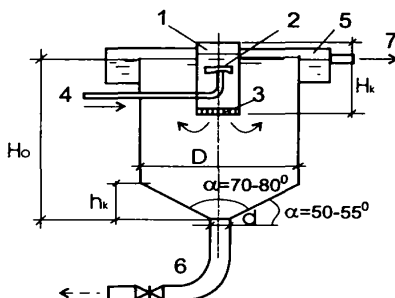


Рис. 3.12. Вертикальный отстойник:

1 – камера хлопьеобразования вертикального типа; 2 – сегнерово колесо с насадками; 3 – гаситель; 4 – подача исходной воды; 5 – сборный желоб; 6 – труба для отвода осадка; 7 – отвод осветленной воды

Для глубокого осветления воды применяют фильтры, которые способны улавливать из нее практически все взвеси. Существуют также фильтры и для частичной очистки воды.

Для очистки воды в сельскохозяйственном водоснабжении наиболее широко применяются зернистые фильтры. По скорости фильтрования их разделяют на медленные (скорость фильтрования 0,1–0,2 м/ч), полускорые (2–5,0 м/ч), скорые (5,0–15 м/ч) и сверхскорые (> 15–25 м/ч).

Основным техническим процессом глубокого безреагентного осветления природных поверхностных вод является их медленное фильтрование через мелкозернистый песок.

При таком режиме работы сооружения практически все взвешенные коллоидные частицы примесей и даже бактерии задерживаются в 2–3-сантиметровом поверхностном слое, преобразующемся со временем в биологически активную фильтрующую среду. С продолжительностью фильтрования в этой среде развиваются биологические и химические процессы, благодаря которым эффект очистки постепенно повышается.

На рис. 3.13 представлены план и поперечный разрез станции с обычными медленными фильтрами. Вода, подлежащая очистке, поступает от насосов I подъема или самотеком (в зависимости от высотной взаимосвязки сооружений) по трубопроводам на каждую из четырех секций, представляющих собой бетонные или железобетонные резервуары глубиной до 3–4 м, круглые или прямоугольные в плане. На дне резервуаров смонтирован дренаж малого сопротивления из дырчатых труб или коробов, поверх которых насыпают поддерживающий слой гравия или щебня толщиной 0,35 м с диаметром зерен от 2 до 32 мм. Выше поддерживающего слоя размещают загрузку из песка с диаметром зерен 0,3–2,0 мм на высоту до 1,2 м.

Опыт последних лет показывает, что в настоящее время и в ближайшем будущем производительность станции водоочистки для небольших населенных сельских пунктов и предприятий агропромышленного комплекса в большинстве случаев не превышает 250–500 м³/сут. В таких условиях конструкции очистных сооружений должны соответствовать требованиям индустриального метода их изготовления, монтажа и эксплуатации.

Начиная с 1965 г. рядом научно-исследовательских и учебных заведений СНГ, был разработан, изучен и внедрен в производство технологический процесс осветления воды, основанный на скором безреагентном фильтровании природных вод через мелкозернистую и неоднородную загрузку с предварительной очисткой (или без нее) на гидроциклонах, акустических и крупнозернистых кварцевых фильтрах.

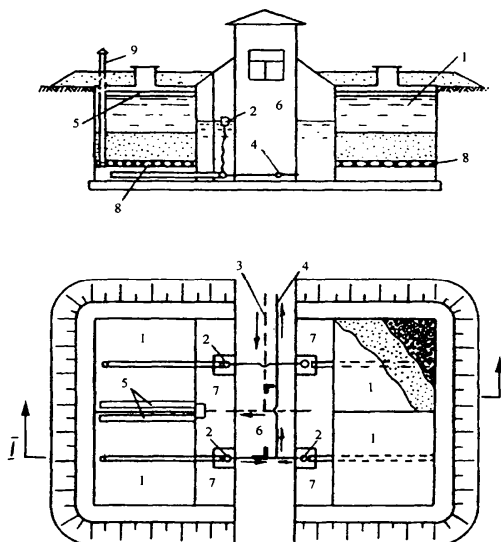


Рис. 3.12. Станция с медленными песчаными фильтрами:
 1 – фильтры; 2 – регуляторы скорости фильтрования; 3 – подача исходной воды; 4 – отвод фильтрата; 5 – желоба; 6 – камера управления; 7 – резервуар чистой воды; 8 – дренаж;
 9 – вентиляционный стояк

Как показывают результаты исследований этого процесса, в зависимости от качества исходной воды может быть обеспечено требование ГОСТ 2874–82. Вода питьевая по мутности при крупности загрузки 0,25–0,60 мм, фильтрующего слоя 0,7–2,0 м и скоростях фильтрования 0,5–3,0 м/ч.

Такие фильтры могут работать как по одноступенчатой, так и по многоступенчатой схеме.

На рис. 3.13 приведена схема самопромывающегося фильтра простейшей конструкции для безреагентного осветления воды, разработанного Н. В. Николаевым.

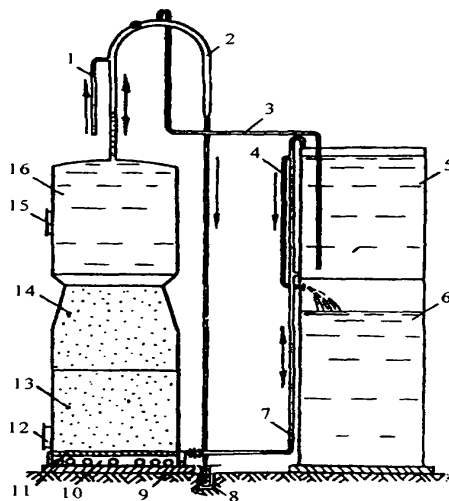


Рис. 3.13. Установка для безреагентной очистки воды на самопромывающемся двухслойном фильтре конструкции Н. В. Николаева:

*1–3, 8, 9 – подача исходной воды и зарядное устройство;
4–7 – резервуары промывной отфильтрованной воды и трубопроводы их обвязки; 10–12, 15–16 – элементы фильтра; 13 – кварцевый песок;
14 – керамзит*

Это цилиндрической формы фильтры с диаметром до 1,0–3,0 м и высотой до 4,0 м, с совмещенными или вынесенными отдельно резервуарами чистой воды. Они могут быть открытыми и напорными. Открытые фильтры имеют распределительную систему малого сопротивления и оборудованы напорно-всасывающей системой сбора и отвода промывной воды. Напорные фильтры, круглые в плане, имеют распределительную систему малого сопротивления и оборудованы напорно-всасывающей и сифонно-всасывающей системами сбора и отвода промывной воды. Фильтры такого

типа рекомендуются для осветления воды с мутностью до 70 мг/л и цветностью до 40 град платино-кобальтовой шкалы.

Скорый безнапорный фильтр (рис. 3.14) представляет собой прямоугольный железобетонный резервуар, который загружен кварцевым песком, уложенным на гравийный поддерживающий слой. Осветляемая вода по трубопроводу подается на фильтр, проходит через фильтрующую загрузку, в которой задерживаются взвешенные частицы, и собирается дренажной системой. Дренаж выполняется из перфорированных труб. Из дренажа по трубопроводу осветленная вода отводится в резервуар чистой воды.

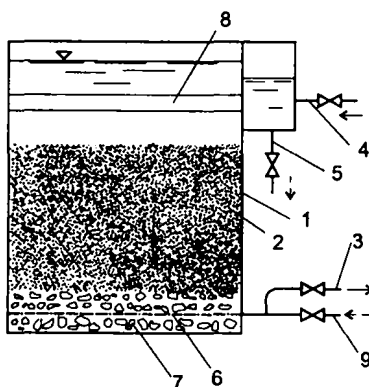


Рис. 3.14. Схема скорого фильтра:

1 — корпус; 2 — фильтрующая загрузка; 3 — отвод фильтрата;
4 — подача исходной воды; 5 — отвод промывной воды; 6 — нижняя
дренажная система (НДС); 7 — поддерживающий слой; 8 — желоб для
сбора промывной воды; 9 — подача воды на промывку

В зависимости от количества воды, поступающей на фильтр, и содержания в ней взвешенных веществ периодически осуществляют промывку фильтра (через 12–72 ч). Промывка скорых фильтров производится обратным током воды. Промывная вода по трубе подается в дренаж, который равномерно распределяет воду по площади фильтра. При движении воды снизу вверх через загрузку фильтрующий слой

расширяется, увеличиваясь в объеме, и перемешивается, в результате чего происходит отмывка зерен загрузки от загрязнений. Промывная вода собирается желобами и отводится в карман.

Сверхскорые фильтры широко используются в промышленном водоснабжении для осветления воды после обработки ее коагулянтами без предварительного отстаивания, а также при безреагентном осветлении воды с содержанием взвешенных веществ до 50 мг/л.

Отстаивание и фильтрование воды значительно уменьшают количество содержащихся в ней микроорганизмов, но не дают все же гарантии окончательного их удаления. Даже в хорошо эксплуатируемых очистных сооружениях через фильтры проходит часть бактерий, содержащихся в воде источников. Для окончательного удаления микроорганизмов применяют обеззараживание (дезинфекцию) воды [21].

Обеззараживанию, как правило, подвергается вода, уже прошедшая остальные стадии очистки — коагулирование, отстаивание, фильтрование, так как в осветленной воде отсутствуют частицы взвешенных веществ, в которых могут находиться бактерии, оставаясь таким образом защищенными от действия дезинфицирующих средств. В некоторых случаях дезинфекция применяется как единственная самостоятельная мера очистки воды (например, при использовании подземных вод, ненадежных с санитарной точки зрения).

Известно много методов обеззараживания воды, которые можно классифицировать на четыре основные группы:

1. Термический;
2. При помощи сильных окислителей;
3. Олигодинамия (воздействие ионов благородных металлов);
4. Физический (с помощью ультразвука, радиоактивного излучения, ультрафиолетовых лучей).

Из перечисленных методов для обеззараживания воды широко применяются методы второй группы и обеззараживания ультрафиолетовых лучей то есть бактерицидного облучения.

В качестве окислителей используются хлор, диоксид хлора, гипохлорит натрия и кальция, озон, иод и др. В свою

очередь из перечисленных окислителей на практике отдают предпочтение хлору, озону и гипохлориту натрия.

Хлорирование поверхностной воды осуществляют в традиционной реагентной двухступенной схеме водоподготовки на начальном этапе очистки в смесителях (первичное хлорирование) и в резервуарах чистой воды (вторичное хлорирование).

Ориентировочно принимают дозы хлора при первичном хлорировании до 3–5 мг/л и после фильтрования – 0,75–2,0 мг/л при заданной продолжительности контакта. Надлежащий эффект обеззараживания (99 %) обеспечивают остаточной дозой свободного активного хлора в форме HOCl при величине $\text{pH} < 6,0$ и гипохлорит-иона OCI^- – при $\text{pH} = 7–9$ в количестве 0,3–0,5 мг/л.

В последнее время для сельскохозяйственного водоснабжения в Казахстане широкое применение получил хлор-сатуратор ХС–10–100 (рис. 3.15), разработанный профессорами М. М. Мырзахметовым и Е. Б. Жумартовым. Хлораторная установка представляет собой перевернутую коническую напорную емкость, в которую загружается реагент (гипохлориты и другие хлорсодержащие реагенты). Установка работает только за счет энергии потока воды без использования механической или электрической энергии, и ее можно устанавливать в любом водопроводном колодце $d = 1,5$ м.

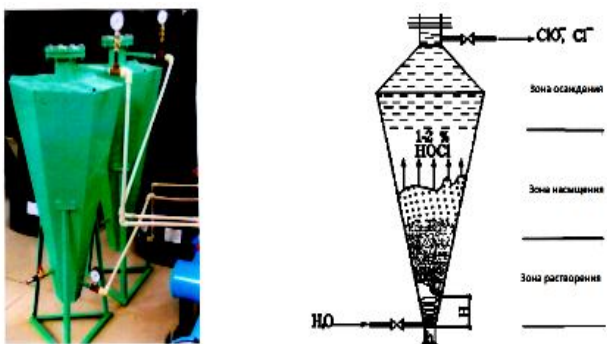


Рис. 3.15. Хлор-сатуратор ХС–10–100

Современные традиционные альтернативные методы обеззараживания – УФ-излучение и озонирование – отличаются более высокой эффективностью по инаktivации спорообразующих бактерий и энтеровирусов, а также отсутствием побочных хлорорганических продуктов, но не имеют консервирующего эффекта хлора.

К новым методам обеззараживания относятся ультра- и нанофильтрация через поливолоконистые мембраны, низко- и высоковольтные разряды токов высокой частоты, облучение ускоренными элеюронами, гамма-облучение, лучи лазера и др. Но они пока не нашли широкого применения на сельскохозяйственных водопроводах.

В схемах очистки загрязненных поверхностных и подземных вод в странах Европы, США, России, а также в Казахстане находят сочетание методов озонирования, УФ-облучения с исключением первичного хлорирования и использованием консервирующего эффекта обеззараживания хлором с уменьшенной дозой для очищенной воды.

Рациональный выбор метода обеззараживания питьевой воды должен проводиться с учетом качества воды в источнике водоснабжения, схемы и производительности станции водоподготовки, состояния водоводов и распределительной сети.

ГЛАВА 4. ВОДОПРОВОДНАЯ СЕТЬ И РЕГУЛИРУЮЩИЕ ЕМКОСТИ

4.1. Общая характеристика водоводов и водопроводных сетей

Водопроводная сеть является одним из элементов системы водоснабжения. Работа водопроводной сети неразрывно связана с водоводами, насосными станциями и регулируемыми емкостями. Сеть предназначена не только для транспортирования, но и для распределения воды между потребителями. Она должна обеспечивать подачу заданных количеств воды требуемого качества к местам ее потребления под необходимым напором, надежную работу системы водоснабжения при наименьших затратах на строительство и эксплуатацию как собственно сети, так и насосных станций и напорно-регулирующих емкостей. Соблюдение указанных требований достигается правильным выбором конфигурации сети и материала труб, определением диаметров труб с учетом технико-экономических соображений.

Трассировка водопроводной сети заключается в придании ей определённого геометрического начертания. Она зависит от: конфигурации населённого пункта, расположения улиц, кварталов, общественных и производственных зданий, расположения источника водоснабжения и многих других факторов [22].

Водоводы, как правило, должны прокладываться вблизи дорог с учетом границ землепользования и севооборотов. В случае, когда это приводит к значительному удлинению трассы, необходимо на основе технико-экономических расчетов обосновать ее начертание с учетом дополнительных расходов на временное использование в период строительства посевных площадей и поправу посевов в случае ликвидации аварий.

Водоводы в пределах трассы целесообразно прокладывать на относительно возвышенных отметках местности с минимальным числом искусственных сооружений, в местах, доступных для эксплуатации и проведения ремонтных работ. Они могут прокладываться в одну, две и более ниток с устройством переключений между ними и емкостей, что зависит

от требований к уровню обеспечения водой потребителей. Водоводы по способу транспортирования воды могут быть как напорными, так и безнапорными.

Схема водопровода (рис. 4.1) зависит от планировки объекта водоснабжения. По начертанию в плане водопроводные сети бывают разветвленные (или тупиковые), кольцевые и комбинированные (или смешанные).

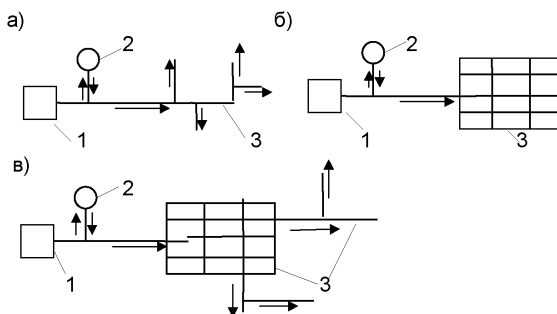


Рис. 4.1. Схемы начертания распределительной сети:

а) тупиковая; б) кольцевая; в) комбинированная.

1 – насосная станция; 2 – водонапорная башня; 3 – сеть

Разветвленная сеть обычно дешевле, чем кольцевая, но она менее надежна в отношении снабжения водой потребителей. В таких сетях чаще замерзает вода, сильнее проявляется разрушающее действие гидравлических ударов. Кольцевые сети обеспечивают бесперебойную подачу воды потребителям, меньше подвержены авариям, так как в них не возникает сильных гидравлических ударов. Вода в сети не замерзает, так как даже при небольшом водоразборе она циркулирует по всем линиям, неся с собой тепло. Кольцевые сети обычно несколько длиннее тупиковых, но устроены из труб меньшего диаметра (на начальных участках). Кольцевые сети полностью отвечают требованиям противопожарного водоснабжения.

Разветвленные сети допускается проектировать в небольших поселках при диаметре труб не более 100 мм, если в случае аварии можно допустить перерыв в водоснабжении, и при устройстве специальных противопожарных и аварийных

(запасных) емкостей. Длина тупиков в водопроводных сетях в соответствии со СНиП не должна превышать 200 м. Если это условие не соблюдается, то в конце тупика необходимо устанавливать регулируемую (напор и расход) емкость.

Требования, предъявляемые к водопроводным сетям:

- обеспечивать потребителей расчетным количеством воды;
- создавать в распределительных сетях требуемые напоры; сохранять качество воды в процессе ее транспортирования;
- обеспечивать надежность и бесперебойность водоснабжения.

При трассировке сети необходимо руководствоваться следующими рекомендациями:

- главные магистральные линии необходимо направлять по кратчайшему расстоянию к наиболее крупным водопотребителям, а также к водонапорной башне или от нее;

- с целью обеспечения надежности водоснабжения основных магистралей должно быть не менее двух, соединенных перемычками, позволяющими в случае аварии выключать на ремонт какой-либо участок;

- водопроводные линии должны быть расположены равномерно по всей территории объекта водоснабжения;

- для обеспечения достаточных напоров в распределительной сети магистральные линии следует прокладывать, по возможности, на наиболее возвышенных отметках местности;

- водопроводные линии следует располагать по проездам или обочинам дорог, параллельно линиям застройки и, по возможности, вне асфальтовых или бетонных покрытий, чтобы они были доступными для эксплуатации и проведения ремонтных работ;

- трассы трубопроводов, как правило, следует проектировать подземными вблизи автодорог и проездов (при теплотехническом и технико-экономическом обосновании допускается наземная и надземная прокладка в туннелях, обычно параллельно с другими коммуникациями);

- автомобильные или железные дороги трубопроводы должны пересекать под прямым углом;

- на территории объекта водоснабжения следует учитывать наличие подземных коммуникаций, отдельные элементы

которых должны быть расположены от наружной поверхности водопроводных труб, укладываемых в траншеях, на определенных расстояниях (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Минимальные расстояния (м) от водопровода до других коммуникаций и сооружений

Наименование	Расстояние, м
Обрез фундаментов зданий	5
Крайний рельс трамвайных путей	2
Газопровод	1–2
Столбы наружного освещения и ограды	1,5
Стволы деревьев	2
Бордюрные камни автодорог	2
Кабели связи	0,5
Электрокабели напряжением до 35 кВ	1
Канализационные линии при диаметре водопроводных труб, мм до 200 более 200	не менее 1,5 не менее 3

Расстояние в свету между водопроводными линиями при их пересечении между собой, а также с другими трубопроводами должно быть не менее 0,2 м.

Схема питания водопроводной сети определяется количеством и местоположением насосных станций и напорно-регулирующих сооружений.

По характеру взаимного расположения насосной станции, водонапорной башни и сети различают схемы с односторонним (сеть с проходной башней), двусторонним (сеть с контррезервуаром) и комбинированным питанием сети (рис. 4.2). Кроме трех основных схем питания водопроводной сети возможны и другие более сложные схемы, особенно для крупных населенных пунктов. В частности, водопроводная сеть может питаться от нескольких насосных станций, подающих воду в различные ее точки; на сети может быть рассредоточено несколько напорно-регулирующих сооружений; сеть может быть безбашенной или

вместо башни могут применяться другие напорно-регулирующие сооружения.

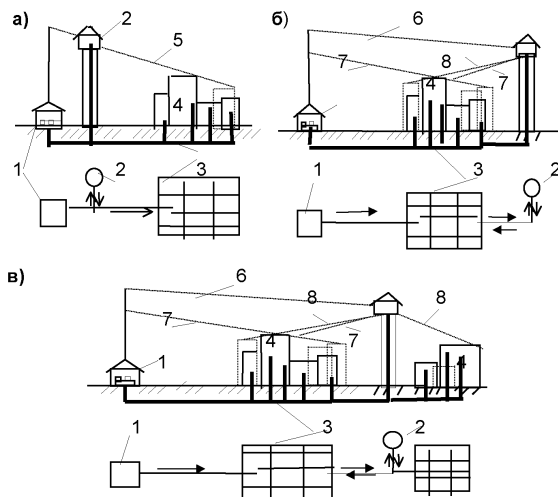


Рис. 4.2. Схемы питания разводящих сетей:

- а* – односторонняя через башню; *б* – сеть с контррезервуаром;
в – комбинированная; 1 – насосная станция НС-II; 2 – водонапорная башня; 3 – разводящая сеть труб; 4 – объект водоснабжения;
 5 – линия пьезометрического напора в сети; 6 – то же при транзите воды в башню; 7 – то же при питании сети от НС-М и от башни;
 8 – то же при питании только от башни

При односторонней схеме питания (рис. 4.2, *а*) насосная станция подает воду в башню, откуда вода поступает в сеть. В часы, когда насосы подают больше общего водоотбора из сети, вода аккумулируется в башне. Если же отбор воды из сети превышает подачу насосами, то недостающее количество ее поступает из башни.

При двусторонней схеме питания (рис. 4.2, *б*) в часы максимального водоотбора вода в сеть поступает с двух сторон: от насосной станции и от башни. В часы, когда подача насосов превышает водоотбор, излишек воды проходит транзитом через сеть в башню. Для малых объектов водоснабжения в часы, когда

насосная станция не работает, вода поступает в сеть только из башни.

При комбинированном питании (рис. 4.2, в) часть сети питается по схеме с контррезервуаром, а часть – по схеме с проходной башней.

4.2. Теоретические основы и методы расчета водопроводных сетей

Водопроводные сети обычно проектируются на следующие расчетные случаи:

- максимальное хозяйственно-производственное водопотребление из сети;
- тушение расчетного количества пожаров при максимальном хозяйственно-производственном потреблении воды;
- максимальный транзит воды в башню, который происходит в час минимального водопотребления из сети в период работы насосной станции;
- питание сети только из водонапорной башни в часы, когда насосная станция не работает.

На первые два случая рассчитывается сеть с проходной башней, на первый и третий – сеть с контррезервуаром и комбинированным питанием.

Кроме того, СНиП РК 4.01.02–2001 рекомендует расчеты сети на дополнительные режимы:

- средний часовой расход воды в сутки среднего водопотребления;
- минимальный часовой расход воды в сутки минимального водопотребления;
- подача воды при аварийных выключениях участков сети.

При этих режимах проверяется возможность и целесообразность работы подобранных насосов совместно с сетью и резервуарами и выбирается наиболее выгодный, а для аварийного режима – возможность обеспечения подачи потребителям расхода воды под необходимым напором в случае возникновения аварии на каком-либо участке сети.

Воду из магистральной водопроводной сети потребляют в местах подключения распределительных линий, домовых ответвлений и крупных потребителей, а также в точках установки пожарных гидрантов и водоразборных колонок.

После трассировки магистральную водопроводную сеть разбивают на расчетные участки. Начало и конец каждого участка нумеруют (номер узлов). Узлы сети намечают в точках подключения водоводов от насосной станции и от водонапорной башни, а также в местах отбора воды крупными водопотребителями и местах устройства пересечений и ответвлений магистральных линий.

Точку отбора воды из сети или место ответвления потоков называют гидравлическим узлом. Отбор воды из таких точек в течение суток изменяется в значительных пределах, поэтому установить фактическую картину водоотбора из сети очень трудно. На практике принимают условную схему водоотбора, предполагающую равномерную отдачу воды магистральной водопроводной сетью. Если имеет место путевой отбор воды вдоль участков, его условно заменяют эквивалентным узловым.

Гидравлический расчёт тупиковой сети несколько проще, чем расчёт кольцевой сети. После проведённой трассировки разводящей сети необходимо определить расчётные расходы на всех её участках. Расчётным расходом называют расход, по которому рассчитывается диаметр трубопровода.

Максимальные секундные расходы промышленных предприятий, животноводческих комплексов и других крупных водопотребителей объекта водоснабжения будут являться расчётными расходами на участках, подводящих к ним воду, при условии, что эти трубопроводы не служат для путевой раздачи воды, а являются транзитными трубопроводами.

Для определения расходов, проходящих по всем остальным участкам разводящей сети, условно считают, что хозяйственный расход равномерно распределяется по длине хозяйственных участков сети. Под хозяйственным расходом понимается расход воды, поступающий на чисто хозяйственные нужды (для питья, приготовления пищи, стирки, умывания и других санитарно-

гигиенических и бытовых нужд, а также для удовлетворения нужд скота, находящегося в личном пользовании).

Расход, приходящийся на единицу длины сети, называется удельным расходом. В сумму равномерно распределенных расходов не включаются крупные сосредоточенные расходы, к которым относятся расходы воды отдельных крупных предприятий и противопожарные расходы [23].

Удельный расход $q_{уд}$ определяют по формуле

$$q_{уд} = (Q - Q_{собр}) / \sum L,$$

где Q – общий расход воды сетью, л/с, $Q_{собр}$ – сосредоточенные расходы на производственные нужды крупных предприятий, противопожарные расходы, л/с, $\sum L$ – суммарная длина линий, разводящих воду, м.

Расход воды каждым участком называется путевым расходом. Он равен

$$Q_{п} = q_{уд} \cdot L.$$

Каждый участок сети, кроме путевого расхода $Q_{п}$, пропускает транзитный расход $Q_{тр}$, необходимый для питания последующих участков.

Расчетный расход $Q_{р}$ участка, имеющего путевой расход $Q_{п}$ и транзитный $Q_{тр}$, может быть вычислен по формуле

$$Q_{р} = Q_{тр} + \alpha Q_{п},$$

где α – коэффициент, зависящий от соотношения транзитного и путевого расходов участка и изменяющийся от 0,5 до 0,58.

Как правило, коэффициент α принимается равным 0,5.

Тогда

$$Q_{р} = Q_{тр} + 0,5 Q_{п}.$$

Диаметр d каждого участка водопроводной сети определяют исходя из расчётного расхода этого участка. Из курса гидравлики известна одна из основных формул гидродинамики, связывающая площадь живого сечения потока жидкости, среднюю скорость потока жидкости и расход. Эта формула имеет вид

$$Q = W \cdot V,$$

где Q – расход потока жидкости; V – средняя скорость потока;

W – площадь живого сечения потока.

Для трубопровода, работающего полным живым сечением и пропускающего через себя расчётный расход $q_{\text{расч.}}$ эту формулу можно записать в следующем виде:

$$q_{\text{расч.}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot V,$$

откуда диаметр будет равен

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{\text{расч.}}}{\pi \cdot V}},$$

где d_p – диаметр, полученный по расчёту, м;

$q_{\text{расч.}}$ – расчётный расход на участке, м³/с;

V – скорость воды в трубопроводе, м/с.

Как видно из анализа полученной зависимости при заданном расчётном расходе, величина диаметра может оказаться различной в зависимости от того, какая будет принята скорость движения воды в трубопроводе.

Выбор величины этой скорости зависит от экономических факторов, в основном от стоимости труб и их укладки, а также от стоимости энергии, затрачиваемой на подъём и транспортирование воды.

Следовательно, при определении диаметров труб водопроводной сети следует принимать такие скорости, которые при данных местных условиях обеспечивали бы наиболее выгодное в технико-экономическом отношении решение, охватывающее весь комплекс водопроводных сооружений. Такие скорости принято называть оптимальными [24].

На основании вышеизложенного по данным проф. Андрияшева М. М. для участков разводящей сети можно рекомендовать следующие оптимальные скорости:

Диаметр трубы, Мм	До 400	400–600	700 и более
Оптимальная скорость, м/с	0,6–1,1	1–1,3	1–2

Сопротивления, которые возникают при движении жидкости в трубопроводах, называют **гидравлическими сопротивлениями**. Они могут быть подразделены на два вида:

- сопротивления по длине потока;
- местные сопротивления.

На преодоление этих сопротивлений затрачивается определённая часть энергии, которую принято называть потерями напора.

В соответствии с классификацией гидравлических сопротивлений и потери напора подразделяются на:

- потери напора по длине потока;
- местные потери напора.

Потери напора по длине можно определить по формуле Дарси-Вейсбаха или как её ещё называют первой водопроводной формуле

$$h_\ell = \lambda \cdot \frac{\ell}{d} \cdot \frac{V^2}{2g},$$

где h_ℓ – потери напора по длине, м;

λ – коэффициент трения;

ℓ – длина расчётного участка трубопровода, м;

d – диаметр участка трубопровода, м;

V – скорость движения воды на расчётном участке, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Однако при расчёте трубопроводов гораздо удобнее пользоваться для расчёта потерь напора по длине второй водопроводной формулой, которая после некоторых преобразований вытекает из первой водопроводной формулы. Вторая водопроводная формула имеет вид

$$h_\ell = A \cdot q_{\text{расч}}^2 \cdot \ell \cdot K,$$

где A – удельное сопротивление трубопровода, с/л²;

K – скоростной коэффициент, который определяется в зависимости от действительной скорости воды в трубопроводе.

Потери напора местного характера определяются по формуле

$$h_m = \xi \cdot \frac{V^2}{2g},$$

где h_m – местные потери напора, м;

ξ – коэффициент местного сопротивления;

V – скорость воды за местным сопротивлением, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Однако ввиду многочисленности и многообразия видов местных сопротивлений в системе водопроводных сооружений потребовалась бы длительная работа по определению потерь напора в них. Поэтому, как показали исследования, величину потерь напора в местных сопротивлениях разводящей сети можно учитывать в процентах от потерь напора по длине. При расчёте наружных разводящих сетей следует принимать величину местных потерь как 10 % от потерь напора по длине. Тогда, вводя коэффициент b , равный 1,1, можно с помощью второй водопроводной формулы определить общие потери напора на участке трубопровода. Формула будет иметь вид

$$h_{\text{общ}} = A \cdot q_{\text{расч}}^2 \cdot l \cdot K \cdot b,$$

где b – коэффициент, учитывающий потери напора в местных сопротивлениях.

Определяя потери напора, необходимо стремиться, чтобы на каждом участке их величина не превышала 5 м. В противном случае следует увеличить диаметр трубопровода.

Кольцевую сеть применяют в населённых пунктах близких по очертанию к квадрату или прямоугольнику. В этих сетях трубопроводы образуют один или несколько замкнутых контуров – колец. Благодаря кольцеванию каждый участок получает питание от двух или нескольких линий, что значительно повышает надёжность работы сети и создаёт ряд других преимуществ. Кольцевые сети обеспечивают бесперебойную подачу воды даже при авариях на отдельных участках: при выключении аварийного участка подача воды к другим линиям сети не прекращается. Они полностью отвечают требованиям противопожарного водоснабжения.

Задачей увязки кольцевой сети является нахождение действительного распределения воды по участкам при принятых наиболее выгодных диаметрах и расчетных режимах работы сети. Расчет кольцевых водопроводных сетей для всех колец и узлов сети должен удовлетворять следующим условиям: в

каждом узле должен соблюдаться баланс расходов (первый закон Кирхгофа); в каждом кольце и по внешнему контуру сети суммарные потери напора должны быть равны нулю (второй закон Кирхгофа):

$$\sum Q = 0;$$

$$\sum h = 0.$$

Рассмотрим, как движется вода в кольцевой сети. Для примера возьмем однокольцевую сеть с питанием в точке 1 (рис. 4.3). Предположим, что узловые отборы воды известны. Для того, чтобы определить расчетные расходы, необходимо знать направление движения воды по отдельным участкам.

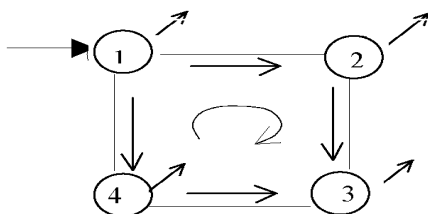


Рис. 4.3

Предположим, что поток в точке 1 разделяется на два направления, и в какой-то точке 3 эти потоки сходятся.

Следовательно, сумма потерь напора от точки 1 до точки 3 по правой ветви должна равняться сумме потерь напора между этими точками по левой ветви:

$$h_{1-2} + h_{2-3} = h_{1-4} + h_{4-3}.$$

Следовательно, можно сделать вывод о том, что алгебраическая сумма потерь напора по всей длине кольца равна нулю:

$$h_{1-2} + h_{2-3} - h_{1-4} - h_{4-3} = 0,$$

$$\sum h = 0.$$

Существует множество методов гидравлического расчета кольцевых сетей. Рассмотрим самые распространенные:

1. Метод итерации: Этот метод предложен профессором В. Г. Лобачевым и одновременно Х. Кроссом. Увязка сети по этому методу при автоматическом соблюдении первого закона Кирхгофа достигается последовательным введением поправок к расходам на участках кольца, выраженным через контурный расход Δq в кольце, до тех пор, пока не будет выполняться и второй закон Кирхгофа.

2. Метод М. М. Андрияшева: По методу инженера М. М. Андрияшева все подготовительные операции (определение точки схода, ориентировочных расходов, диаметров труб и потерь напора на участках) выполняются точно так же, как и при методе итерации. Этот метод отличается порядком записи результатов. Запись результатов ведется не в табличной форме, а непосредственно на расчетной схеме. Кроме того, по методу М. М. Андрияшева увязку сети ведут не по отдельным кольцам, а по увязываемым контурам, охватывающим целые группы колец, имеющих одинаковый знак невязки.

Расчет многокольцевых сетей (больше трех колец) в настоящее время производят с помощью ЭВМ. Эти программы позволяют произвести увязку многокольцевой разветвленной водопроводной сети с несколькими точками ввода, рассчитать ответвления (тупики) и построить пьезометрические графики на все расчетные режимы работы водопроводной сети.

4.3. Устройство водопроводных сетей и водоводов

Линии водопроводных сетей монтируют из труб, т. е. элементов, изготавливаемых заводским способом. На месте строительства производятся лишь соединения труб и их укладка.

Водоводы и водопроводные сети чаще всего прокладывают из чугунных, стальных, железобетонных, асбестоцементных и пластмассовых труб.

Выбор рационального типа труб и правильное размещение арматуры и фасонных частей — одна из важнейших задач проектирования трубопровода. При выборе типа труб необходимо учитывать их надежность, стоимость, гидравлические свойства, условия укладки, наличие их для строительства [25].

Чугунные трубы выпускают двух типов:

- ГОСТ 9583–75 диаметром 65–1000 мм с раструбным стыковым соединением, которое уплотняют пеньковой прядью и заделывают асбестоцементным раствором;

- ГОСТ 21053–75 диаметром 65–300 мм с раструбным стыковым соединением на резиновых уплотнителях.

Длина выпускаемых труб колеблется в пределах от 2 до 6 м.

Чугунные трубы соединяют между собой раструбными стыками. Гладкий конец трубы вставляется в раструб и центрируется, при этом между ним и опорным уступом раструба должен оставаться зазор около 5 мм. Щель уплотняется просмоленной пеньковой прядью, которую набивают с помощью конопатки. Более широкая канавка раструба заделывается замком из асбестоцемента, свинца или алюминия.

Для чугунных труб диаметром от 65 до 300 мм возможно использовать раструбные соединения с резиновой самоуплотняющейся манжетой; резиновым уплотняющимся кольцом. Раструбное соединение дешевле фланцевого, обеспечивает подвижность отдельных участков трубопровода (для больших диаметров – до 1, для малых диаметров – до 3), обладает большей химической стойкостью. Поэтому трубы, прокладываемые в грунте, как правило, соединяют раструбами.

Фасонные части для чугунных труб изготавливаются в соответствии с ГОСТ 5525–88. Чугунные трубы рассчитаны на рабочее давление 1,6 МПа.

К недостаткам чугунных труб можно отнести относительно плохое сопротивление динамическим нагрузкам и при аварии целостности трубы могут выпадать куски ее стенок, что вызывает весьма значительные потери воды, особенно на линиях большого диаметра.

Стальные трубы (ГОСТ 10704–76, ГОСТ 8696–74) допускается применять только при специальном обосновании, в случаях, предусмотренных СНиП. Стальные трубопроводы обладают высокой прочностью, могут выдерживать большие давления, хорошо сопротивляются воздействию динамических нагрузок. Поэтому их применяют для прокладки водоводов с высоким напором воды в сейсмических районах, в просадочных

грунтах, используют для устройства внутренних водопроводов в зданиях, а также на ответственных участках: под дорогами, по мостам, на акведуках, в дюкерах, в насосных станциях и т.д.

Внутренние диаметры стальных труб – от 5 до 1400 мм. Длина может быть любая, но не более 15 м. Соединения стальных труб могут быть: муфтовые, раструбные, фланцевые и сварные. Муфтами соединяют трубы диаметром до 150 мм, которые, как правило, используют для устройства внутренних водопроводов. Раструбные соединения по ГОСТ не предусмотрены и применяются крайне редко. Фланцевые соединения по ГОСТ также не предусмотрены и применяются при необходимости установки на стальном трубопроводе фланцевых чугунных фасонных частей и арматуры. Фланцы приваривают к трубе или делают подвижными.

Наиболее широко применяют сварные соединения стальных труб. В зависимости от диаметра стальных труб выбирают различные фасонные части. Для водогазопроводных труб домовых вводов применяют специальные фасонные части из мягкой стали и из ковкого чугуна.

Для труб диаметром от 100 до 600 мм используют чугунные фасонные части, изготавливаемые для чугунных труб по ГОСТ 5525–88. Широко применяют также фасонные части, которые делают на месте работ при помощи сварки.

Основной недостаток стальных труб – повышенная подверженность коррозии. Поэтому в последнее время отечественная промышленность освоила изготовление стальных труб с внутренней и наружной пластмассовой и эмалевой облицовкой, которые характеризуются долговечностью и хорошими гидравлическими характеристиками.

Железобетонные трубы (ГОСТ 12586–83, ГОСТ 26819–86) изготавливаются методами виброгидропрессования и центрифугирования диаметром 500–1600 мм. Длина труб 5 м. Их применяют главным образом при строительстве водоводов. Они имеют гибкое раструбное соединение, герметичность которого обеспечивается резиновым уплотнительным кольцом круглого сечения.

В зависимости от расчётного давления трубы подразделяются на четыре класса:

- 0 класс выдерживает давление 2,0 МПа;
- I класс выдерживает давление 1,5 МПа;
- II класс выдерживает давление 1,0 МПа;
- III класс выдерживает давление 0,5 МПа.

Асбестоцементные трубы (ГОСТ 539–80) изготавливают из асбеста (20–25 %) и цемента (75–80 %), при этом асбест служит арматурой, значительно повышающей механическую прочность асбестоцементной массы.

В системах водопровода применяют асбестоцементные трубы марок:

- ВТ6 – выдерживает давление 0,6 МПа;
- ВТ9 – выдерживает давление 0,9 МПа;
- ВТ 12 – выдерживает давление 1,2 МПа;
- ВТ 15 – выдерживает давление 1,5 МПа.

Диаметр выпускаемых труб колеблется в пределах от 100 до 500 мм, длина 3–4 м.

Трубы стыкуются с помощью асбестоцементных или чугунных муфт. Стыки уплотняются резиновыми кольцами.

Асбестоцементные трубы обладают рядом преимуществ. Гладкая внутренняя поверхность, антикоррозийность обеспечивают прекрасные гидравлические характеристики и увеличивают срок службы труб. Недостатком является плохая сопротивляемость динамическим нагрузкам и относительно высокая стоимость стыковых соединений.

Пластмассовые трубы (ГОСТ 18599–83) в системах водоснабжения применяют из полиэтилена низкой (ПНП) и высокой (ПВП) плотности, поливинилхлорида (ПВХ) и полипропилена.

Эти пластмассы не влияют на качество воды, обладают водостойкостью, имеют достаточно высокую механическую прочность, термопластичны, поддаются сварке.

Диапазон диаметров пластмассовых труб достаточно широк от 10 до 1200 мм. Трубы диаметром до 63 мм ввиду их эластичности выпускают большой длины, свёрнутыми в бухты. Трубы большего диаметра выпускают длиной 6–8 м. Пластмассовые трубы выдерживают давление 1,6 МПа ат.

При строительстве водопроводной сети широко применяются фасонные части трубопроводов (колено, тройник, муфта, крестовина и пр.). Они изготавливаются из стали или ковкого чугуна. Фасонные части позволяют упростить монтаж сети и сократить время его выполнения.

Фасонные части, их размеры и масса приводятся в ГОСТ 5525–88, условные обозначения основных фасонных частей приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Фасонные части

Условное обозначение на схемах	Обозначение в документах	Условный проход ствола, мм
Тройники		
	ТФ – тройник фланцевый	80, 100, 125, 150
	ТР – тройник раструбный	200, 250, 300, 350
	ТРФ – тройник раструб-фланец	400, 450, 500, 600, 700
Колено		
	УФ – колено фланцевое	65-1200
	УР – колено раструбное	
	УРГ- колено раструб - гладкий конец	
Отводы		
	ОР – отвод Раструбный	65–1200 a = 10°
	ОРГ – отвод раструб – гладкий конец	a = 15° a = 30° a = 45°

Продолжение табл. 4.2

Условное обозначение на схемах	Обозначение в документах	Условный проход ствола, мм
Переходы		
	ХФ – переход фланцевый	80*65 100*65–100*80 125* (65–100)
	ХРФ – переход раструб – фланец	150* (80–125) 200* (80–150) 250* (100–200) 300* (125–250)
	ХР – переход – раструб	350* (150–300) 400 * (200–350) 450 * (200–400)
	ХРГ – переход раструб – гладкий конец	500 * (250–450) 600 * (300–500)
Патрубки		
	ПФР – патрубок – фланец – раструб	65–1200
	ПФГ – патрубок фланец – гладкий конец	
Муфты		
	МН – подвижная	65–1200
	МС – свертная	65–250
Заглушки		
	ЗФ – фланцевая	65–1200

Для обеспечения нормальной эксплуатации и повышения надёжности водопроводы оборудуют арматурой: запорно-регулирующей (задвижки, вентили, поворотные затворы), водоразборной (пожарные гидранты, водоразборные колонки) и предохранительной (обратные клапаны, вантузы).

Задвижки (рис. 4.4) применяются для регулирования расхода воды и отключения отдельных линий в случае их ремонта. Задвижки по конструкции запоров делят на параллельные и кпиновые. Они

могут быть с выдвижными или невыдвижными шпинделями. Размеры фланцев обеспечивают возможность соединения задвижек с фланцами чугунных фасонных частей.



Рис. 4.4. Задвижки чугунные

Вентили применяют для перекрытия трубопроводов небольших и средних диаметров (до 200 мм) (в основном при монтаже внутренних водопроводов). В отличие от задвижек у вентилей проходное отверстие закрывается клапаном (золотником). Вентили выпускаются муфтовые и фланцевые.

Пожарные гидранты (рис. 4.5) устанавливаются на сети для отбора воды при тушении пожара. Гидрант представляет собой специальный кран с большим проходным сечением, на который навинчивается специальная головка – стендер. К стендеру крепятся пожарные рукава, и с помощью его открывается гидрант. Они устанавливаются в водопроводных колодцах на расстоянии не более 150 м друг от друга.

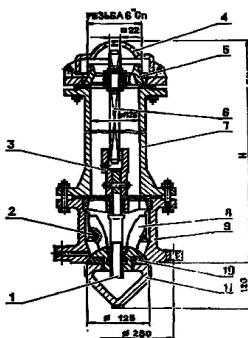


Рис. 4.5. Пожарный гидрант:

1 – шпindelь; 2 – уплотнение; 3 – муфта; 4 – крышка; 5 – ниппель;
6 – штанга; 7 – корпус гидранта; 8 – корпус клапана; 9 – патрубок;

10 – кольцо уплотнительное; 11 – клапан

Обратные клапаны (рис. 4.6) предназначены для автоматического предотвращения обратного тока воды в трубопроводе (например, на нагнетательном трубопроводе у насоса). Обратные клапаны допускают движение воды только в одном направлении.



Рис. 4.6. Обратный клапан NOREPOL EA Bayard

Водоразборные колонки (рис. 4.7) служат для отбора воды потребителем и устанавливаются на участках сети, проходящих по жилому району. Водоразборная колонка должна иметь радиус обслуживания не более 100 м.



Рис. 4.7. Водоразборная колонка К 5М

Выпуски размещают в пониженных точках профиля отдельных участков сети с целью их опорожнения при выключении на ремонт или промывку. Выпуск представляет собой короткий

патрубок с краном или задвижкой, примыкающий к нижней части сечения трубопровода.

Вантузы (рис. 4.8) устанавливают для автоматического впуска при опорожнении и выпуска воздуха из трубопроводов при нормальной их эксплуатации. Их размещают в повышенных переломных точках профиля, где скапливается воздух в трубах. Если воздух не будет удалён, то образуются «воздушные пробки», нарушающие работу трубопровода.



Рис. 4.8. Вантуз ВМТ–50

Предохранительные клапаны предназначены для предохранения трубопроводов от гидравлического удара при повышении давления.

Колодцы на водопроводной сети устраивают для размещения в них задвижек, вантузов, пожарных гидрантов и другой арматуры, а также присоединения ответвлений и устройства выпусков. Колодцы сооружают из сборного железобетона, хотя еще применяются кирпичные колодцы. Размеры и форма колодцев определяются в зависимости от диаметров трубопроводов, а также количества и размеров фасонных частей и арматуры.

Железобетонные сборные колодцы устраивают круглыми и прямоугольными. Круглые колодцы применяются диаметром 1; 1,25; 1,5; 2 м. При необходимости устройства колодца большего размера сооружаются прямоугольные камеры размерами: 2,5 x 1,5; 3,0 x 1,5; 2,5 x 2,0; 2,5 x 2,5; 3,0 x 3,0; 3,5 x 3,5 м.

Следует применять только типовые водопроводные колодцы из сборного железобетона (рис. 4.9). На смотровых колодцах устанавливают чугунные люки.

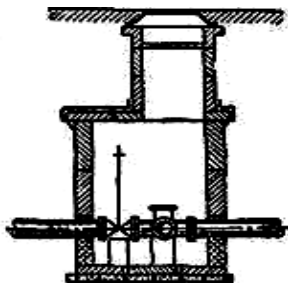


Рис. 4.8. Колодец из сборного железобетона

4.4. Реконструкция наружной водопроводной сети

Находящиеся в эксплуатации водопроводные трубопроводы подвергаются как естественному старению, так и преждевременному износу, что требует их восстановления или санации. Восстановление предполагает проведение ремонтных работ на всем протяжении поврежденного участка трубопровода, а санация – проведение пространственно ограниченных ремонтно-восстановительных работ на отдельных участках трубопроводов, включая сооружения и арматуру на сети (колодцы, задвижки и т. д.). В результате санации участку трубопровода придается требуемая механическая прочность, полное восстановление структуры (отсутствие дефектов по длине труб и в местах стыковок) и соблюдение проектной пропускной способности (установленных гидравлических параметров). В свою очередь под восстановлением структуры трубопровода следует понимать ликвидацию дефектов:

структурных (например, свищей, сквозных отверстий, микротрещин и других повреждений, которые провоцируют эксфильтрацию и инфильтрацию);

вызванных некачественным монтажом труб при их укладке в траншеи (например, деформаций труб);

вызванных временными факторами (например, старением) и неудовлетворительной эксплуатацией системы водоснабжения и водопроводных сетей (например, появлением ржавчины на внутренних стенках труб, биообрастаний, бугристых наростов в

виде уплотненных окислов железа, марганца и извести, инородных включений, проникающих в трубопроводы при любом вмешательстве извне – сварке, ремонте и замене запорно-регулирующей арматуры и т. д.).

Старение подземных трубопроводных коммуникаций различного назначения приводит:

к потерям напора и снижению пропускной способности из-за зарастания труб;

ухудшению физико-химических показателей транспортируемой питьевой воды (например, цветности) по причине коррозии;

возможности повторного заражения вод (в результате свищей, трещин, нарушения стыковых соединений в случае старения сетей питьевого водоснабжения);

Утечки воды из трубопроводов, вызванные их старением, являются также причиной поднятия уровня грунтовых, что может привести к интенсивному разрушению действующих зданий и сооружений.

Срок службы водопроводных трубопроводов зависит от материала, из которого они изготовлены. Например, стальные водопроводные трубопроводы должны эффективно эксплуатироваться в течение 20, а чугунные – 60 лет. Однако старение коммунальных сетей водоснабжения и водоотведения, снижение их пропускной способности может наступить и в более ранние сроки (через 5–10 лет после прокладки) из-за влияния отдельных или совокупности ряда следующих факторов: несоответствия материала труб условиям эксплуатации, нарушения условий прокладки трубопроводных систем в соответствующих грунтах, агрессивного характера вод, коррозии стенок, избыточных напоров, резких сезонных перепадов температур и других факторов.

Основными видами повреждений (дефектов), вызывающих аварии на водопроводных сетях являются: для стальных труб – сквозные проржавления, свищи (до 70 %); для чугунных труб – нарушение герметичности раструбных соединений (до 12%) и переломы труб (16 %). Преобладающее количество повреждений приходится на трубы малых диаметров (до 200 мм), что составляет около 75 % их общего количества.

Тенденции последних лет указывают на то, что коммунальными службами сельских населенных пунктов Казахстана все большее внимание уделяется вопросам использования перспективных бестраншейных технологий восстановления (санации) и прокладки водопроводных сетей, что является альтернативой открытому способу реконструкции и прокладки трубопроводов.

Под бестраншейными технологиями понимаются технологии прокладки, замены, ремонта, инспекции и обнаружения дефектов в подземных коммуникациях различного назначения с минимальным вскрытием земной поверхности.

Бестраншейные технологии санации и прокладки трубопроводов наряду с оперативностью и экономичностью по сравнению с традиционными методами (проведения земляных работ с раскопкой траншей, ремонтом или заменой трубопровода новым) позволяют сохранить высокое качество транспортируемых вод и не нарушать сложившуюся экологическую обстановку [26].

Согласно методу бестраншейного восстановления, поврежденные трубопроводы подвергаются восстановлению путем нанесения на внутреннюю поверхность стенки трубопровода:

- сплошных набрызговых покрытий на основе цементно-песчаных растворов, а также эпоксидных смол;
- сплошных покрытий в виде гибких полимерных рукавов (оболочек, мембран, рубашек) или труб из различных материалов;
- сплошных покрытий из отдельных элементов на основе листовых материалов (гибкого полиэтилена или твердого стеклопластика);
- спиральных полимерных оболочек;
- точечных (местных) защитных покрытий.

Цементно-песчаные покрытия являются надежным средством ликвидации различного рода дефектов на внутренней поверхности стальных и чугунных труб, а также противокоррозионным материалом, однако не могут быть использованы для восстановления сильно разрушенных трубопроводов.

В отечественной практике в качестве исходных материалов для приготовления цементно-песчаного раствора используются портландцемент марки 500 (ГОСТ 1078–85) и мелкозернистый

кварцевый песок, фракционированный по ГОСТ 8736–85 и ГОСТ 10268–80. Минимальная толщина защитного слоя определяется диаметром и материалом труб, а требуемая – сроком их эксплуатации, толщиной стенок и физическим состоянием (износом).

Область применения метода восстановления путем нанесения цементно-песчаных покрытий – стальные и чугунные трубы диаметром 150–1 500 мм независимо от давления воды.

Работы по нанесению таких покрытий могут выполняться методом центрифугирования (рис. 4.10) или центробежного набрызга.

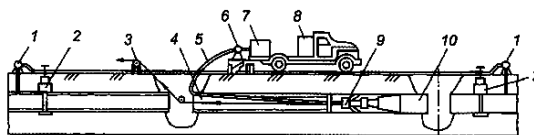


Рис. 4.10. Схема нанесения цементно-песчаного покрытия методом центрифугирования на трубопроводы малого диаметра:

- 1 – насос для временного отвода сточной жидкости; 2 – временный запорный орган (задвижка); 3 – лебедка; 4 – подлежащий обработке трубопровод; 5 – трубопровод транспортировки раствора; 6 – дозировочный насос для цементного раствора; 7 – емкость для цементного раствора; 8 – электрошкаф; 9 – разбрызгивающее устройство; 10 – обработанный участок трубы

К достоинству метода можно отнести относительную простоту технического исполнения и низкую стоимость ремонтных работ, которая составляет около 30 % стоимости нового строительства. Тонкая и гладкая поверхность облицовки после ее затирки обеспечивает снижение гидравлического сопротивления и потерь напора в трубопроводах при незначительном уменьшении его внутреннего диаметра. После нанесения цементно-песчаного покрытия трубопровод может быть пущен в эксплуатацию через 3–5 сут, т. е. технологический цикл процесса является относительно продолжительным. Покрытие сохраняется стабильным в течение длительного срока эксплуатации (50 лет).

Сплошные набрызговые покрытия из эпоксидной смолы. В состав покрытий, кроме смолы, входят волокнистые добавки на основе стекла, которые защищают трубопровод от коррозии и абразивного износа, гарантируя водонепроницаемость стенок. Нанесение раствора осуществляется, как и в случае использования цементно-песчаного раствора центрифугированием с помощью вращательных устройств со щетками. Его особенностью является более тщательная предварительная подготовка (чистка) внутренней поверхности реабилитируемых трубопроводов.

Сплошные покрытия в виде гибких полимерных рукавов или труб из различных материалов. Данный тип покрытий применяется для санации как водопроводных, так и для водоотводящих труб. Условия применения метода:

- стальные и чугунные трубы диаметром 100–900 мм;
- максимальная длина ремонтного участка за один цикл (проход) – 600 м (при диаметре труб до 600 мм).

Полиэтилен имеет уникальные свойства, которые позволяют использовать его при восстановлении трубопроводов. Одно из них заключается в том, что при монтаже плетей трубопроводов из отдельных звеньев труб возможно использование бесшовной сварки плавлением. При этом труба может быть соединена с другой полиэтиленовой арматурой, например клапанами, боковыми отводами, задвижками, обеспечивая полную герметизацию системы.

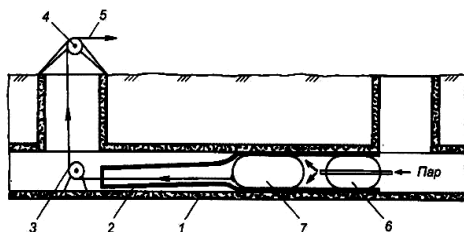


Рис. 4.11. Схема нанесения внутреннего покрытия из гибких пластиковых материалов:

- 1 – восстанавливаемый участок; 2 – защитное покрытие;
3 – направляющий ролик; 4 – лебедка; 5 – трос; 6 – емкость с горячим воздухом; 7 – специальный груз*

Другое уникальное свойство полиэтилена, которым воспользовались на практике ремонта трубопроводов, заключается в удерживании в памяти первоначальной формы благодаря своей специфической молекулярной структуре. Это свойство используется для изготовления складывающихся труб, что весьма целесообразно при транспортировке и прокладке сетей. По завершению прокладки звеньев труб на saniруемых участках сети, они принимают свою первоначальную форму, создавая герметичную оболочку, плотную примыкающую к внутренней поверхности практически любых типов трубопроводов.

При нанесении на saniруемые трубопроводы как гибких внутренних покрытий (оболочек, мембран, рукавов), так и при введении в них полимерных труб, наряду с обеспечением полной герметичности стенок, достигается их высокая сопротивляемость динамическим нагрузкам.

Введение в трубопровод и закрепление в нем оболочек может достигаться либо путем протаскивания бесшовного покрытия на всю длину восстанавливаемого участка между двумя колодцами с последующим прижатием ее специальным грузом в форме баллона и подачей под давлением горячего воздуха или водяного пара (рис. 4.11), либо постепенным введением на восстанавливаемый участок скрученной в рулон оболочки в виде чулка (лайнера) с прижатием ее к стенке давлением жидкости.

В результате процесса полимеризации происходит затвердевание сплошной защитной оболочки, после чего все устройства и жидкость из трубопровода удаляются. Коммуникации могут быть сданы в эксплуатацию через несколько суток после проведения описанных работ.

Технология сплошного покрытия путем введения в старый трубопровод нового из полимерных материалов. При реализации этой технологии происходит значительное уменьшение живого сечения трубопровода (например, в трубе диаметром 400 мм после санации условный проход составляет лишь 315 мм).

Для исключения указанного недостатка немецкой фирмой Preussag разработана технология санации, получившая название

Swagelining. С помощью данной технологии и ее модификаций в различных странах мира восстановлено свыше 800 км трубопроводов. Преимущество технологии состоит в том, что санация осуществляется тонкими полиэтиленовыми трубами, которые позволяют восстановить сети практически без уменьшения сечения трубопроводов. Сущность происходящих процессов восстановления трубопроводов состоит в том, что после операций прочистки внутренней поверхности подлежащего обновлению трубопровода в него втягивается полиэтиленовая труба сплюсненной U-образной формы, называемая U-Liner (рис. 4.12).

Под давлением пара труба приобретает круглую форму, плотно прилегая к внутренней поверхности трубопровода без образования кольцевого зазора. Диапазон диаметров санируемых трубопроводов по данной технологии 100–800 мм. Максимальная протяженность реабилитируемого участка составляет до 600 м.

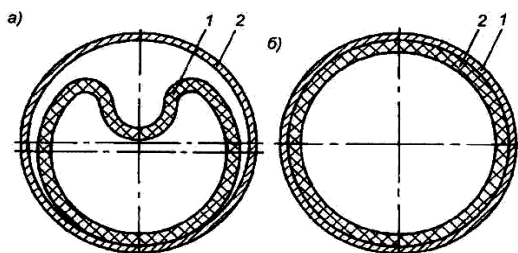


Рис. 4.12. Форма полиэтиленовой трубы при втягивании в санируемый трубопровод (а) и после расширения внутри него (б):

1 – полиэтиленовая труба; 2 – изношенный трубопровод

Сплошные покрытия из отдельных элементов на основе листовых материалов (гибкого полиэтилена или твердого стеклопластика). Технология нанесения гибкого защитного листового материала с зубчатой скрепляющей структурой (HDPE) по системе Trolining заключается в его протяжке в санируемый трубопровод, плотном креплении к нему цементирующим материалом (Trolining Injector) и экструзионной сваркой под давлением (рис. 4.13).

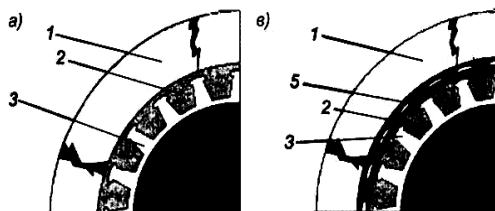


Рис. 4.13. Схемы установки листовых полученных зубчатых секции по технологии Trolining:

а – базисная система установки (с одной зубчатой секцией и заполнением пустот между внутренней поверхностью трубы и зубчатыми элементами); б – то же с использованием промежуточного защитного слоя

Спиральные полимерные оболочки. Данный тип защитных оболочек применяется для реабилитации безнапорных трубопроводов систем водоотведения.

Точечные (местные) защитные покрытия. Данный тип покрытий характерен при ликвидации одиночных (точечных) сквозных, в т. ч. периферийных трещин, вызванных рядом обстоятельств:

- подвижкой грунта (например, при проведении вблизи трасс земляных работ, при воздействии на трубопроводы сверхнормативных нагрузок от дорожного движения, землетрясений и т. д.);
- местной (очаговой) коррозией стенок трубопроводов.

Покрытия для точечного ремонта могут также использоваться в качестве герметичных соединений отдельных труб при реализации различных способов бестраншейного восстановления сетей.

Защитные покрытия для местного ремонта могут быть в виде: жидких растворов, твердеющих после операций нанесения на поврежденные поверхности; растворов полужидкой консистенции; волокнистых материалов с пропиткой смолами, профильных резиновых уплотнителей; гильз из нержавеющей стали; композиционных составов холодного отверждения и т. д.

Американская фирма Link-Pipe разработала метод Grouting Sleeve, согласно которому для селективного ремонта единичных дефектов используются деформированные гильзы из

нержавеющей стали. Ремонтные гильзы, имеющие длину 300–900 мм и диаметр 150–1350 мм, предварительно обкладываются снаружи эластичным материалом с нанесением на него нормируемого количества быстротвердеющего клеевого состава. Затем гильзы разжимаются с помощью пневмоцилиндра до проектного размера. При этом клеевой состав заполняет поры в трубопроводе и прилегающем грунте, а в месте ремонта трубопровода образуется плотное твердое тело, обеспечивающее герметичность системы.

Разрез saniруемого трубопровода с ремонтной гильзой Grouting Sleeve и основные технологические операции по установке гильз представлены на рис. 4.14.



Рис. 4.14. Фрагмент ремонтного участка трубопровода с установленной в нем ремонтной гильзой Grouting Sleeve

В последние годы широкое применение в области водоснабжения и водоотведения находят ремонтно-восстановительные технологии, основанные на применении композиционных материалов холодного отверждения.

4.5. Запасные и регулирующие емкости

Емкости в системах водоснабжения применяют для регулирования режима работы системы, создания противопожарных и аварийных запасов воды, хранения расходов на технологические цели производств и на собственные нужды водопроводных станций. Правильный выбор места расположения, режима работы и объемов регулирующих емкостей позволяет снизить

их стоимость и повысить степень надежности системы водоснабжения. Это достигается равномерной нагрузкой водоводов и магистралей, уменьшением их диаметров и обеспечением работы основных насосных станций практически в постоянном режиме при оптимальных значениях КПД насосных агрегатов.

Емкости, используемые в системах водоснабжения, могут быть классифицированы следующим образом [3, 27]:

1. По функциональному признаку (по их назначению):

а) регулирующие;

б) запасные;

в) запасно-регулирующие (объединяющие в одном сооружении функции аккумуляирования и хранения воды).

2. По способу подачи воды из них в сеть:

а) напорные (активные), которые обеспечивают напор, необходимый для непосредственной подачи воды в водопроводную сеть;

б) безнапорные (пассивные), из которых воду нужно забирать насосами.

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

1) водонапорные башни (напор обеспечивается установкой резервуара на поддерживающей конструкции требуемой высоты);

2) напорные резервуары (напор обеспечивается установкой резервуара на естественных возвышенностях с требуемыми отметками);

3) водонапорные колонны (занимают промежуточное положение между наземными резервуарами и водонапорными башнями);

4) пневматические водонапорные установки (напор создается давлением сжатого воздуха на поверхность воды в герметичных резервуарах).

Водонапорные башни устраивают при необходимости создания запаса напорной воды на территории площадки, не имеющей достаточно высоких геодезических отметок.

Основными элементами водонапорной башни являются резервуар или бак и поддерживающая конструкция (рис. 4.15).

Вместимость бака и высота поддерживающей конструкции, измеряемая от поверхности земли до низа бака, меняются в широких пределах. Вместимость бака колеблется от нескольких десятков кубических метров в малых водопроводах до нескольких тысяч кубических метров в больших городских и промышленных водопроводах. Высота поддерживающей конструкции обычно лежит в пределах 15–30 м и в редких случаях превосходит 30 м.

Баки водонапорных башен в большинстве случаев устраивают круглой формы в плане. Соотношение высоты и диаметра бака диктуется как технологическими, так и архитектурно-строительными соображениями.

Большая высота бака нежелательна, так как вызывает увеличение высоты подъема воды, а также значительные колебания напоров в системе.

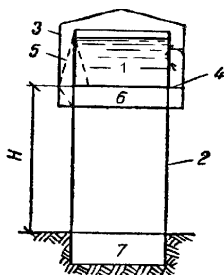


Рис. 4.15. Водонапорная башня:

- 1 – резервуар или бак; 2 – поддерживающая конструкция; 3 – шатр;
4 – перекрытие; 5 – металлическая лестница; 6 – камера;
7 – подвальное помещение

Поддерживающие конструкции водонапорных башен выполняют из различных материалов (сталь, железобетон, кирпич, дерево) в виде системы колонн (или стоек) или несущей стенки; они весьма разнообразны и имеют различное архитектурное оформление.

Резервуары водонапорных башен бывают железобетонными и стальными. Железобетонные водонапорные башни имеют широкое распространение в нашей стране и за рубежом.

При малой и средней вместимости баки железобетонных башен обычно имеют цилиндрическую форму с плоским или сферическим (вогнутым) днищем. Большое распространение получили железобетонные баки с плоским днищем, так как хотя применение сферических днищ и дает экономию материала, но вызывает удорожание строительных работ. Для возведения водонапорных башен все шире применяется предварительно напряженный железобетон (в основном для баков).

Стальные резервуары, характеризующиеся меньшей массой, индустриальностью изготовления и монтажа, полной герметичностью. Водонапорные башни такого вида, в т. ч. водонапорная башня Рожновского, получили широкое распространение в сельской местности Казахстана (рис. 4.16).



Рис. 4.16. Водонапорная башня Рожновского

Унифицированные стальные водонапорные башни системы Рожновского изготавливаются по ТП 901–5–29 с емкостью баков 15, 25, 50 м³ и цилиндрическими опорами высотой 9, 12, 15, 18 м, заполняемыми дополнительными запасами воды, предназначены для применения в системах сельскохозяйственного водоснабжения, а также для водопроводов небольших предприятий.

Водонапорная колонка (рис. 4.17) представляет собой стальной или железобетонный цилиндр с плоским днищем, опирающимся на фундамент. Она заполнена водой на всю высоту. Колонны находят широкое применение в системах промышленного водоснабжения.

Они дешевле водонапорных башен, проще в изготовлении и эксплуатации. Следует отметить, что они могут использоваться как средство борьбы с гидравлическим ударом в трубопроводах и исполнять роль промежуточного резервуара между последовательно работающими насосными станциями.

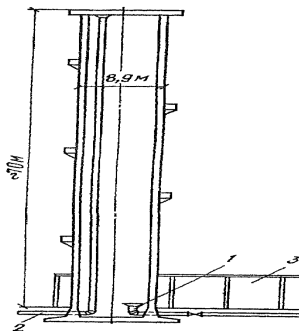


Рис. 4.17. Схема водонапорной колонны, совмещенной с насосной станцией:

*1 – подводяще-отводящий трубопровод; 2 – переливной трубопровод;
3 – насосная станция*

Как было сказано ранее, резервуары, располагаемые на достаточно высоких отметках местности, могут служить напорными (активными) емкостями, аналогичными по своему назначению водонапорным башням. Напорные резервуары наиболее часто используют в системах водоснабжения как регулирующие емкости, но нередко они служат одновременно и для хранения запасов воды – пожарных или аварийных.

Вторым типом резервуаров являются безнапорные (пассивные), т. е. такие, из которых вода может поступать в систему лишь путем перекачки ее насосами. Такие резервуары используют весьма часто как регулирующие емкости при очистных сооружениях (резервуары чистой воды), а также в качестве запасных емкостей (пожарных и аварийных).

Конструктивное оформление резервуаров весьма разнообразно. В более старых системах водоснабжения строились и до сего времени работают кирпичные резервуары, а также резервуары из

бутового камня. В современных системах водоснабжения преимущественное распространение получили резервуары из предварительно напряженного железобетона (рис. 4.18) самых различных форм, конструкций и методов изготовления. В качестве готовых деталей используют железобетонные колонны, балки, плиты, а также панели различных конструкций.

Резервуары цилиндрической формы с купольными перекрытиями рекомендовались для относительно небольшого объема (до 600 м^3). Резервуар этого типа заглубляют в землю примерно до половины высоты цилиндрической части с обсыпкой в целях теплоизоляции верхней части и перекрытием землей толщиной около 1,0 м. Дно резервуара имеет некоторый уклон к приямку, в котором располагают концы приемных труб с таким расчетом, чтобы могла быть использована вся вместимость резервуара. Кроме того, через приямок может быть осуществлено удаление осадков, которые постепенно накапливаются в резервуаре.

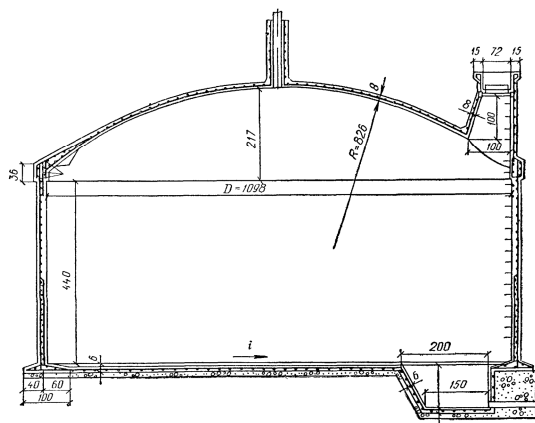


Рис. 4.18. Железобетонный резервуар емкостью 400 м^3

Более экономичным для цилиндрических резервуаров всех размеров считается устройство плоского безбалочного перекрытия поддерживаемого колоннами. Вместимость резервуаров с плоским перекрытием от 50 до 2000 м^3 , диаметр от $4,7$ до $25,4$ м, высота от $3,5$ до $4,5$ м.

При объеме воды более 2000 м^3 целесообразно применение резервуаров прямоугольной в плане формы с плоскими балочными или безбалочными перекрытиями.

Заслуживают внимания резервуары, выполняемые в виде копаных в земле водоемов, используемых в качестве запасных емкостей. Эти резервуары строят обычно открытыми.

Существуют две принципиально различные системы пневматических установок – переменного давления и постоянного давления.

Пневматическая водонапорно-регулирующая установка переменного давления (рис. 4.19), заменяющая по своему назначению водонапорную башню, представляет собой два герметически закрытых стальных резервуара (или котла) А и Б, соединенных трубой. Котел А присоединяется к водоводу, подающему воду от насосной станции в водопроводную сеть. В те часы, когда подача насосов превышает потребление воды населенным пунктом, избыточно подаваемое количество воды автоматически поступает по ответвлению в котел А. Поступая в котел А, вода сжимает находящийся в нем воздух и перегоняет его постепенно в котел Б. Когда вода в котле А достигает наивысшего допустимого уровня, вход в трубу, соединяющую котлы, закрывается автоматически действующим поплавковым клапаном; таким образом, вода из котла А не может поступать в котел Б. В часы, когда водопотребление будет превышать подачу воды насосами, вода будет уходить из котла А в водопровод; уровень воды в нем будет понижаться, и давление в системе падать. Когда вода достигнет наинизшего допустимого уровня, другой автоматический поплавок закроет выход из котла А и предотвратит попадание воздуха в сеть.

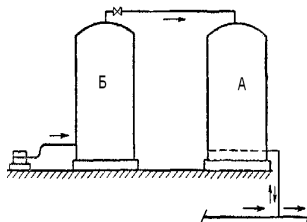


Рис. 4.19. Пневматическая водонапорно-регулирующая установка

В отличие от обычной системы водоснабжения с башней в пневматической системе изменение степени наполнения водяного резервуара сопровождается значительным изменением давления.

В пневматической водонапорно-регулирующей установке постоянного давления на трубе, соединяющей воздушный котел с водяным, ставят редукционный клапан. Этот клапан при понижении уровня воды в водяном котле пропускает в него воздух под постоянным заданным давлением.

При подъеме уровня воды в водяном котле воздух из него выпускается через специальный предохранительный клапан, также отрегулированный на заданное давление. Таким образом, в водяном котле может поддерживаться постоянное давление, что обеспечивает возможность надлежащего подбора насосов и их работы при оптимальных значениях КПД.

Пневматические установки постоянного давления требуют непрерывной работы компрессора для восполнения сбросов воздуха при каждом наполнении водяного котла. Поэтому установки постоянного давления менее экономичны и используются в тех случаях, когда не может быть допущено колебание напора в сети.

4.6. Зонные системы водоснабжения

В ряде случаев характер планировки снабжаемых водой объектов, рельеф местности и различие требований отдельных потребителей к напорам приводят к целесообразности разделения территории объекта на две или несколько высотных зон по различным наибольшим допустимым давлениям в сетях. Такое разделение единой системы водоснабжения на отдельные системы для каждой группы потребителей принято называть **зонированием систем водоснабжения**, а сами системы – **зонными**.

В зависимости от характера взаимного соединения зон различают системы последовательного и параллельного зонирования. На рис. 4.20 и 4.21 для двухзонных систем показаны схемы обоих видов зонирования и характер расположения пьезометрических линий по основному направлению движения воды в этих системах.

При последовательном зонировании (рис. 4.20) общая водопроводная сеть объекта делится на две последовательно соединенные сети. Граница между зонами I и II определяется значением наибольшего допустимого в сети напора H_1 . Головная насосная станция НС-I подает все количество $Q_I + Q_{II}$ воды, но под напором H_1 , необходимым для снабжения водой первой зоны; следующая насосная станция НС-II берет из сети первой зоны количество воды Q_{II} необходимое для второй зоны, и подает его под напором H_2 , необходимым для снабжения водой ее потребителей. Таким образом, расход верхней зоны подается транзитом через сеть нижней зоны. Пьезометрические линии при последовательной системе зонирования будут занимать положение $ab\delta\delta^I$.

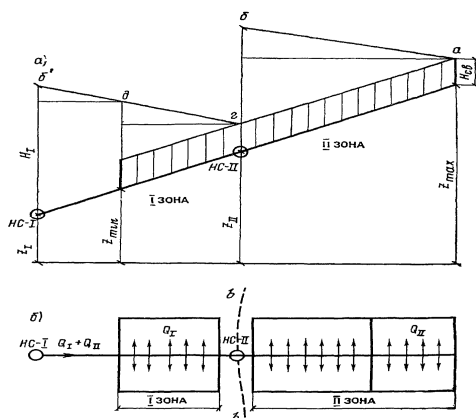


Рис. 4.20. Схема последовательного зонирования:
а – профиль; б – план

При параллельном зонировании (рис. 4.21) сети отдельные зоны включены параллельно. Вода подается в сеть каждой зоны по отдельным водоводам своей группой насосов, установленных на головной насосной станции. Водоводы, питающие верхнюю зону, обычно прокладываются через территорию нижней зоны. Насос нижней зоны I подает расход Q_I под напором H_1 необходимым для этой зоны; насос верхней зоны II подает расход Q_{II} под значительно большим напором H_2 на значительно большую геометрическую высоту.

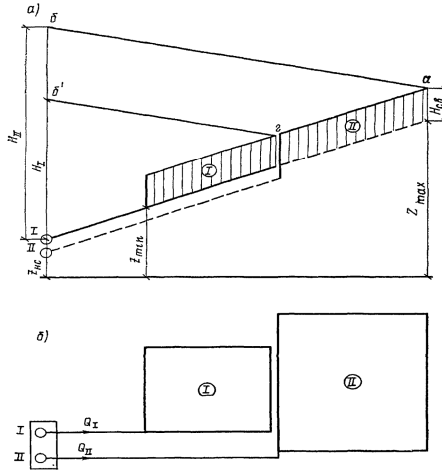


Рис. 4.21. Схема параллельного зонирования
а – профиль; б – план

При параллельной системе зонирования пьезометрическая линия для системы верхней зоны будет занимать положение ab , а для системы нижней зоны – положение $a'b'$. Очевидно, что в пределах каждой зоны при параллельном зонировании напор будет иметь те же значения, что и при последовательном. Однако при параллельной системе зонирования напор в водоводе, подающем воду в верхнюю зону, может быть весьма велик и у границы города достигать значения H_{max} , имевшегося до зонирования сети. Но давление в водоводе может быть большим, чем в сети.

Холодные водопроводы имеют следующие разновидности:

В1 – хозяйственно-питьевой водопровод;

В2 – противопожарный водопровод (с пожарными кранами);

В3 – производственный водопровод (общее обозначение);

В10 – поливочный водопровод.

Современный горячий водопровод должен иметь в здании две трубы: Т3 – подающая, Т4 – циркуляционная.

При подаче холодной и горячей воды к потребителю возможны две принципиальные схемы (рис.5.2).

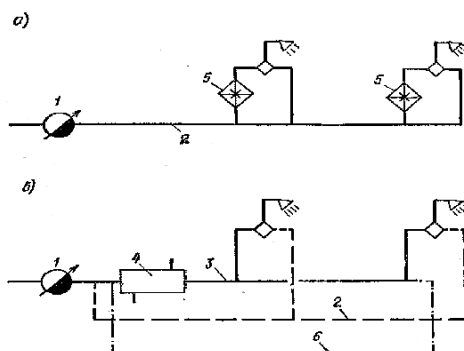


Рис. 5.2. Принципиальные схемы снабжения холодной и горячей воды зданий при использовании местных водонагревателей (а) и централизованном нагреве воды (б):

1 – водомерный узел; 2 – сеть холодной воды; 3 – сеть горячей воды;
4 – водонагреватель; 5 – местный водонагреватель;
6 – циркуляционная сеть

По первой из них (рис. 5.2, а) предусматривается нагрев воды с помощью местных (газовых или электрических) нагревателей воды. Вода от ввода поступает по трубопроводу холодной воды к нагревающим устройствам, установленным в каждой квартире.

По второй схеме (рис. 5.2, б) предполагается централизованный нагрев воды и только после него распределение горячей воды по всему зданию по специальному трубопроводу.

Преимущества первой схемы – высокая надежность, меньшая протяженность трубопроводов и как следствие этого

малые теплопотери и отсутствие перерывов в работе; недостатки – опасность несчастных случаев при использовании мощного газового прибора, каким является газовый нагреватель.

Вторая схема обеспечивает хорошую эксплуатацию водонагревательных установок, безопасность их работы, но при этом увеличивается протяженность трубопроводов, и увеличиваются теплопотери.

По обеспеченности напором с учетом установленного оборудования различают внутренние водопровода [28]:

а) обеспеченные напором от сети наружного водопровода (рис. 5.3), т. е. когда в точке присоединения внутреннего водопровода к наружной сети водоснабжения населенного пункта или предприятия минимальный (гарантийный) напор будет достаточен для нормального функционирования всех водоразборных устройств, установленных на сети внутреннего водопровода:

б) не обеспеченные напором от сети наружного водопровода, т. е. системы с водонапорным оборудованием: водонапорным баком, насосной или пневматической установкой.

Системы внутреннего водопровода с водонапорным баком (рис. 5.4) применяют в тех случаях, когда гарантийный напор в часы максимального водопотребления недостаточен, т. е. ниже требуемого напора, а в другие часы (особенно ночью) достаточен ($H_{\text{гар}} \geq H_{\text{тр}}$). В часы недостаточного напора, когда $H_{\text{гар}} < H_{\text{тр}}$, все водозаборные устройства обеспечиваются напором от водонапорного бака.

Системы внутреннего водопровода с повысительной насосной установкой (рис. 5.5) применяют тогда, когда напор в наружном водопроводе постоянно или периодически ниже требуемого и когда во внутреннем водопроводе режим водопотребления характеризуется малой неравномерностью.

Системы внутреннего водопровода с повысительной насосной установкой и водонапорным баком (рис. 5.6) применяют в тех случаях, когда гарантийный напор в наружном водопроводе недостаточен и когда существенно изменяется водопотребление в здании. Повысительные насосы включаются автоматически в результате падения уровня воды в баке или

нормативного напора в сети. Водонапорный бак работает в сети как регулирующая емкость.

Системы с повысительной пневматической установкой или с повысительными насосами и гидропневмобаком (рис. 5.7) применяют в противопожарных или производственных водопроводах. В этой системе гидропневматический бак выполняет функцию водонапорного бака и может применяться как запасная или как регулирующая емкость.

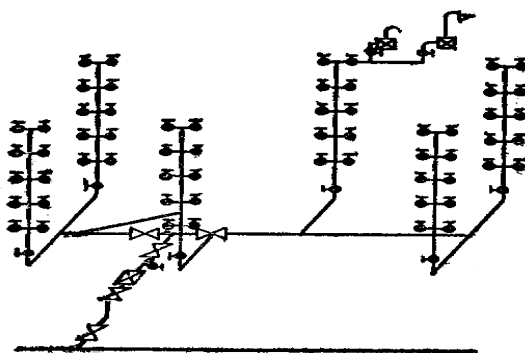


Рис. 5.3. Система без дополнительных устройств для повышения напора

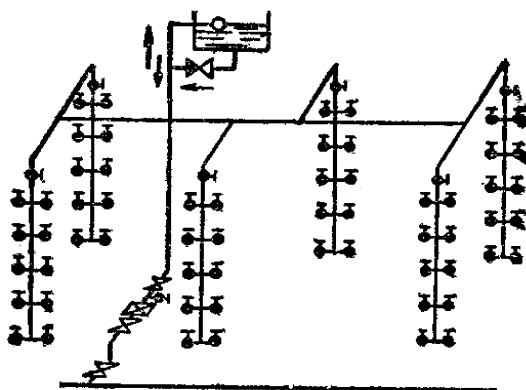


Рис. 5.4. Система с водонапорным баком

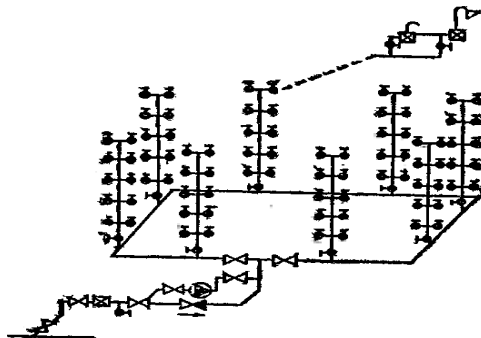


Рис. 5.5. Система водоснабжения здания с повысительной насосной установкой

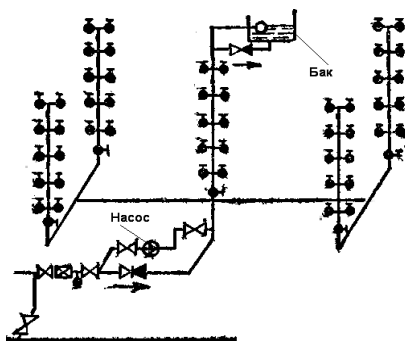


Рис. 5.6. Система водоснабжения здания с водонапорным баком и насосом

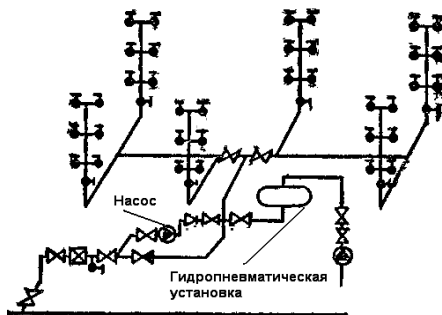


Рис. 5.7. Система гидропневматическими установками

5.2. Элементы внутреннего водопровода

Основными элементами внутреннего водопровода являются вводы (один или несколько), водомерный узел, местные водонапорные установки, регулирующие и запасные баки (водоаккумулирующие устройства), водопроводная сеть, оборудованная трубопроводами и необходимой арматурой (см. рис. 5.8). В производственных системах технического водоснабжения (особенно оборотных) иногда применяют местные установки кондиционирования воды (фильтры, осветлители и другие установки для специальной обработки).

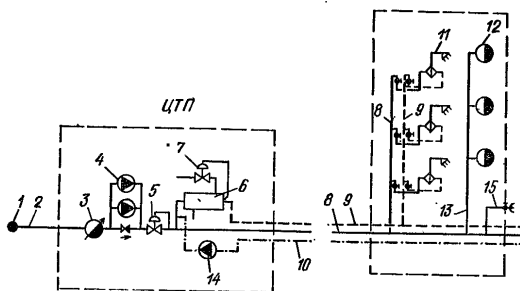


Рис. 5.8. Основные элементы внутреннего водопровода:

- 1 – присоединение к наружному водопроводу; 2 – ввод водопровода;
- 3 – водосчетчик; 4 – установка для повышения напора (не всегда);
- 5 – устройство для выравнивания давления в сети;
- 6 – водонагреватели; 7 – устройство для регулирования температуры; 8 – магистральная и распределительная сети холодной воды;
- 9 – подающие трубопроводы горячей воды; 10 – циркуляционные трубопроводы горячей воды; 11 – водоразборная и запорная арматура; 12 – пожарные краны; 13 – пожарный стояк;
- 14 – циркуляционный насос; 15 – поливочный водопровод

Рассмотрим подробнее основные элементы. Особенно нормативные требования, связанные с их проектированием.

Вводом внутреннего водопровода считается участок трубопровода, соединяющий наружный водопровод с внутренней водопроводной сетью до водомерного узла или запорной арматуры, размещенных внутри здания.

Число вводов зависит от режима подачи воды потребителям. Так, в зданиях, где недопустим перерыв в подаче воды, устраивают два ввода и более. Внутренние водопроводы, оборудованные более чем 12 пожарными кранами, присоединяют к наружной водопроводной сети тоже не менее чем двумя вводами. Несколько вводов присоединяют к разным участкам наружной сети или к одной магистрали, устанавливая на ней разделительную задвижку (рис. 5.9). В месте присоединения ввода к наружной водопроводной сети устраивают колодец диаметром не менее 700 мм, в котором размещают запорную арматуру (вентиль или задвижку) для отключения ввода.

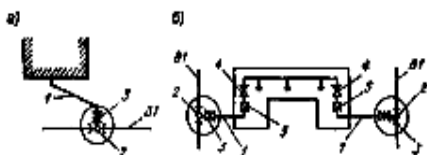


Рис. 5.9. Схемы устройства вводов в здания:

а – косой ввод; б – кольцевание двумя вводами;

1 – ввод; 2 – врезка ввода в наружную сеть; 3 – задвижка;

4 – обратный клапан; 5 – водомерные узлы

Водомерный узел – это участок водопроводной трубы непосредственно после ввода водопровода, который имеет водомер, манометр, запорную арматуру и обводную линию (не всегда) (рис. 5.10).

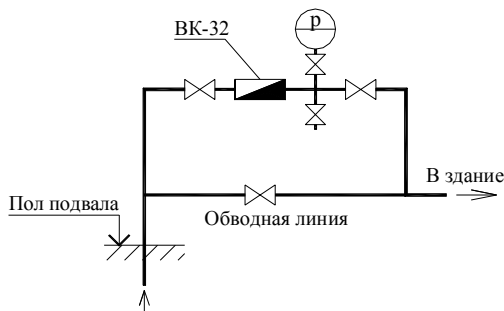


Рис. 5.10. Водомерный узел

Для учета количества воды, расходуемой в зданиях, применяют крыльчатые и турбинные скоростные водосчетчики. Принцип действия водосчетчиков основан на суммировании числа оборотов помещенной в поток воды вращающейся крыльчатки или турбинки. Скорость вращения крыльчатки или турбинки пропорциональна средней скорости движения воды в месте установки прибора. Передаточный механизм передает число оборотов крыльчатки (турбинки) счетному механизму, связанному с циферблатами, который суммирует количество воды, прошедшей через водосчетчик.

Крыльчатые водосчетчики (рис. 5.11) изготавливают калибром 15–50 мм. В зависимости от способа подвода воды к крыльчатке водосчетчики бывают одноструйные и многоструйные. Крыльчатые водосчетчики размещают только в горизонтальном положении на резьбовых соединениях. На входе воды в счетчик устанавливают сетку для выравнивания потока и задержания попавших в воду окалины, продуктов коррозии.



Рис. 5.11. Крыльчатые водосчетчики

Турбинные водосчетчики выпускают калибром 50–250 мм с фланцами для установки на трубопроводе. Ось вращения турбинки этого водосчетчика расположена параллельно направлению потока воды, поэтому его установка не зависит от ориентации в пространстве. Вращение турбинки с помощью червячной передачи, расположенной на оси, приводит в

движение передаточный и счетный механизмы водосчетчика. На входе водосчетчик имеет струевыпрямитель, который ликвидирует завихрения потока воды и обеспечивает гидравлическую устойчивость вращающейся турбинке.

Местные водонапорные установки предназначены для повышения напора в сети внутреннего водопровода, когда гарантийный (минимальный) напор на вводе меньше требуемого и не обеспечивает подачу необходимого нормированного расхода воды, особенно у водоразборных приборов, расположенных на верхних этажах зданий. К водонапорным установкам для внутренних водопроводов относятся: насосные повысительные водонапорные установки, пневматические установки и водонапорные баки. Чаще всего используются насосы центробежного типа с приводом от электродвигателя. Минимальное число насосов – два, из которых один рабочий насос, а другой резервный. Схема насосной установки для этого случая показана в аксонометрии на рис. 5.12.

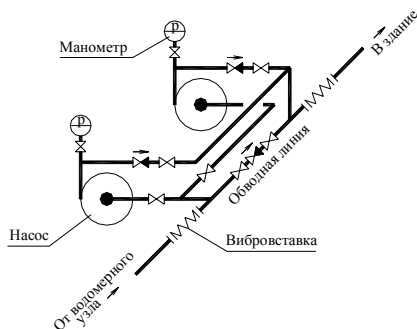


Рис. 5.12. Схема размещения насосной установки

Регулирующие и запасные баки (водоаккумулирующие и напорные устройства) – открытые и закрытые (пневматические) баки предназначены для аккумуляции некоторого объема воды при несоответствии режимов подачи и потребления воды в сети внутреннего водопровода. Эти баки могут быть использованы и для хранения запаса воды на технологические или противопожарные нужды.

Регулирующие и запасные баки размещают в специальных пристройках, башнях, чердаках, технических этажах. Помещение для баков должно быть изолировано, оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией, освещением, отоплением. Обвязка баков трубопроводами и запорной арматурой должна предусматривать удобство их эксплуатации. Объем баков составляет 0,5–20 м³ в зависимости от объема здания, режима водопотребления и режима подачи воды в баки [29].

В здании принимают не менее двух баков, чтобы обеспечить бесперебойную подачу воды на случай чистки и ремонта. В крышке бака оставляют люк для осмотра и окраски. Баки изготовляют из листовой стали цилиндрической или прямоугольной формы с антикоррозионным нетоксичным покрытием. Под баком устраивают поддон из железобетона или листового металла для сбора конденсирующейся влаги и отвода ее сливной трубой. Баки оборудуют подающим, разводящим, спускным, переливным и сигнальным трубопроводами. Подающий и разводящий трубопроводы присоединяют к водопроводной сети по двухтрубной схеме, когда применяют сеть с нижней разводкой магистрали, или по однетрубной схеме, когда водопроводная сеть с верхней разводкой. Подающий трубопровод оборудуют запорной арматурой и двумя поплавковыми клапанами диаметром не более 50 мм.

Водопроводные сети предназначены для транспортирования воды ко всем водоразборным устройствам, размещенным в здании. Внутренняя водопроводная сеть состоит из трубопроводов, оборудованных необходимой арматурой, которая предназначена для раздачи воды потребителям, для отключения на случай ремонта отдельных участков, для контроля и управления режимом подачи и потребления воды.

Разводящие сети внутреннего водопровода прокладываются согласно СНиП в подвалах, технических подпольях и этажах, на чердаках, а в случае отсутствия чердаков – на первом этаже в подпольных каналах совместно с трубопроводами отопления или под полом с устройством съёмного фриза, или под потолком верхнего этажа.

Трубопроводы могут иметь следующие способы креплений:

- с опиранием на стены и перегородки в местах монтажных отверстий;

- с опиранием на пол подвала через бетонные или кирпичные столбики;

- с опиранием на кронштейны вдоль стен и перегородок;

- с опиранием на подвески к перекрытиям.

Стояком называется любой вертикальный трубопровод. Поэтажные (поквартирные) подводки подают воду от стояков к водоразборной и смесительной арматуре: к кранам, смесителям, поплавковым клапанам смывных бачков. Диаметры подводок обычно принимают без расчёта 15 мм. Это связано с аналогичным диаметром водоразборной и смесительной арматуры.

На подводке около стояка устанавливают вентиль и квартирный водомер крыльчатого типа. Далее подводят трубы к кранам и смесителям, обычно на высоте 10–20 см от пола. Перед смывным бачком на подводке устанавливают дополнительный вентиль для регулировки напора перед поплавковым клапаном. Ещё вентиль может быть установлен перед водонагревателем (если он есть).

Водоразборная и смесительная арматура (рис. 5.13) служит для получения воды из водопровода: краны водоразборные, банные, поливочные; питьевые фонтанчики; поплавковые клапаны смывных бачков унитазов; смесители для моек, раковин, умывальников, с душевыми сетками и др.



Рис. 5.13. Водоразборная и смесительная арматура

Поливочные водопроводы устраивают для поливки зеленых насаждений и территорий в летнее время на площадках промышленных предприятий, в садах, парках, скверах, стадионах. Распределительная сеть поливочного водопровода может быть присоединена к действующему внутреннему водопроводу зданий или непосредственно к сети наружного водопровода. Подача воды в сеть поливочного водопровода в отдельных случаях может быть предусмотрена из собственного источника (реки, водоема) с применением насосной установки. Особенность поливочных водопроводов – их сезонная работа и необходимость отключения и опорожнения на период холодного времени года, когда при отрицательных температурах воздуха могут происходить льдообразование и повреждения трубопроводов и оборудования.

5.3. Противопожарные водопроводы

Для защиты зданий и отдельных объектов от пожаров устраивают наружные и внутренние противопожарные водопроводы.

Схемы наружных водопроводов выполняют в зависимости от характера водопровода, который должен обслуживать пожарные нужды, и его назначения. Системы водоснабжения (наружные водопроводы), используемые одновременно для хозяйственно-питьевого или производственного водоснабжения и для тушения пожаров, или специальный противопожарный водопровод могут быть низкого (рис. 5.14, а) или высокого давления (рис. 5.14, б).

По способу создания напоров системы высокого давления бывают: постоянного высокого давления; высокого давления, повышаемого только во время пожара [30].

Противопожарный водопровод постоянного высокого давления устраивают редко вследствие больших материальных затрат на создание водопроводной сети, обслуживающей только пожарные нужды, и необходимости устройства высокой водонапорной башни или отдельной пневматической установки.

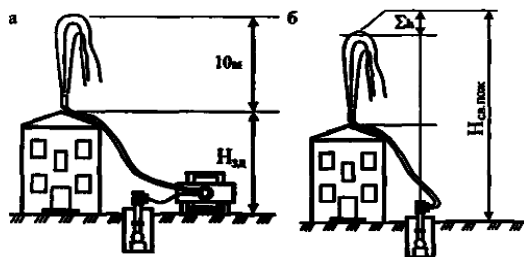


Рис. 5.14. Схемы тушения пожара из водопровода:
а – низкого давления; б – высокого давления

Специальный противопожарный водопровод может устраиваться с подачей воды непосредственно из противопожарных резервуаров или естественных водоемов (рек, озер, прудов); необходимый напор обеспечивается пожарными автомашинами или мотопомпами.

В населенных пунктах с числом жителей более 5 тыс. человек противопожарный водопровод должен быть низкого давления. Противопожарное водоснабжение поселков с числом жителей до 5 тыс. человек допускается также из естественных или искусственных водоемов или резервуаров с забором воды из них пожарными автонасосами или мотопомпами. В этом случае требуемое число водоемов или резервуаров определяют исходя из того, что радиус их действия не должен превышать при тушении пожара: автонасосами – 200 м, мотопомпами – 100–150 м. Объем каждого резервуара должен быть рассчитан на расход воды, необходимый для тушения пожара в течение 3 часов. Пополняют противопожарные резервуары из хозяйственно-питьевого водопровода. Выбор системы противопожарного водоснабжения обосновывают технико-экономическими расчетами. Для поселков при застройке одно-двухэтажными зданиями, а также для отдельно стоящих производственных зданий I и II степени огнестойкости объемом до 1000 м³ противопожарное водоснабжение можно не предусматривать.

Внутренние противопожарные водопроводы в зависимости от огнеопасности и этажности зданий устраивают отдельными или объединенными с водопроводом другого назначения. Противопожарные водопроводы оборудуют пожарными

кранами (рис. 15). В зданиях, требующих повышенной защиты, применяют автоматические (спринклерные) и полуавтоматические (дренчерные) установки.

Раздельные противопожарные водопроводы проектируют в зданиях, в которых другие внутренние водопроводы либо отсутствуют, либо запрещено объединение с ними по качеству транспортируемой воды или когда объединение нецелесообразно по технико-экономическим соображениям.

Раздельный противопожарный водопровод состоит из сети трубопроводов с запорной арматурой и водоразборными пожарными кранами, водопитателя – насосных установок, обеспечивающих подачу необходимого количества воды для тушения пожара. Систему проектируют с соблюдением требований высокой степени надежности и бесперебойного снабжения водой, поэтому предусматривают дублированные, независимые источники питания водой и энергией, дистанционный пуск пожарных насосов, сдвоенные пожарные краны, кольцевые водопроводные сети.

Существенный недостаток раздельных противопожарных водопроводов состоит в том, что они являются закрытыми непроточными системами (при отсутствии водоразбора), поэтому вода в трубах портится и содержит продукты коррозии.

Наибольшее распространение получили объединенные противопожарные водопроводы, в которых обеспечивается движение воды. В отдельных случаях в неотапливаемых зданиях проектируют сухие противопожарные водопроводы с установкой выпусков и запорной арматуры в отапливаемых помещениях или колодцах.

Противопожарные водопроводы в соответствии с требованиями СНиП устраивают: в жилых одно- и многосекционных зданиях высотой 12 этажей и более; в общежитиях и гостиницах высотой четыре этажа и более; в зданиях учебных заведений; в санаториях, домах отдыха, лечебных и детских учреждениях, магазинах и др. при объеме здания 5 000 м³ и более; в кинотеатрах, клубах, домах культуры с числом мест 200 и более и т. п. [31].

В жилых зданиях высотой 12–16 этажей устраивают объединенный хозяйственно-питьевой и противопожарный водопровод, а в зданиях высотой 17 этажей и более – раздельный противопожарный и хозяйственно-питьевой водопровод.

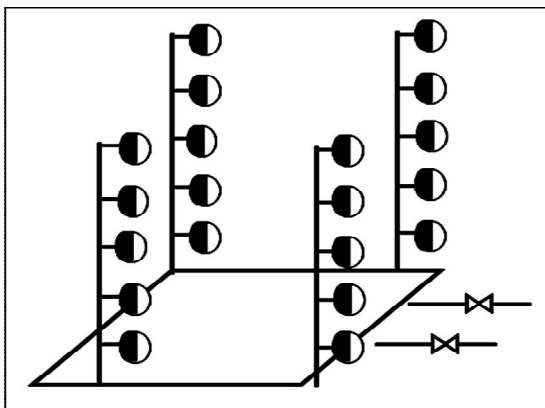


Рис. 5.15. Схема простого с противопожарными кранами внутреннего водопровода

В состав оборудования пожарного крана входят: пожарный вентиль диаметром 50 или 65 мм, присоединенный к ответвлению стояка; пеньковый рукав (шланг) того же диаметра длиной 10 или 20 м с быстросмыкающимися полугайками и пожарный ствол с наконечником (спрыском) диаметром 13, 16, 19 или 22 мм.

Пожарные краны размещают в шкафчиках с надписью ПК на высоте 1,35 м над полом в легкодоступных местах (в вестибюлях, коридорах, на лестничных площадках, в проходах и пр.). Спаренные краны допускается располагать один над другим на высоте не менее 1 м от пола.

Сети противопожарных водопроводов с числом пожарных кранов более 12 должны быть закольцованы и присоединены к наружным сетям не менее чем двумя вводами.

Спринклерные (автоматические) противопожарные установки предназначены для автоматического тушения пожара, возникшего в помещении. Одновременно с подачей воды

возникает сигнал тревоги. Спринклерные установки применяют в помещениях с повышенной пожарной опасностью.

Установка (рис. 5.16) состоит из следующих основных элементов: водомерного узла 1, насоса – повысителя давления основного водопитателя 2, резервного водопитателя (гидропневмобак) 3, главного стояка 4, контрольно-сигнального клапана 5, распределительной сети 6, спринклерной головки 7, компрессора и воздушного бака 8, секции системы 9, присоединения автонасосов 10.

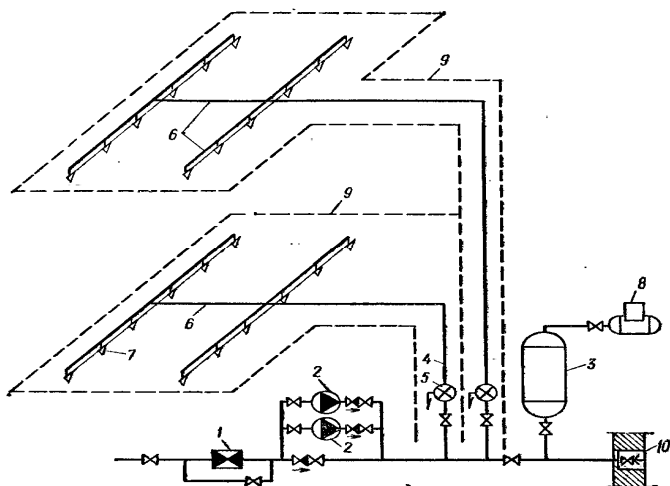


Рис. 5.16. Схема спринклерной автоматической системы пожаротушения

Один из основных элементов установки – контрольно-сигнальный (пусковой) клапан (КСК), который в зависимости от типа спринклерной установки бывает водяной, воздушный и водовоздушный. Принцип действия водяного КСК следующий. Вся спринклерная сеть, оборудованная спринклерными головками, находится под напором и заполнена водой. Вода в спринклерную сеть подается через главную задвижку. Тарельчатый клапан под действием собственного веса перекрывает отверстие к автоматическому пускателью насосов и

к сигнальному устройству. Под действием повышенной температуры воздуха в помещении, где расположена спринклерная сеть, от возникшего пожара замки спринклерных головок расплавляются, и вода начинает выливаться из труб спринклерной сети.

Дренчерные полуавтоматические установки бывают заливные (во взрывоопасных помещениях) и сухотрубные.

Оборудование этих установок состоит из сети с открытыми оросителями (дренчерами), автоматического и основного водопитателей и узла управления в виде запорной арматуры или клапанов группового действия, которые открываются только при возникновении пожара. При включении установки образуется водяная завеса, которая предотвращает распространение пожара в другие помещения. Дренчер в отличие от спринклера состоит из головки с диафрагмой, рамы и розетки.

ГЛАВА 6. ОСОБЕННОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

6.1. Водоснабжение животноводческих предприятий

Живодновоческое предприятие (ферма, комплекс) – это специализированное подразделение сельскохозяйственного производства, которое объединяет поголовье животных того или иного вида, основные и вспомогательные постройки, а также инвентар, необходимый для производственной деятельности.

По назначению животноводческие предприятия делят на племенные, занимающиеся воспроизводством животных, и товарные, производящие животноводческую продукцию.

Потребность в воде животноводства в десятки раз выше, чем населения. Расход воды в сельскохозяйственном производстве очень значителен. Так, на получение 1 т молока он составляет 5...10 т, на промывку 1 т соломы при выращивании – 50 т, на производство 1 т мяса говядины – 50 т, на выращивание 1 т картофеля – 300 т, на выращивание 1 т пшеницы – 1000 т.

На животноводческих и птицеводческих фермах, фабриках и комплексах вода расходуется на производственно-технические нужды (поение животных и птицы, приготовление кормов, мойку оборудования, уборку помещений, мойку животных и др.), отопление, хозяйственно-питьевые нужды обслуживающего персонала (в бытовых помещениях, умывальнях, душевых, туалетах и др.) и противопожарные мероприятия [32].

Правильная организация водоснабжения имеет исключительное значение для эффективной работы фермы, так как обеспечивает нормальное выполнение производственно-зоотехнических процессов и противопожарную безопасность, улучшает условия содержания животных, повышает производительность и культуру труда обслуживающего персонала, увеличивает продуктивность животных, улучшает качество продукции и снижает ее себестоимость.

По характеру источников водных ресурсов различают следующие системы водоснабжения животноводческих предприятий: получающие воду из поверхностных источников

(речные, озерные и др.), из подземных источников (артезианские, родниковые и др.) и атмосферную (дождевая, талая).

По способу подачи воды системы водоснабжения могут быть: самотечными (источник находится выше потребителя), с механической подачей (с помощью насосов) и зонные (вода в некоторые районы подается отдельными насосами).

При обслуживании одной системой водоснабжения ряда объектов сооружают групповые или районные системы (т. е. централизованные), которые характеризуются большой протяженностью водопроводов, наличием насосных станций, запасных резервуаров и водонапорных башен. В том случае, когда каждый пункт водопотребления в хозяйстве имеет отдельную, независимую от других пунктов схему водоснабжения, такую систему называют **децентрализованной** или **местной, локальной**.

Качество воды в Казахстане, используемой для животноводческих ферм, не всегда в полной мере отвечает санитарно-гигиеническим требованиям. Это объясняется тем, что открытые водоемы легко подвергаются загрязнению, а в глубоких подземных источниках в воде содержится большое количество минеральных солей. При употреблении загрязненной или высокоминерализованной воды у животных (птицы) снижается продуктивность, и возникают различные заболевания.

Воду, предназначенную для сельскохозяйственных животных и птиц, следует считать пригодной только в том случае, если она по своим качествам мало отличается от рекомендованной для использования человеком. Организм животного находится в состоянии постоянного обмена веществ с окружающей внешней средой, в котором непременно участвует вода. Все жизненно важные процессы обмена в организме протекают только в водных растворах органических и неорганических веществ. Животные при голодании, но при обеспечении их водой в состоянии прожить 30–40 дней, хотя при этом теряют до 50 % жиров, углеводов и белков. При полном лишении воды животные погибают через 4–8 дней. Результаты физиологических исследований показывают, что водный обмен

в организме животных регулируется нервной системой при помощи желёз внутренней секреции, в первую очередь гипофиза, а также выделительных систем – дыхательной, почек, потовых желёз, кишечника.

Поэтому не всякую воду можно употреблять не только для поения животных, но и для технических целей. Для поения животных, птиц и зверей используют воду питьевого качества по ГОСТ 2874–82.

Своевременное и в достаточных количествах потребление животными воды в сочетании с рациональным и полноценным кормлением способствует достижению их высокой продуктивности. Хорошо налаженный водопой способствует повышению удоя у коров на 25–30 %. С гигиенической точки зрения целесообразно удовлетворять животных питьевой водой вволю, давать ее многократно, лучше через равные промежутки времени.

В целом системы сельскохозяйственного водоснабжения животноводческих комплексов и ферм обеспечивают подачу воды в необходимых количествах и соответствующего качества всем потребителям, а также на противопожарные нужды.

Схема механизированного водоснабжения животноводческих ферм состоит из водозабора с насосной станцией, разводящей сети и регулирующего сооружения. В некоторых случаях схему водоснабжения дополняют сооружениями по очистке и обеззараживанию воды.

В условиях современного строительства системы водоснабжения и канализации нужно рассматривать совместно. Причем местные системы водоснабжения отдельных ферм часто обеспечивают водой и жилые поселки.

Системы водоснабжения представляющей собой поточные технологические линии, предназначенные для получения, накопления, хранения, очистки, транспортирования воды и поения животных (птиц), обеспечиваются с помощью технологического оборудования (водопроводные сети, водоразборная арматура и др.).

Состав инженерных сооружений непостоянен, его можно изменить в зависимости от качества воды в источнике, рельефа

местности и прочих условий. Например, очистные сооружения, резервуары чистой воды и насосная станция второго подъема могут отсутствовать, если качество воды в источнике соответствует ГОСТу на питьевую воду.

Окончательный выбор той или иной схемы водоснабжения в каждом конкретном случае должен быть обоснован технико-экономическим расчетам. К строительству принимается вариант с наименьшими капитальными и эксплуатационными затратами.

Два варианта поточных технологических линий поения в коровнике с привязным содержанием животных представлены на рис. 6.1. В этих линиях энергосиловая часть, связанная с получением и доставкой воды, оборудована разными техническими средствами, включая локальные водоисточники и насосные станции, а технологическая часть, обеспечивающая распределение воды и подвод ее к каждому животному, оснащена однотипным оборудованием, включающим поилки и краны.

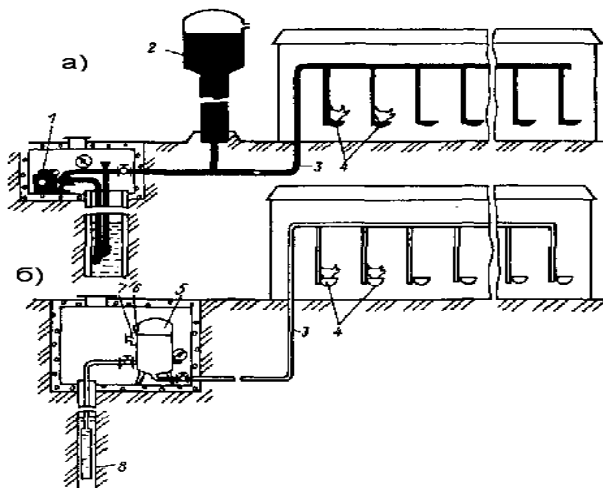


Рис. 6.1. Схема систем водоснабжения:

- а – с водонапорной башней; б – с пневмогидроаккумулятором;
1 – водоструйная установка; 2 – водонапорная башня; 3 – водопровод;
4 – автопоилки; 5 – пневмогидроаккумулятор; 6 – реле давления;
7 – станция управления; 8 – погружной насос

Среди технологического оборудования», предназначенного для линий поения животных, наибольшим разнообразием отличаются типы поилок.

Автопоилка представляет собой специальное автоматическое действующее устройство (прибор), при помощи которого животные и птица самостоятельно без участия человека получают из водопровода необходимую для поения воду в любое время суток и в нужном количестве.

Поилки делятся на индивидуальные и групповые. Индивидуальные применяются на фермах крупного рогатого скота при привязном содержании и свинофермах, при содержании свиней в отдельных станках (клетках). Групповые поилки используются на фермах крупного рогатого скота при беспривязном содержании, в летних лагерях, на пастбищах, а также для свиней, овец и птицы при групповом содержании.

Индивидуальная автопоилка АП-1А, конструкция которой показана на рис. 6.2, предназначена для поения крупного рогатого скота. Детали поилки изготовлены из пластмассы.

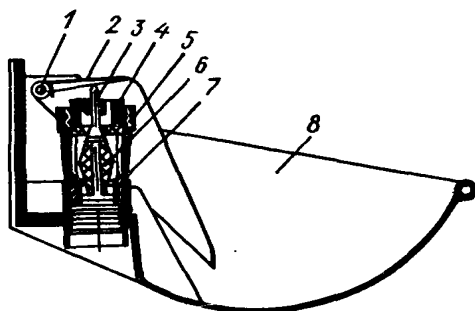


Рис. 6.2. Индивидуальная автопоилка АП-1А:
1 – ось педали; 2 – педаль; 3 – клапан; 4 – пробка; 5 – седло;
6 – амортизатор; 7 – корпус; 8 – чаша

Групповая автопоилка АГК-4А, схема которой дана на рис. 6.3, применяется для поения скота в коровниках при беспривязном содержании на выгульных площадках и в лагерях. Одна такая поилка рассчитана на обслуживание 100 голов крупного рогатого скота.

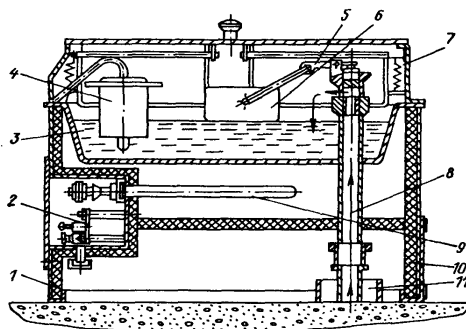


Рис. 6.3. Групповая автопоилка АГК-4А:

- 1 – корпус; 2 – температурное реле; 3 – корыто; 4 – терморегулятор воды; 5 – клапанный механизм; 6 – поплавок; 7 – крыша;
8 – водоподводящая труба; 9 – трубчатый электронагреватель;
10 – теплоизоляция; 11 – стойка

Автопоилка для овец. Групповая автопоилка ГАО-4, изображенная на рис. 6.4, предназначена для поения овцематок и ягнят в стойловый период. Одновременно обслуживаются: 4 овцематки, а в течение часа – до 230 голов. Постоянный уровень воды в ней поддерживается поплавковым механизмом. К водопроводной сети она присоединяется через резиновые патрубки. На дне чаши-резервуара диаметром 500 мм и глубиной 150 мм размещены клапанный механизм и сливное отверстие.

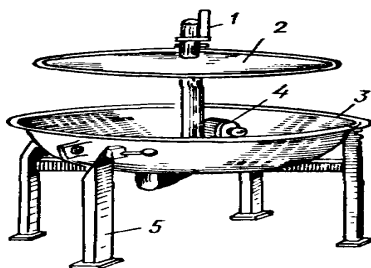


Рис. 6.4. Автопоилка групповая для овец ГАО-4:

- 1 – подводящая труба; 2 – крышка; 3 – чаша; 4 – поплавок;
5 – стойка

Автопоилки для птиц. В птичниках разных назначений применяют вакуумные, желобковые, ниппельные и чашечные автопоилки.

Вакуумная автопоилка марки ПВ, показанная рис. 6.5, предназначена для поения цыплят в возрасте от 1 до 10 дней. Она обслуживает 100 голов и состоит из стеклянного или пластмассового баллона 1 вместимостью 4,5 л и круглого поддона 2 диаметром 230 мм. Баллон наполняют водой вручную, затем на него ставят поддон, поилку переворачивают и устанавливают на пол баллоном вверх. Вода из баллона через канал 3 самотеком поступает в поддон, постоянный уровень воды в котором автоматически поддерживается вследствие разрежения, возникающего в баллоне в результате вытекания из него воды в поддон.

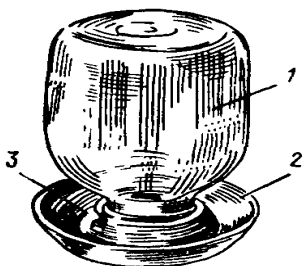


Рис. 6.5. Автопоилки для птиц

Внутренние системы водоснабжения животноводческих, птицеводческих и звероводческих зданий и сооружений проектируют в соответствии со СНиП. В перечисленных зданиях и сооружениях применяют следующее санитарно-техническое оборудование:

- поилки;
- краны для мытья полов;
- специальные приборы (для обслуживания животных и т. д.);
- гибкие шланги.

На рис. 6.6 продемонстрирована более популярная схема внутреннего водопровода комплекса по выращиванию 50 тыс. голов.

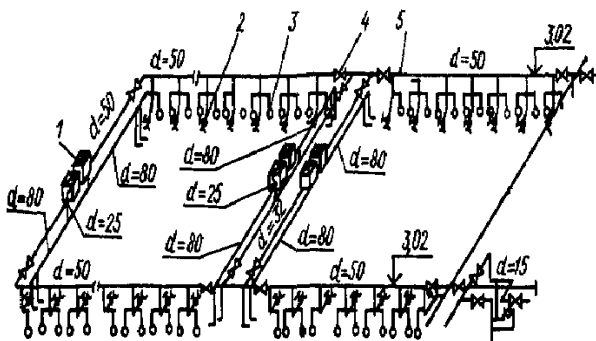


Рис. 6.6. Схема внутреннего водопровода:

1 – баки для смыва навоза; 2 – поливочные краны; 3 – автопоилки;
4 – запорная арматура; 5 – кольцевая сеть внутреннего водопровода

Из некоторых особенностей упомянутых зданий следует отметить, что конюшни всегда рекомендуется устраивать с внутренним водопроводом, а овчарни (с овцами) – наоборот, чаще без внутреннего водопровода, так как овец поят на выгулах.

Свободные напоры перед приборами принимают не менее 2 м водяного столба. Трубы используют пластмассовые или стальные неоцинкованные. На вводе водопровода устанавливают водомер.

Запорная арматура (вентили и задвижки) должна быть установлена на вводе водопровода, на ответвлениях и на подводках к водоразборной арматуре. Краны (для мытья полов) должны иметь радиус действия не менее 30 м с напором не менее 5 метров. В одноэтажных зданиях противопожарный водопровод не предусматривают.

Внутренняя канализация животноводческих и птицеводческих зданий предусматривается для отведения:

- а) производственных сточных вод от мытья животных, уборки помещений и доильных площадок, от мойки оборудования (посуды, аппаратуры, молокопроводов и др.), а также от проточных поилок в птичниках;
- б) хозяйственно-бытовых вод от санитарных приборов.

Система канализации помещения для содержания животных обязательно увязывается со схемой навозоудаления следующим образом:

- если навоз убирается с помощью тележек или тачек, система канализации состоит из жижесточных лотков, трапов с гидравлическими затворами, навозоуловителей, отводных труб смотровых колодцев и жижесборников;

- при удалении навоза конвейером жижу и стоки отводят вместе с навозом к торцу здания, где в зависимости от типа конвейера устраивается один или два колодца для сбора жижи. Жижа из колодцев отводится в жижесборник;

- при содержании на глубокой подстилке канализацию не устраивают.

Лотки для стока навоза и жижи принимают прямоугольными из железобетонных элементов.

При уборке навоза механизмами размеры лотков принимают исходя из габаритов навозоуборочных механизмов.

Для приема навозной жижи из лотков и присоединения их к отводным трубам служат бетонные или кирпичные трапы размером 300х300 мм. Трапы перекрываются решетками.

Для осмотра канализационных труб служат смотровые колодцы. Стены колодцев выполняют из сборных железобетонных колец диаметром 700...1000 мм или бутового камня и кирпича. В стенах колодца устраиваются металлические скобы для спуска персонала при осмотре, сверху колодец закрывают двумя крышками с утеплителем между ними.

Жижесборники устраиваются квадратными или цилиндрическими глубиной не более 3 м. Стены выполняются из сборных железобетонных колец или плит, а также из обожженного кирпича и бутового камня. Изнутри стены обмазывают битумом. Дно и перекрытия выполняют из железобетонных плит, в перекрытии устраивается люк с двумя крышками, через который жидкость удаляют насосами.

6.2. Групповые водопроводы

Комплекс инженерных сооружений, обеспечивающих обводнение территорий с помощью трубчатых транспортирующих и распределительных сетей с первоочередным обеспечением хозяйственных и питьевых нужд, называют **групповым водопроводом** (рис.6.7).

Целесообразность создания групповых и районных систем водоснабжения возникает, обычно, в условиях маловодной местности при необходимости обеспечения водой ряда объектов, расположенных на территории некоторого района.

Групповые водопроводы обеспечивают централизованное водоснабжение жилых поселков, сельскохозяйственных и промышленных предприятий, полевых станов, пастбищ, оросительных участков и других объектов, расположенных на территории отдельных или нескольких хозяйств, районов, областей, республик [3,32].

Групповые водопроводы позволяют бесперебойно обеспечивать качественной водой группу населенных пунктов и других объектов с автоматизацией процессов очистки и распределения воды потребителям. Для этого часто используют многоводные источники, расположенные на большом расстоянии.

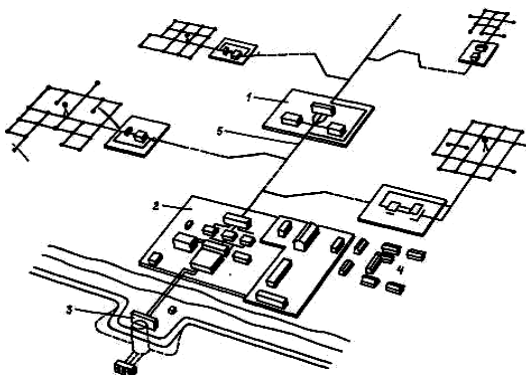


Рис. 6.7. Принципиальная схема группового водопровода:

1 – площадка насосной станции III подъема; 2 – площадка очистных сооружений и насосной станции II подъема; 3 – насосная станция I подъема; 4 – жилой поселок; 5 – магистральный водопровод

Обычно в состав групповых водопроводов входят следующие сооружения: водозаборные, насосные станции I подъема, очистные сооружения, резервуары чистой воды, насосные станции II подъема, входящие обычно в состав головных сооружений; транспортирующие водопроводы; узлы присоединения; разводящие сети объектов.

Из источника водоснабжения (реки) через водозаборы (оголовки и вакуум-сифонное устройство) насосной станцией первого подъема и одной линией напорного водовода вода подается на очистные сооружения. Очищенная и обеззараженная вода поступает в резервуары, откуда насосной станцией второго подъема подается в разводящую сеть и водонапорную башню. Водонапорная башня позволяет регулировать часовую неравномерность водопотребления и обеспечивать 10-минутный пожарный запас.

Состав сооружений корректируют в каждом конкретном случае. Так, при использовании подземных источников воды, качество которой соответствует ГОСТ 2874–82 «Вода питьевая», не требуются очистные сооружения (кроме установки обеззараживания). Если основное назначение водопровода – обеспечение технических нужд или орошение, то для хозяйственно-питьевых нужд предусматривают локальную очистную станцию. При использовании солоноватых вод, питьевые нужды обеспечат за счет местных опреснителей. При большой протяженности водоводов или подаче воды на большую высоту прибегают к зонированию с устройством насосных станций подкачки с резервуарами (рис. 6.8).

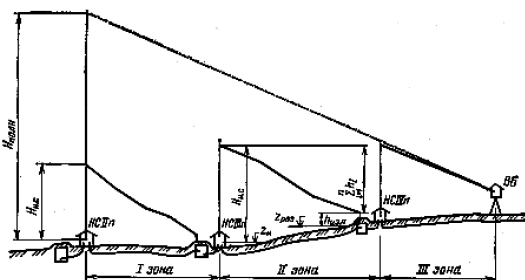


Рис. 6.8. Последовательное зондирование

В ряде случаев возможна гравитационная подача воды по напорным водопроводам с обратным вертикальным зонированием. При этом зоны разделяют разгрузочно-регулирующими резервуарами или колодцами-гасителями. Для предотвращения недопустимого повышения напора и наиболее пониженных точках можно устанавливать сбросные предохранительные клапаны или в верхних точках перегиба трассы – сбросные колодцы, что допустимо только при использовании качественных вод, не требующих устройства очистных сооружений.

Наибольшие затраты при строительстве групповых водопроводов обычно приходятся на водоводы (до 75...85 %), поэтому при большой удаленности и рассредоточенности объектов используют тупиковые схемы сетей водоводов (одинониточных). Ряд крупных водопроводов (Ишимский, Булаевский, Пресновский) имеет несколько замкнутых колец с периметром до 120 км более. Кольцевание относительно коротких (50... 200 км) может быть оправдано только для районов с большой плотностью населения, как это делается в Западной Европе.

Выбор методов и средств обеспечения надежности водоснабжения при проектировании групповых водопроводов определяется категорией системы, конкретными условиями и требованиями экономичности. Для повышения обеспеченности расчетных расходов устраивают несколько узлов питания, используя при этом независимые как поверхностные, так и подземные источники. В маловодных районах большое значение придают устройству функциональных связей между отдельными системами, позволяющих при необходимости перераспределять воду. Так, единая централизованная система водоснабжения Северного Казахстана, объединяющая более 10 групповых водопроводов, обеспечивает около нескольких населенных пунктов из различных удаленных друг от друга источников на территории площадью 640 тыс. км².

При устройстве головных сооружений используют обычные средства обеспечения надежности – элементное и функциональное резервирование. Для насосных станций I и II категорий, кроме того, важна возможность использования независимых источников энергий. При проектировании очистных сооружений необходимо

учитывать возможность и стоимость доставки и хранения реагентов.

Надежность водоснабжения при устройстве протяженных односторонних тупиковых трубопроводов обеспечивается временным резервированием, то есть устройством аварийных запасов воды в непосредственной близости от потребителей. Следует учитывать, что кольцевание водоводов и подключение соседних водопроводов обычно не повышают оперативной надежности. Кольцевание водоводов эффективно при периметре колец не более 15...20 км. Для повышения надежности необходимо рассмотреть возможность подачи воды транзитом из предыдущей зоны через отказавшую насосную станцию перекачки и наоборот, подачу воды из аварийных запасов насосной станции в предыдущую зону

Очень важный этап проектирования групповых водопроводов – трассировка водоводов, конфигурацию которых, как правило, задает специалист на основании инженерного опыта. Рассматривают несколько наиболее перспективных вариантов и проводят их технико-экономическое сопоставление. Все методы определения оптимальной трассировки можно объединить в четыре группы: графические – используют принципы построения силовых веревочных многоугольников, дают мощную погрешность; графоаналитические – одни предполагают графическое построение по результатам расчетов, учитывающих удельный вес водопотребителей, условия местности и снижения критериев оптимальности; математические, позволяющие с помощью программы оптимизировать первоначально заданную избыточную сеть; метод конкурирующих вариантов.

При трассировке водоводов необходимо также учитывать: наличие зон ограничений и запретов; условия производства работ и эксплуатации; возможность снижения напоров, стоимости трубопроводов и сокращения числа линейных сооружений (колодцы, дюкеры, эстакады, выпуск» и т. д.) при верхнем трассировании; перспективу развития и подключения дополнительных, в том числе и временных, объектов.

Тип труб для водоводов выбирают на основании технико-экономических расчетов в зависимости от категории системы,

требуемых и статических напоров, наличия труб и насосов силового оборудования. При проектировании групповых водопроводов нельзя забывать, что из-за значительной неравномерности водопотребления, особенно в начальные периоды, даже и наиболее удаленных участках водоводов напоры могут подняться до статических. Это, как правило, исключает возможность использования здесь менее прочных труб, прямого присоединения разводящих сетей, использования диафрагм для ограничения напоров.

Свободные напоры в конце зоны нагнетательного групповых водопроводов должны составлять не менее 3..5 м, а гравитационного – не более допустимых для труб. В последнем случае обычно подразумевают расчетные, а не статические напоры, так как запорно-регулирующую арматуру на трубопроводах не устанавливают.

Расчет основных сооружений групповых водопроводов проводят на конец расчетного срока для суток максимального водопотребления. При этом насосные станции и водоводы должны работать равномерно со среднечасовой подачей. Гидравлический расчет и определение экономических диаметров тупиковых водоводов с сосредоточенными отборами проводят по обычной методике. Если водоводы закольцованы, а в узлах расположены насосные станции подкачки, то сеть рассчитывают как тупиковую. После подбора насосов расчетные значения корректируют с целью более полного использования располагаемых напоров. Диаметры отводов от магистральных водоводов определяют в зависимости от типа узлов присоединения как экономические или из условия использования избыточных напоров при допустимых скоростях.

6.3. Системы пастбищного водоснабжения

Вековой опыт и международная практика показывают, что пастбищное животноводство – одна из самых рентабельных отраслей в производстве животноводческой продукции. Пастбища можно использовать с наибольшим эффектом для развития отгонного животноводства только при наличии

достаточного количества воды. В силу этого проблема обеспечения водой потребителей была и остается самой важной, причем капитальные вложения, направленные на обводнение и освоение пастбищ, окупаются в два раза быстрее, чем в других отраслях сельского хозяйства.

В улучшении обеспечения населения мясом, молоком, шерстью важная роль принадлежит дальнейшему развитию отгонного животноводства, которое по сравнению с производством указанной продукции на фермах имеет ряд преимуществ: продукция, получаемая в условиях пастбищ, более дешевая и требует меньших затрат труда; заготовка кормов в большинстве случаев исключается, так как животные в течение весенне-осеннего периода добывают их сами.

Специфические особенности пастбищного водоснабжения проявляются в следующем: использование воды в пастбищах носит сезонный характер; снабжение водой животных на пастбищах осуществляется в определенных специально оборудованных местах, называемых **водопойными пунктами**.

Размеры участков пастбищного водоснабжения определяются допустимой нагрузкой на кормовые угодья (дебитом имеющихся или возможных водоисточников). При этом необходимо обеспечить, чтобы расстояние от пастбища до водопойного пункта преодолевалось скотом без утомления и снижения его продуктивности. Это расстояние называется **радиусом водопоя**. Для равнинной местности его принимают: для крупного рогатого скота 3–4 км; лошадей и верблюдов – 4–5 км; овец и коз – 2,5–4 км; свиноматок и откормочных свиней – 0,5–1 км. В засушливых районах, недостаточно обеспеченных водой, и при малой урожайности пустынных пастбищ радиус водопоя увеличивают, а для пастбищ в условиях холмистой или овражистой местности его уменьшают. При этом на каждый выпасном участке следует иметь отдельный водопойный пункт.

Пастбища обычно разбиваются на участки и закрепляются за отдельными гуртами, табунами или отарами. Содержат животных группами: крупный рогатый скот по 100–200 голов; лошадей по 100–150 голов; овец от 600 до

1000 голов. Водопойный пункт устраивается в центре участка, в легкодоступном и незаболоченном месте. На рис. 6.9 показаны схемы размещения водопойных пунктов на пастбищах.

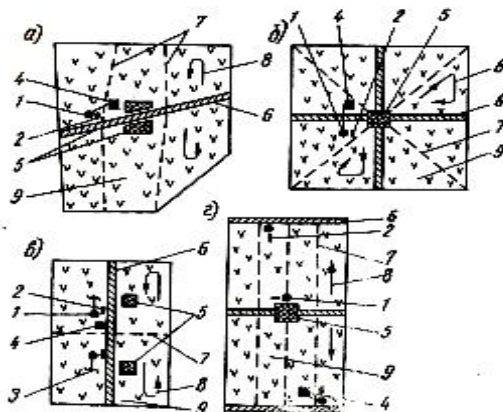


Рис. 6.9. Схемы размещения водопойных пунктов:

- а) на обычном пастбищном участке; б) на пастбищном участке квадратной формы; в) и г) при наличии на участке двух и трех водопойных пунктов; 1 – источник водоснабжения; 2 – водопойный пункт; 3 – водозаборные сооружения; 4 – ферма; 5 – стойбище; 6 – скотопрогоны; 7 – граница участков; 8 – движение животных; 9 – пастбища

При использовании отгонных пастбищ животные с одного пастбища по их стравливанию согласно графику перегоняются на другое. Перегон проводится по скотопрогонам. Он занимает длительное время, поэтому на трассах перегона также сооружают водопойные пункты на расстоянии 18–25 км при движении без пастбы, а с пастбой – на расстоянии 8–12 км один от другого.

Добывание подземных вод на пастбищах осуществляется с помощью шахтных или неглубоких трубчатых колодцев. Потребность в воде для водопойного пункта определяется в соответствии с существующими нормами суточного водопотребления и с учетом всех потребителей воды,

обслуживаемых данным центром пастбищного водоснабжения (включая людей, продуктивный и рабочий скот и эксплуатируемую на пункте технику). Подсчитав потребность в воде в сутки для данного участка пастбищного водоснабжения, можно определить необходимый дебит водоисточника, а также выбрать типы необходимых технических средств и сооружений и размеры водопойных устройств (корыт, групповых поилок и др.).

Схема водопойного пункта показана на рис. 6.10. Вода из шахтного колодца 1 поднимается насосом 6, приводимым в работу двигателем 2, и по трубе 5 подается в резервуар 3, из которого сомотеком поступает в корыто 4, установленное на водопойной площадке 7.

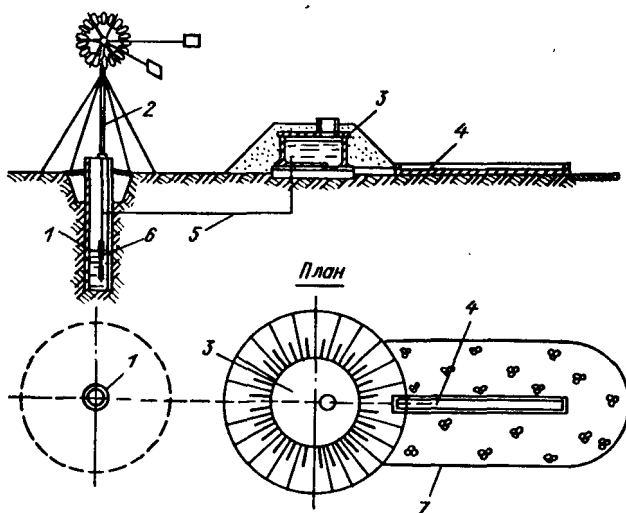


Рис. 6.10. Схема водопойного пункта:

1 – колодец; 2 – ветродвигатель; 3 – резервуар; 4 – водопойное корыто; 5 – труба; 6 – насос; 7 – водопойная площадка

6.4. Системы полевого водоснабжения

Полевой стан – вспомогательный производственно-жилищный центр, организуемый для механизаторов на отдаленных от

населенных пунктов земельных участках на период полевых работ.

Полевые станы делятся на передвижные, состоящие из вагончиков, передвигаемых за полеводческой бригадой; временные, разворачиваемые в палатках, будках, и постоянные – постройки типа домов облегченных конструкций.

Особенность этих систем водоснабжения заключается, прежде всего, в сезонном характере их работы. Полевые станы работают с ранней весны и до поздней осени. В этот период система водоснабжения полевого стана должна обеспечить людей, работающих в поле, водой питьевого качества, а двигатели автомобилей, тракторов, комбайнов и других сельскохозяйственных машин. На полевых станах, обслуживающих пропашные культуры, необходимо предусматривать подачу воды для жидкой подкормки растений.

Решение схемы водоснабжения полевого стана зависит главным образом от источника водоснабжения. Для обеспечения водой используются источники подземной воды (водопроводные скважины, шахтные колодцы, родники), поверхностные водоемы, дождевая вода, вода из снега и льда.

При наличии подземных вод питьевого качества с жесткостью не более 7 мг-экв/л схема водоснабжения полевого стана будет состоять из водозабора с водоподъемной установкой, регулирующей емкости, водоразборной колонки для снабжения водой людей и крана для заправки водой двигателей сельскохозяйственных машин. При использовании источников, воды которых требуют очистки, обеззараживания и умягчения, в схему водоснабжения включается установка по улучшению качества воды. Обычно для этой цели используются передвижные установки по очистке, обеззараживанию и умягчению воды, которые монтируются на автоприцепах и обслуживают несколько полевых станов [4, 32].

Снабжение водой работающих на полях потребителей производят путем устройства специальных полевых пунктов водоснабжения, обслуживающих определенные полевые участки.

Полевые пункты водоснабжения желательно размещать в центральной части полевых участков с учетом наличия

водоисточников. На рис. 6.11 приведены схемы полевого пункта водоснабжения.

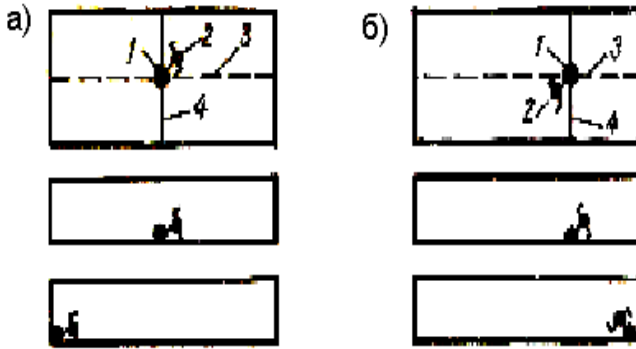


Рис. 6.11. Схемы типового размещения полевого пункта водоснабжения:

а) при равномерном расходе воды; б) при неравномерном расходе воды; 1 – источник водоснабжения; 2 – водоразборное устройство; 3 – граница клеток; 4 – линия обслуживания

Крупными водопотребителями на полевых участках являются трактора, комбайны и другие сельскохозяйственные агрегаты. Они обеспечиваются водой с жесткостью не более 7 мг-экв/л из расчета 1 л/сут на 1 л с их мощности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Послание Президента Республики Казахстан Н. А. Назарбаева народу Казахстана. «Новое десятилетие – новый экономический подъем – новые возможности Казахстана», 2010.
2. Программа «Ақ бұлақ» по обеспечению населения качественной питьевой водой и услугами водоотведения на 2011–2020 годы, 2011.
3. *Абрамов Н. Н.* Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1979. – 371 с.
4. *Оводов В. С.* Сельскохозяйственное водоснабжение и обводнение. – М.: Колос, 1984. – 480 с.
5. *Сомов М. А.* Водопроводные системы и сооружения. – М.: Стройиздат, 1988. – 399 с.
6. *Карамбиров Н. А.* Сельскохозяйственное водоснабжение. – М.: Колос, 1978. – 445 с.
7. СНиП РК 4.01.02–2001. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – Астана, 2002. – 215 с.
8. *Медиоланская М. М., Мезенева Е. А., Колобова С. В.* Проектирование водопроводных сетей: Учеб. пособие. – Вологда: ВТУ, 1999. – 150 с.
9. *Сомов М. А. Квитка Л. А.* Водоснабжение: – М.: ИНФРА-М, 2007. – 287 с.
10. *Оспанов Қ. Т.* Өндірісті сумен жабдықтау және суын ақету. – Алматы: ҚазҰТУ, 2010. – 112с.
11. *Тюменев С. Д.* Водные ресурсы и водообеспеченность территории Казахстана. – Алматы: КазНТУ. – 2009.
12. *Журба М. Г., Соколов Л. И., Говорова Ж. М.* Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: издание второе, переработанное и дополненное. – 1, 2, 3 тома. – М.: Изд-во АСВ, 2003. – 1028 с.
13. ГОСТ 2874–82. Вода питьевая. – Введ. 01.01.84. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 8 с.
14. *Николадзе Г. И., Сомов М. А.* Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1995. – 688 с.

15. *Антоненко В. Н.* Водоснабжение и ирригация: Учебник. – Алматы: КазНТУ, 2001. – 166 с.
16. *Олейник В. Н. и др.* Справочник по сельскохозяйственному водоснабжению. – М.: Агропромиздат, 1992.
17. *Карелин В. Я., Минаев А. В.* Насосы и насосные станции: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1986. – 320 с.
18. *Қ. Т. Оспанов.* Ауыл шаруашылығын сумен жабдықтау және суландыру. – Алматы: ҚазҰТУ, 2011. – 26 с.
19. *Палишкин Н. А.* Гидравлика и сельскохозяйственное водоснабжение. – М.: ВО Агропромиздат, 1990.
20. *Николадзе Г. И., Минц Д. М., Кастальский А. А.* Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения. – М.: Высшая школа, 1984.
21. *М. Мырзахметов., Е. Т. Тоғабаетов.* Суды тазалау техникасы мен технологиясы: Оқулық. – Алматы: ҚазҰТУ, 2010. – 190 с.
22. *Фетисов В. Д., Завгородняя И. В.* Проектирование и расчёт системы водоснабжения сельского населённого пункта. – Краснодар, 2004. – 112 с.
23. *Белан А. Е., Хоружий П. Д.* Проектирование и расчет устройств водоснабжения. – Киев: Будівельник, 1981. – 312 с.
24. *Шевелев Ф. А., Шевелев А. Ф.* Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: Справ, пособие. – М.: Стройиздат, 1995. – 176 с.
25. *Тажибаетов Л. Е.* Основы водоснабжения и обводнения сельскохозяйственных регионов Казахстана. – Алматы: Кайнар, 1969. – 299 с.
26. *Смагин В. Н., Небольсина К. А., Беляков В. М.* Курсовые и дипломное проектирование по сельскохозяйственному водоснабжению. – М.: Агропромиздат, 1990. – 336 с.
27. Рекомендации по инженерному оборудованию сельских населенных пунктов. Часть 2. Водоснабжение/ ЦНИИЭП инженерного оборудования. – М.: Стройиздат, 1984. – 80с.
28. *Кедров В. С., Ловцов Е. Н.* Санитарно-техническое оборудование зданий. – М.: Стройиздат, 1989. – 495 с.

29. *Староверов И. Р.* Внутренние санитарно-технические устройства. Водопровод и канализация: Справочник проектировщика. – 4-е изд. – М.: Стройиздат, 1990. – 247 с.

30. *Иванов Е. Н.* Противопожарное водоснабжение. – М: Стройиздат, 1986. – 316 с.

31. СНиП РК 4.01–41–2006. Внутренний водопровод и канализация зданий. – Астана, 2007. – 71 с.

32. *Журба М. Г.* Сельскохозяйственное водоснабжение. – Кишинев: Universitas, 1991. – 284 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. СИСТЕМЫ И СХЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ.....	6
1.1. Классификации систем водоснабжения.....	6
1.2. Нормы водопотребления и режим работ систем водоснабжения.....	10
1.2.1. Режимы водопотребления	18
1.2.2. Взаимосвязь в работе сооружений систему подачи и распределения воды	22
ГЛАВА 2. ПРИРОДНЫЕ ИСТОЧНИКИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ.....	27
2.1. Водные ресурсы Республики Казахстан и оценка их как возможных источников водоснабжения.....	27
2.2. Водозаборные сооружения из поверхностных источников	36
2.3. Водозаборные сооружения для забора подземных вод	43
2.3. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения...	50
ГЛАВА 3. НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ И СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ	54
3.1. Типы насосных станций систем сельскохозяйственного Водоснабжения.....	54
3.2. Определение расчетного напора	60
3.3. Выбор типа и числа устанавливаемых насосов	65
3.4. Качество воды и методы ее улучшения	68
3.5. Коагулирование примесей воды. Смесители и камеры хлопьеобразования.....	71
3.6. Отстойники и фильтры. Обеззараживание воды ...	74
ГЛАВА 4. ВОДОПРОВОДНАЯ СЕТЬ И РЕГУЛИРУЮЩИЕ ЕМКОСТИ.....	83
4.1. Общая характеристика водоводов и водопроводных сетей	83
4.2. Теоретические основы и методы расчета водопроводных сетей	88
4.3. Устройство водопроводных сетей и водоводов....	95
4.4. Реконструкция наружной водопроводной сети	104
	161

4.5. Запасные и регулирующие емкости	112
4.6. Зонные системы водоснабжения	119
ГЛАВА 5. ВНУТРЕННИЙ ВОДОПРОВОД И ПРОТИВОПОЖАРНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ	122
5.1. Классификация внутренних водопроводов	122
5.2. Элементы внутреннего водопровода	127
5.3. Противопожарные водопроводы	133
ГЛАВА 6. ОСОБЕННОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ.....	139
6.1. Водоснабжение животноводческих предприятий....	139
6.2. Групповые водопроводы	148
6.3. Системы пастбищного водоснабжения	152
6.4. Системы полевого водоснабжения	155
Библиографический список	158

Учебное издание

Оспанов Кайрат Тулегенович

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ

Учебное пособие

Нач. РО УИЦ

З. А. Губайдулина

Редактор

З. А. Губайдулина

Компьютерная верстка

А. Б. Аришова

Подписано в печать 18.04.2014 г.

Бумага типографская № 1. Формат 60х84 1/16. Тираж 300 экз
Усл. печ. л. 9,3. Уч.-изд. л. 10,1. Заказ № 43. Цена договорная.

Издание Казахского национального технического
университета им. К. И. Сатпаева
Учебно-издательский центр КазНТУ,
г. Алматы, ул. Сатпаева, 22

ISBN 978-601-228-642-7



9

7 8 6 0 1 2 2 8 6 4 2 7