

ВОДОСНАБЖЕНИЕ

ВОДОПРОВОДНЫЕ СЕТИ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ

Конспект лекций для группы БВВ-171

Содержит сведения, предназначенные для студентов очного и заочного обучения специальности «Водоснабжение и водоотведение», изучающих специальную дисциплину «Водоснабжение «Водопроводные сети».

Водопроводная сеть является одним из наиболее дорогостоящих сооружений в общей системе водоснабжения. Она должна обеспечивать подачу заданных расходов воды к местам ее потребления под необходимым напором. Работа водопроводной сети неразрывно связана с насосными станциями, водоводами, регулирующими и запасными емкостями. Поэтому приобретение навыков проектирования, строительства и эксплуатации водопроводных сетей является одной из основных задач студентов специальности «Водоснабжение и водоотведение».

Лекции рассчитаны на 17 часов аудиторных занятий и не менее 34 часов самостоятельной работы, читаются студентам очного обучения один семестр на третьем курсе. Для систематизации работы над материалом в приложении к конспекту помещены контрольные вопросы и список рекомендуемой литературы.

По дисциплине Водоснабжение (раздел «Водопроводная сеть») учебной программой предусмотрена разработка курсового проекта.

Лекция № 1

Основные понятия о водоснабжении; санитарное, экономическое и техническое значение водоснабжения. Краткая история развития водоснабжения.

Водоснабжение представляет собой комплекс инженерных сооружений и устройств, обеспечивающих получение воды из природных источников, ее очистку, транспортирование и подачу потребителям. Системы водоснабжения, которые строятся в местах, где живут и работают люди, и функционируют производственные предприятия относятся к системам жизнеобеспечения.

Потребление воды превосходит суммарное потребление всех видов остальных ресурсов и продукции. Так для добычи одной тонны нефти необходимо затратить не менее 10 м^3 воды, а для производства одной тонны стали используется примерно 100 м^3 воды. Чтобы получить одну тонну бумаги потребуется 250 м^3 воды, а для изготовления одной тонны капрона – 5600 м^3 и т.д.

Снабжение потребителей водой высокого качества и в достаточном количестве имеет большое санитарно-гигиеническое, экономическое и техническое значение.

Санитарно-гигиеническое значение водоснабжения заключается в том, чтобы обеспечить население чистой, доброкачественной водой, водой которая полностью предотвращает заболевание людей. Экономическое и техническое значение водоснабжения заключается в обеспечении в достаточном количестве и с необходимым качеством водой промышленность страны.

Водоснабжение в России получило всестороннее развитие в основном в 20 веке. До этого периода строительство целенаправленных систем водоснабжения развивалось медленно. К первым отечественным централизованным водопроводам, построенным в XI – XIV веках относятся: водопровод Новгородского Кремля; водопровод Ферганской Долины.

В XV веке строится самотечный родниковый водопровод Московского Кремля, а в XVII веке этот водопровод перестраивается с искусственным водоподъёмом. В 1721 – 1723 годах сооружаются знаменитые на весь мир Петергофские фонтаны. Сегодня их производительность превышает 3500 л/с. В 1749 году строится водопровод для Царского Села (г. Пушкин). В 1804 году сооружается первый Московский самотечный водопровод из села «Большие Мытищи», известный сегодня, как Мытищинский водопровод.

В XIX веке водопроводная техника развивается быстрыми темпами. Следует отметить, что для решения научных и инженерных задач

водопроводной техники много сделали русские ученые и инженеры: как А.В.Белелюбский, А.И.Дельвиг, В.Е.Тимонов, Н.Е.Жуковский, И.П.Зимин, К.М.Игнатов, Ш.И.Черепашинский, Н.К.Чижев и др. Многие задачи теории и практики водоснабжения решили советские ученые: Н.Н.Абрамов, В.М.Бочеввер, Н.Н.Гениев, В.С.Дикаревский, Н.А.Кашкаров, В.А.Клячко, Л.Ф.Мошнин, В.Г.Лобачев, Н.Г.Малишевский, М.Т.Турчинович и многие другие.

Основные категории водопотребителей.

Все виды потребления воды сводится к нескольким основным категориям.

К первой категории относится хозяйственно-питьевое потребление воды. Оно связано с жизнедеятельностью людей.

Ко второй категории относится потребление воды в коммунально-бытовом секторе (прачечные, химчистки, магазины, пункты общественного питания, а также хозяйства, использующие воду для полива территории и зеленых насаждений).

К третьей категории относится потребление воды в технологических процессах производств.

Четвертая категория предусматривает использование воды на пожаротушение.

Классификация систем водоснабжения.

Система водоснабжения – комплекс взаимосвязанных сооружений, обеспечивающих потребителей водой в требуемом количестве и заданного качества. Система водоснабжения включает в себя сооружения для забора воды из источника водоснабжения, её транспортирование, обработки, хранения, регулирования подачи и распределения между потребителями.

Системы водоснабжения классифицируют по следующим признакам:

по н а з н а ч е н и ю: - хозяйственно-питьевые; - производственные; - противопожарные;

по х а р а к т е р у и с п о л ь з у е м ы х и с т о ч н и к о в в о д о с н а б ж е н и я : - из поверхностных источников (реки, озера, водохранилища, моря и т.д.); - из подземных источников (артезианские, грунтовые и т.д.);

по т е р р и т о р и а л ь н о м у п р и з н а к у : - локальные (одного объекта); - групповые или районные (группы объектов);

по с п о с о б а м п о д а ч и в о д ы: - самотечные (гравитационные);

- напорные (с подачей воды насосами);

по видам обслуживаемых объектов: - городские; - поселковые; - промышленные и т.д.;

по кратности использования потребляемой воды:

- прямоточные; - с последовательным использованием воды; - оборотные;

- замкнутые;

по территориальному: - местные; - районные; - групповые;

- внеплощадочные; - внутриплощадочные;

по способу доставки и распределения воды:

- централизованные; - децентрализованные; - комбинированные.

по надежности или степени обеспеченности подачи воды централизованные системы водоснабжения делятся на три категории (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Категория надежности подачи воды.

Численность населения, тыс. чел.	Категория	Допустимое снижение подачи воды,	Длительность снижения подачи воды, сут.	Допустимый перерыв в подаче воды
$> 50 \leq 50 < 50$	I II III	$\leq 30 \leq 30 \leq 30$	$\leq 3 \leq 10 \leq 15$	≤ 10 мин. ≤ 6 час. ≤ 24 час.

Общая схема водоснабжения населенного пункта представлена на рис. 1.1

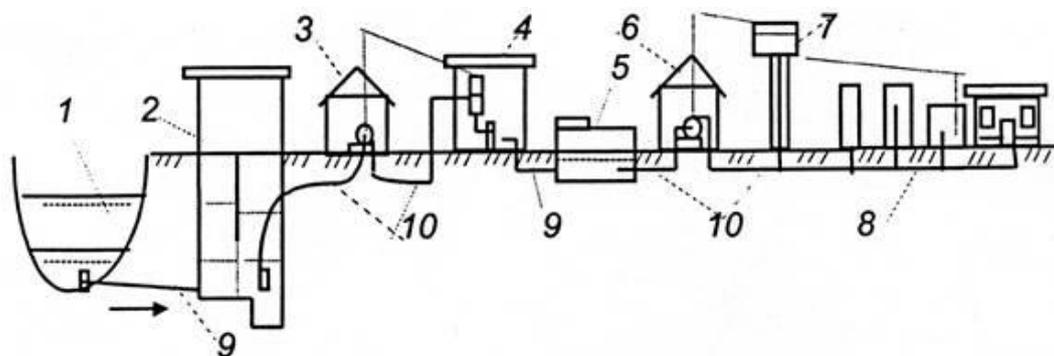


Рис. 1. Общая схема водоснабжения населенного пункта:

1 - источник водоснабжения; 2 - водозаборные сооружения; 3 - насосная станция I - подъема; 4 - водоочистная станция; 5 - резервуар чистой воды; 6 - насосная станция II - подъема; 7 - водонапорная башня; 8 - распределительная сеть населенного пункта; 9 - самотечные воды; 10 - напорные водопроводы.

Схема водоснабжения – последовательное расположение сооружений от источника водоснабжения до потребителя воды.

Назначение основных сооружений схемы водоснабжения следующее:

источник водоснабжения используется для получения необходимого количества воды в течение длительного периода эксплуатации, может быть поверхностным или подземным. Мощность источника водоснабжения должна быть достаточной для забора требуемых количеств воды без нанесения ущерба сложившейся экологической обстановки;

водозаборные сооружения служат для приема воды из источника. Из природных поверхностных источников забор воды осуществляется береговыми или русловыми водоприемниками, из подземных – водозаборными скважинами;

насосные станции и подают воду по трубам на очистные сооружения и к месту водопотребления. Из источника водоснабжения вода, как правило, перекачивается на очистные сооружения насосной станцией I подъема, после очистки подается водопотребителям насосной станцией II подъема;

водоочистные станции и предназначены для очистки воды;

резервуары чистой воды (РЧВ) используются для регулирования неравномерности режима работы насосных станций I и II подъемов, а также хранения аварийных и противопожарных объемов воды;

напорно-регулирующие сооружения (водонапорные башни) и другие сооружения для хранения и аккумуляции воды предназначены для сглаживания неравномерности водопотребления и подачи воды насосами, а также для создания необходимых напоров в водопроводной сети;

распределительная сеть населенного пункта используется для транспортирования воды непосредственно к потребителям, прокладывается по всем улицам населенного пункта;

самотечные водоводы предназначены для слива воды с очистных сооружений в резервуары чистой воды;

напорные водоводы служат для перекачивания воды насосной станцией на очистные сооружения или в напорно-регулирующие сооружения и распределительную сеть.

Лекция № 2

Схемы водоснабжения различных назначений.

В зависимости от местных природных условий и характера потребления воды, а также в зависимости от экономических соображений схема водоснабжения и составляющие ее элементы могут меняться весьма значительно. Большое влияние на схему водоснабжения оказывает принятый источник водоснабжения: его характер, мощность, качество воды в нем и т.п.

Наиболее часто применяются следующие схемы водоснабжения:

а. Схема водоснабжения с забором воды из открытого источника (реки) была приведена выше (см. рис. 1).

При использовании поверхностных вод применяют водозаборные сооружения различных типов и конструкций. Сопоставление качества воды данного источника и требований, предъявляемых к ней потребителями, определяют необходимость её очистки или обработки.

Если очистка воды не требуется, схема водоснабжения упрощается. Отпадает необходимость не только в очистных сооружениях, но часто и в связанных с ними резервуарах и насосной станции второго подъема.

б. Схема водоснабжения с забором воды из подземных источников (рис. 2.1).

По этой схеме воду из подземных источников берут обычно из нескольких скважин, в которые опускают погружные электронасосы.

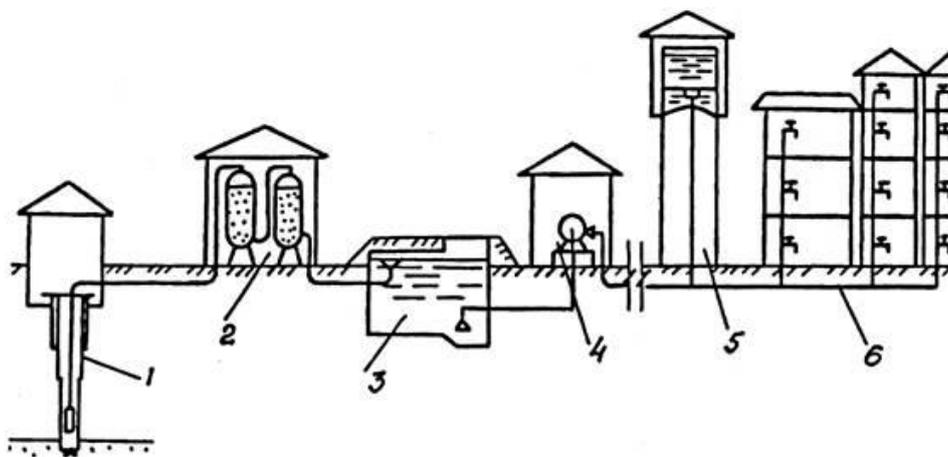


Рис. 2. Схема водоснабжения с забором воды из подземного источника:

- 1 - артезианская скважина с насосом; 2 - водоочистная станция;
- 3 - резервуар чистой воды; 4 - насосная станция II - подъема;
- 5 - водонапорная башня; 6 - водопроводная сеть.

В пунктах с небольшим водопотреблением, характерных для железнодорожных объектов, надобность в устройстве резервуаров чистой воды и насосной станции II подъема отпадает. В этих случаях из каждой

скважины воду подают электронасосами через напорные фильтры в водонапорную башню и в сеть.

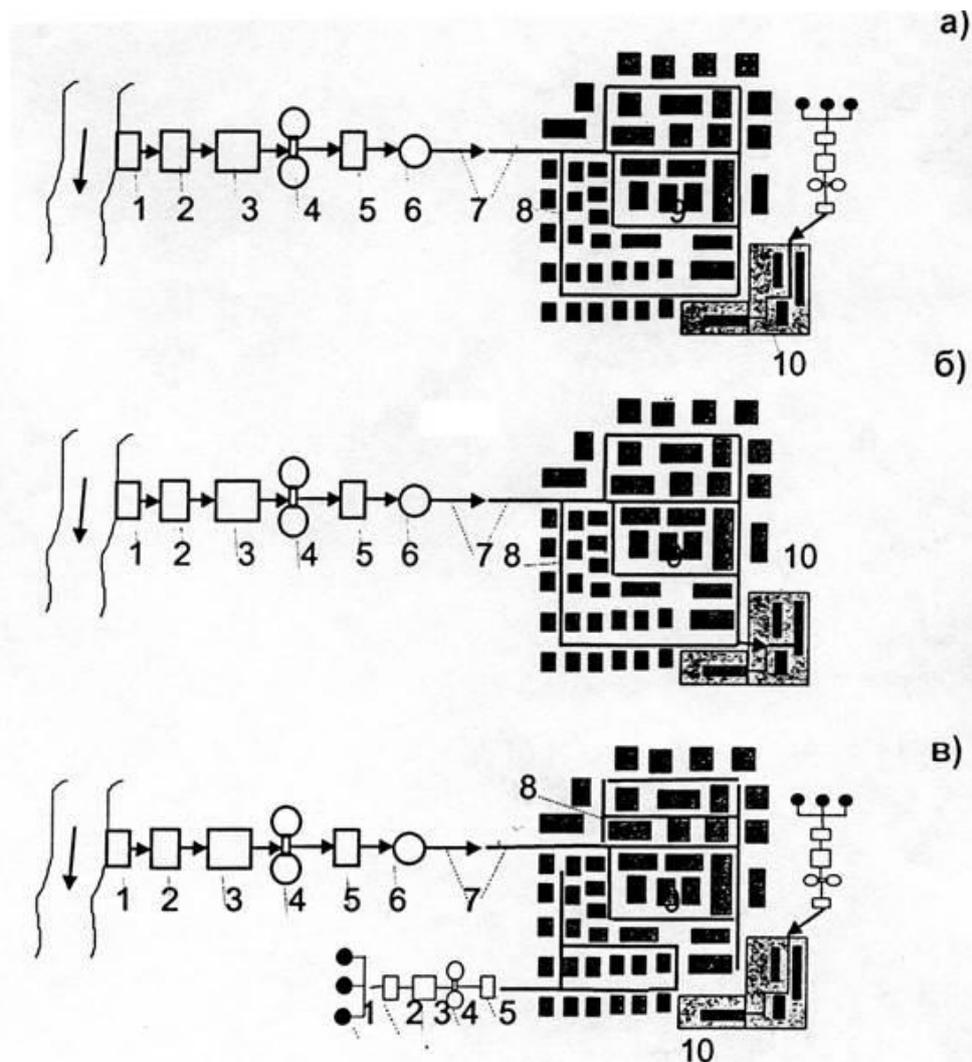


Рис. 3. Системы водоснабжения:

а – централизованная раздельная; б – централизованная объединенная; в – комбинированная;

1 – водозаборные сооружения; 2 – насосная станция I – подъема; 3 – водоочистная станция; 4 – резервуары чистой воды; 5 – насосная станция II – подъема; 6 – водонапорная башня; 7 – водоводы; 8 – распределительная водопроводная сеть; 9 – населенный пункт; 10 – производственная зона.

в. В населенных пунктах, как правило предусматривают централизованные системы водоснабжения, которые могут быть устроены по следующим схемам (рис. 3): раздельной, объединенной или комбинированной.

Раздельные схемы (рис. 3, а) используют в населенных пунктах, где имеются промышленные предприятия с большим объемом потребления воды, не требующей очистки.

Объединенные схемы (рис. 3, б) устраивают в городах для подачи воды на хозяйственно-противопожарные нужды, в также на хозяйственные и

технические нужды тех предприятий, для которых требуется вода питьевого качества. Обычно в городах имеются также ряд промышленных предприятий, каждое из которых потребляет относительно небольшое количество воды и не требует воды питьевого качества. Вследствие их разбросанности по территории города оказывается все же более целесообразным снабжать их очищенной водой из объединенного водопровода, чем устраивать для них самостоятельные производственные водопроводы неочищенной воды.

г. С х е м ы п р о и з в о д с т в е н н о г о в о д о с н а б ж е н и я (рис. 4)

Такие схемы применяют для промышленных предприятий. Они могут быть прямоточными, с повторным использованием воды и оборотными.

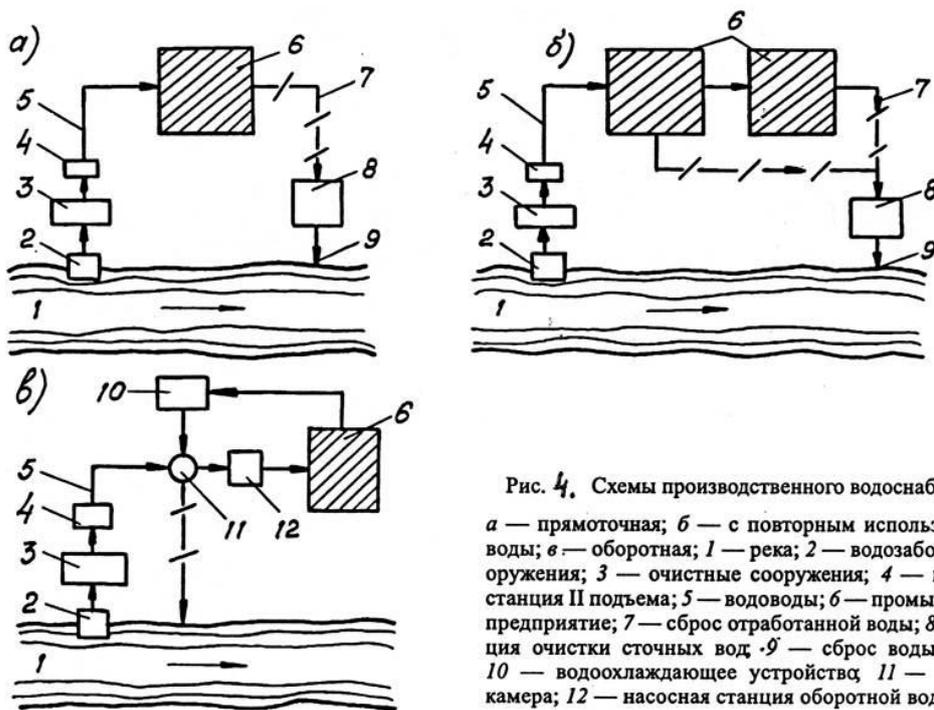


Рис. 4. Схемы производственного водоснабжения:

a — прямоточная; *б* — с повторным использованием воды; *в* — оборотная; 1 — река; 2 — водозаборные сооружения; 3 — очистные сооружения; 4 — насосная станция II подъема; 5 — водоводы; 6 — промышленное предприятие; 7 — сброс отработанной воды; 8 — станция очистки сточных вод; 9 — сброс воды в реку; 10 — водоохлаждающее устройство; 11 — сборная камера; 12 — насосная станция оборотной воды

Прямоточная схема (рис. 4, а) предусматривает забор воды для производственных целей из водоемисточника насосной станцией и подачу ее в полном объеме по водопроводной сети. После использования в технологическом цикле вода сбрасывается в водоем после соответствующей очистки.

Схема с повторным использованием воды (рис. 4, б) предусматривает последовательное использование воды несколькими потребителями, после чего происходит ее сброс в сеть водоотведения для обработки в очистных сооружениях.

В схеме с обратным водоснабжением (рис. 4, в) вода, участвующая в технологическом процессе, не сбрасывается в водоем, а после обработки вновь возвращается в производственный цикл. Пополнение потерь воды (3 – 5 % - испарение, утечки) в оборотный цикл восполняется из источника.

д. Схемы местного водоснабжения (рис. 5) применяют для снабжения водой отдельных зданий или малочисленных групп населения, в этой схеме обычно используются подземные источники с забором воды из водозаборных скважин, горизонтальных водосборов и шахтных колодцев.

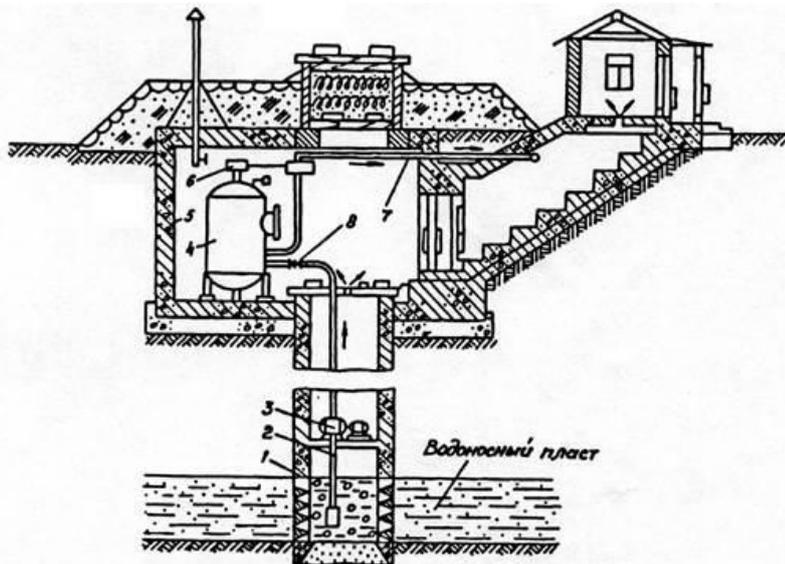


Рис. 5. Схема местного водоснабжения:

1 — шахтный колодец; 2 — всасывающая труба насоса; 3 — насос; 4 — воздушно-водяной бак; 5 — подземная камера; 6 — реле давления; 7 — напорно-разводящий трубопровод; 8 — напорная труба



Рис. 7. Схема водоснабжения с групповыми водопроводами:

1 — головные водопроводные сооружения; 2 — напорные трубопроводы; 3 — объекты водоснабжения; 4 — резервуары-накопители чистой воды; 5 — насосные станции

В маловодных районах для подачи воды в несколько центров обводнения (железнодорожные станции, населенные пункты, фермы, полевые станы, совхозы, пастбища и другие объекты) применяют **схемы водоснабжения с групповыми водопроводами** (рис. 7).

Для этой схемы характерна большая протяженность водоводов, которая иногда достигает сотен километров. В состав групповых водопроводов входят ряд насосных станций и резервуаров-накопителей чистой воды, а также мощные очистные сооружения. С целью бесперебойного снабжения водой потребителей в случае аварии на магистральных водоводах на территории объектов помимо водонапорных башен устраивают резервуары.

Лекция 3

Общие понятия о водопотреблении и режимах расходования воды.

Режим работы отдельных сооружений системы водоснабжения определяется режимом расходования воды потребителями, который непрерывно меняется в течении всего периода эксплуатации. Потребители расходуют воду на протяжении года, суток и часов весьма неравномерно.

Для определения расходов воды в населенном пункте в разное время года по данным среднесуточного за год расхода воды вводятся понятия *коэффициентов суточной неравномерности водопотребления*, которые учитывают уклад жизни людей, режим работы предприятий, степень благоустройства зданий, изменение водопотребления по сезонам года и дням недели. Значения этих коэффициентов принимаются в следующих пределах: $K_{сут. max} = 1,1 \dots 1,3$; $K_{сут. min} = 0,7 \dots 0,9$.

В течение суток также заметны довольно значительные колебания часовых расходов, вызываемые сменой дня и ночи, распорядком работы, различными случайными явлениями. Часовые расходы воды потребителями колеблются на протяжении суток от $Q_{ч. max}$ до $Q_{ч. min}$.

Режим расходования воды на хозяйственно-питьевые нужды в населенных пунктах зависит от числа жителей, степени развития промышленности и ряда других факторов и характеризуется *коэффициентами часовой неравномерности водопотребления*, значения которых для населенных пунктов определяют по следующим формулам

$$K_{ч. max} = \alpha_{max} \cdot \beta_{max} ; \quad K_{ч. min} = \alpha_{min} \cdot \beta_{min} \quad (1)$$

Коэффициент α учитывает степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия. Он принимается равным:

$$\alpha_{max} = 1,2 \dots 1,4; \quad \alpha_{min} = 0,4 \dots 0,6$$

Коэффициент β учитывает влияние численности населения объекта, и его выбирают в зависимости от числа жителей N :

N , тыс.чел. до 1 1,5 2,5 4 6 10 20 50 100

$\beta_{max} \dots \dots \dots 2 \ 1,8 \ 1,6 \ 1,5 \ 1,4 \ 1,3 \ 1,2 \ 1,15 \ 1,1$

$\beta_{min} \dots \dots \dots 0,1 \ 0,1 \ 0,1 \ 0,2 \ 0,25 \ 0,4 \ 0,5 \ 0,6 \ 0,7$

Коэффициенты часовой неравномерности производственного водопотребления $K_{ч. max n}$ и $K_{ч. min n}$ устанавливаются технологическим проектом предприятия.

Следует отметить, что в течение часа расходование воды потребителями также неравномерно. Однако учет этой неравномерности водопотребления значительно усложняет расчет, не давая существенного его уточнения. Поэтому в практике проектирования и расчета системы водоснабжения с достаточной для практических целей точностью принимают равномерное в течение часа расходование воды.

Нормы водопотребления на хозяйственно-питьевые, производственные и противопожарные нужды.

Нормой водопотребления называют количество воды, расходуемое данным потребителем за определенный промежуток времени или количество воды, необходимое для производства единицы продукции.

Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления учитывают расходы на все хозяйственно-питьевые нужды людей как в жилых, так и в общественных зданиях (столовых, банях, прачечных, кинотеатрах и т.д.). Принимаются в соответствии с указаниями СНиП. (Водоснабжение) и приведены в табл. 2. При этом для населенных пунктов нужды местной промышленности, обслуживающей население, а также нужды неучтенных потребителей допускается учитывать дополнительно в размере 5 – 10% суммарного расхода хозяйственно-питьевого водопотребления населения.

Таблица 2

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 с водопользованием из уличных водоразборных колонок	30 – 50

Большие значения расходов (в пределах указанных в табл. 2 норм) следует принимать для южных районов, а меньшие – для северных.

Нормы потребления для определения расчетных расходов в отдельных *общественных зданиях* при необходимости учета сосредоточенных расходов следует принимать в соответствии с

требованиями СНиП (Внутренний водопровод и канализация зданий). Эти нормы приведены в табл. 3.

Таблица 3

Водопотребитель	Измеритель	Норма расхода воды в сутки максимального водопотребления, л/сут.
Общежития без душевых	1 житель	
Общежития с душевыми	то же	
То же, со столовыми и прачечными, а также гостиницы и пансионаты с общими ванными		
Гостиницы и пансионаты с ваннами в отдельных номерах		
Больницы, санатории и дома отдыха общего типа	1 койка	
Санатории и дома отдыха с ваннами во всех жилых комнатах	то же	
Детские сады-ясли с дневным пребывание детей	1 ребенок	
То же с круглосуточным пребыванием	то же	
Школы-интернаты	1 место	
Школы	1 учащийся	
Пионерские лагеря	1 место	
Бани без плавательного бассейна	1 посетитель	
Прачечные: механизированные	1 кг белья	
немеханизированные	то же	
Столовые, рестораны	1 усл. блюдо	
Поликлиники, амбулатории	1 больной	
Административные здания	1 работающий	
Продовольственные магазины	раб. место	
Парикмахерские	то же	

Нормы расхода воды на поливку и мойку улиц, площадей и также на поливку зеленых насаждений, газонов и цветников учитываются дополнительно в соответствии с указаниями табл. 4.

Таблица 4

Вид полива	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	то же	0,4 – 0,5
Поливка городских зеленых насаждений		3 – 4
Поливка газонов и цветников		4 – 6

Число поливок в зависимости от климатических условий принимается равным 1 – 2 в сутки.

При отсутствии сведений о типах покрытий и их площадях допускается принимать норму на поливку в зависимости от количества проживающего населения из расчета 50 – 90 л/сут на 1 человека.

Нормы расхода воды на производственные нужды зависят от вида производства и принятого технологического процесса. Эти нормы задаются на единицу продукции технологическим проектом предприятия.

Расходы воды на пожаротушение в суммарное суточное водопотребление не включают, так как они являются эпизодическими. Однако система водоснабжения должна обеспечить возможность подачи требуемых количеств воды к месту пожара в любое время.

Нормы расхода воды на наружное пожаротушение принимаются в соответствии с указанием СНиП (Водоснабжение).

Для населенных пунктов расчетное количество одновременных пожаров и расчетный расход на тушение одного пожара принимают в зависимости от количества жителей и характеристики жилой застройки (здания до двух этажей и три этажа и более)

Расход воды на наружное пожаротушение на промышленных предприятиях на один пожар должен приниматься для здания, требующего наибольшего расхода воды, согласно табл. 7 или табл. 8. Расчетное количество одновременных пожаров на предприятии принимается в зависимости от занимаемой им площади: один пожар при площади до 150 га, два пожара – более 150 га.

При объединенном противопожарном водопроводе населенного пункта и промышленного предприятия расчетное количество одновременных

пожаров и расходы принимаются в зависимости от площади предприятия и количества жителей, а именно:

при площади до 150 га и количестве жителей до 10 тыс.чел. – 1 пожар (по наибольшему расходу на предприятии или в населенном пункте);

при площади до 150 га и количестве жителей от 10 тыс.чел. до 25 тыс.чел. – 2 пожара (один на предприятии и один в населенном пункте);

при площади предприятия 150 га и более и количестве жителей до 25 тыс.чел. – 2 пожара (по наибольшему расходу оба на предприятии или оба в населенном пункте);

при количестве жителей 25 тыс.чел и более расчетное количество одновременных пожаров определяют отдельно для населенного пункта и для предприятия; при этом расход воды определяют как сумму требуемого наибольшего расхода и 50% требуемого меньшего расхода.

Расчетный расход воды на тушение пожара должен быть обеспечен при наибольшем расходе воды на другие нужды, при этом на предприятиях расходы воды на поливку территории, прием душа, мытье полов и мойку технологического оборудования, а также полив растений не учитываются.

Продолжительность тушения пожара должна приниматься 3 ч.; для зданий I и II степени огнестойкости с несгораемыми несущими конструкциями и утеплителем с производствами категорий Г и Д – 2 ч.

На пожаротушение зданий, оборудованных внутренними пожарными кранами, спринклерными или дренчерными установками, должен учитываться дополнительный расход воды, который следует принимать для зданий, требующих наибольшего расхода воды в соответствии с требованиями СНиП (Внутренний водопровод) или по табл. 9 – 10.

Таблица 10

Расход воды на внутреннее пожаротушение в жилых и общественных зданиях и помещениях

Наименование зданий и помещений	Расход воды, л/с	Число струй
1. Здания управлений		
высотой от 6 до 10 этажей и объемом		
до 25000 м ³ включительно	2,5	
То же, объемом более 25000 м ³	2,5	
То же, при числе этажей свыше 10 и объемом		
до 25000 м ³	2,5	
более 25000 м ³	2,5	

2. Общежития и общественные здания		
при числе этажей до 10 и объемом до 25000 м ³	2,5	
То же, объемом более 25000 м ³	2,5	
То же, при числе этажей свыше 10 и объемом		
до 25000 м ³	2,5	
более 25000 м ³	2,5	
То же, высотой более 50 м и объемом		
до 50000 м ³	5,0	
более 50000 м ³	5,0	
3. Вспомогательные здания промышленных предприятий объемом, м ³		
от 5000 до 25000	2,5	
более 25000 м ³	2,5	
4. Жилые здания высотой 12 – 16 этажей	2,5	
то же, при общей длине коридоров свыше 10 м	2,5	
при числе этажей от 17 до 25	2,5	
то же, при общей длине коридора свыше 10 м	2,5	
5. Производственные здания высотой более 50 м и объемом до 50000 м ³	5,0	
более 50000 м ³		

Определение расчетных суточных расходов воды основных категорий водопотребителей

Различают фактические и расчетные расходы воды. Фактическими принято называть расходы воды, замеренные приборами, которые устанавливают на насосных станциях и на вводах в отдельные здания. Расчетными называют расходы воды, определенные теоретически по нормам водопотребления и числу водопотребителей.

Расчетные суточные расходы воды обычно определяют отдельно для каждой категории водопотребителей.

Расчетный суточный расход воды, м³/сут, на хозяйственно-питьевые нужды в населенном пункте определяется по формуле:

$$Q_{\text{сут.ср.х}} = \sum q_{\text{жи}} \cdot N_{\text{жи}} / 1000, (2)$$

где $q_{\text{жи}}$ – среднесуточная норма водопотребления на 1 жителя, л/сут, принимаемая по СП (Водоснабжение) или по табл. 2;

$N_{\text{ж}i}$ – расчетное число жителей в районах жилой застройки с различной степенью благоустройства;
 – переводной коэффициент (метр кубический в литры).

Расчетные расходы воды, $\text{м}^3/\text{сут}$, на хозяйственно-питьевые нужды в сутки максимального и минимального водопотребления определяют по формулам:

$$Q_{\text{сут.max.x}} = K_{\text{сут.max.}} \cdot Q_{\text{сут.ср.x}} ; (3)$$

$$Q_{\text{сут.min.x}} = K_{\text{сут.min.}} \cdot Q_{\text{сут.ср.x}} , (4)$$

где $K_{\text{сут.max}}$ и $K_{\text{сут.min}}$ – соответственно максимальный и минимальный коэффициенты суточной неравномерности водопотребления, учитывающие уклад жизни населения, режим работы промышленных предприятий, степень благоустройства зданий и изменение водопотребления по сезонам года и дням (принимаются:

$$K_{\text{сут.max}} = 1,1 \div 1,3; K_{\text{сут.min}} = 0,7 \div 0,9).$$

Расходы воды, $\text{м}^3/\text{сут.}$, на поливку улиц, площадей, зеленых насаждений, газонов и цветников определяют по формулам:

$$Q_{\text{сут.max.полив.}} = \sum q_{\text{полив.i}} \cdot F_{\text{полив.i}} \cdot n_{\text{полив.}}/1000 ; (5)$$

$$Q_{\text{сут.ср.полив.}} = \frac{Q_{\text{сут.max.полив.}} \cdot T}{365} ; (6)$$

где	$q_{\text{полив.i}}$	– норма на поливку, $\text{л}/\text{м}^2$, принимается по СНиП (Водоснабжение) или по табл. 4;
	$F_{\text{полив.i}}$	– поливаемая площадь, м^2 ;
	$n_{\text{полив.}}$	– количество поливок в сутки;
	T	– число дней полива в году.

Расход воды на промышленном предприятии складывается из расходов на производственные нужды, хозяйственно-питьевые нужды и пользование душем работников, поливку территории.

Расход воды на производственные нужды определяют на основании технологических расчетов (по заданию технологов). При отсутствии этих данных расходы воды можно ориентировочно определить, пользуясь укрупненными удельными нормами на единицу продукции, выпускаемой предприятием.

Средний суточный расход воды $Q_{\text{сут.ср.п}}$, $\text{м}^3/\text{сут}$, на производственные нужды предприятия составляет

$$Q_{\text{сут.ср.п}} = \sum q_{\text{ни}} \cdot \Pi_i, (7)$$

где	$q_{\text{ни}}$	– норма потребления воды на одну расчетную единицу, производственную операцию или агрегат, м ³ ;
	Π_i	– количество расчетных единиц в сутки на предприятии.

Максимальный суточный расход $Q_{\text{сут.мах.п.}}$, м³/сут, на производственные нужды предприятия

$$Q_{\text{сут.мах.п.}} = K_{\text{сут.мах.п.}} \cdot Q_{\text{сут.ср.п.}}, (8)$$

где $K_{\text{сут.мах.п.}}$ – максимальный коэффициент суточной неравномерности водопотребления для предприятия.

Суточный расход воды $Q_{\text{сут.х-п.}}$, м³/сут, на хозяйственно-питьевые нужды рабочих на предприятии определяют по формуле:

$$Q_{\text{сут.х-п.}} = 0,25 (n_{\text{х}}^I + n_{\text{х}}^{II} + n_{\text{г}}^{III}) + 0,045 (n_{\text{г}}^I + n_{\text{г}}^{II} + n_{\text{г}}^{III}), (9)$$

где	0,025 и 0,045	– норма водопотребления за одну смену на одного рабочего, соответственно в холодном и горячем цехах, м ³ ;
	$n_{\text{х}}, n_{\text{г}}$	– количество рабочих, соответственно в холодных и горячих цехах, за каждую смену.

Суточный расход воды $Q_{\text{сут.душ.}}$, м³/сут, на душевые нужды предприятия определяют по формуле:

$$Q_{\text{сут.душ.}} = 0,5 (n^I + n^{II} + n_{\text{III}}) \cdot 45 / 60a, (10)$$

где	0,5	– норма расхода воды на одну душевую сетку, м ³ /ч;
	n	– количество рабочих, пользующихся душем в конце каждой смены;
		– продолжительность приема душа, мин.;
		– множитель перевода часового расхода душевой сетки в минутный;
	a	– расчетное количество человек на 1 душевую сетку.

Расход воды на поливку территории предприятия определяется по формуле (6) как и для населенного пункта.

Лекция 4

Определение расчетных суточных расходов воды основных категорий водопотребителей.

Различают фактические и расчетные расходы воды. Фактическими принято называть расходы воды, замеренные приборами, которые устанавливают на насосных станциях и на вводах в отдельные здания. Расчетными называют расходы воды, определенные теоретически по нормам водопотребления и числу водопотребителей.

Расчетные суточные расходы воды обычно определяют отдельно для каждой категории водопотребителей.

Расчетный суточный расход воды, м³/сут, на хозяйственно-питьевые нужды в населенном пункте определяется по формуле:

$$Q_{\text{сут.ср.х}} = \sum q_{\text{жи}} \cdot N_{\text{жи}} / 1000, (2)$$

где	$q_{\text{жи}}$	– среднесуточная норма водопотребления на 1 жителя, л/сут, принимаемая по СНиП (Водоснабжение) или по табл. 2;
	$N_{\text{жи}}$	– расчетное число жителей в районах жилой застройки с различной степенью благоустройства;
		– переводной коэффициент (метр кубический в литры).

Расчетные расходы воды, м³/сут, на хозяйственно-питьевые нужды в сутки максимального и минимального водопотребления определяют по формулам:

$$Q_{\text{сут.макс.х}} = K_{\text{сут.макс.}} \cdot Q_{\text{сут.ср.х}} ; (3)$$

$$Q_{\text{сут.мин.х}} = K_{\text{сут.мин.}} \cdot Q_{\text{сут.ср.х}} , (4)$$

где $K_{\text{сут.макс}}$ и $K_{\text{сут.мин}}$ – соответственно максимальный и минимальный коэффициенты суточной неравномерности водопотребления, учитывающие уклад жизни населения, режим работы промышленных предприятий, степень благоустройства зданий и изменение водопотребления по сезонам года и дням (принимаются: $K_{\text{сут.макс}} = 1,1 \div 1,3$; $K_{\text{сут.мин}} = 0,7 \div 0,9$).

Расходы воды, м³/сут., на поливку улиц, площадей, зеленых насаждений, газонов и цветников определяют по формулам:

$$Q_{\text{сут.макс.полив.}} = \sum q_{\text{полив.и}} \cdot F_{\text{полив.и}} \cdot n_{\text{полив.}} / 1000 ; (5)$$

$$Q_{\text{сут.ср.полив.}} = \frac{Q_{\text{сут.мах.полив.}} \cdot T}{365}; (6)$$

где	$q_{\text{полив.}i}$	– норма на поливку, л/м ² , принимается по СНиП (Водоснабжение) или по табл. 4;
	$F_{\text{полив.}i}$	– поливаемая площадь, м ² ;
	$n_{\text{полив.}}$	– количество поливок в сутки;
	T	– число дней полива в году.

Расход воды на промышленном предприятии складывается из расходов на производственные нужды, хозяйственно-питьевые нужды и пользование душем работников, поливку территории.

Расход воды на производственные нужды определяют на основании технологических расчетов (по заданию технологов). При отсутствии этих данных расходы воды можно ориентировочно определить, пользуясь укрупненными удельными нормами на единицу продукции, выпускаемой предприятием.

Средний суточный расход воды $Q_{\text{сут.ср.п.}}$, м³/сут, на производственные нужды предприятия составляет

$$Q_{\text{сут.ср.п.}} = \sum q_{pi} \cdot \Pi_i, (7)$$

где	q_{pi}	– норма потребления воды на одну расчетную единицу, производственную операцию или агрегат, м ³ ;
	Π_i	– количество расчетных единиц в сутки на предприятии.

Максимальный суточный расход $Q_{\text{сут.мах.п.}}$, м³/сут, на производственные нужды предприятия

$$Q_{\text{сут.мах.п.}} = K_{\text{сут.мах.п.}} \cdot Q_{\text{сут.ср.п.}}, (8)$$

где $K_{\text{сут.мах.п.}}$ – максимальный коэффициент суточной неравномерности водопотребления для предприятия.

Суточный расход воды $Q_{\text{сут.х-п.}}$, м³/сут, на хозяйственно-питьевые нужды рабочих на предприятии определяют по формуле:

$$Q_{\text{сут.х-п.}} = 0,25 (n_x^I + n_x^{II} + n_x^{III}) + 0,045 (n_r^I + n_r^{II} + n_r^{III}), (9)$$

где	0,025 и 0,045	– норма водопотребления за одну смену на одного рабочего, соответственно в холодном и горячем цехах, м ³ ;
	n_x, n_r	– количество рабочих, соответственно в холодных и горячих цехах, за каждую смену.

Суточный расход воды $Q_{\text{сут.душ.}}$, м³/сут, на душевые нужды предприятия определяют по формуле:

$$Q_{\text{сут.душ.}} = 0,5 (n^I + n^{II} + n_{III}) \cdot 45/60a, \quad (10)$$

где	0,5	– норма расхода воды на одну душевую сетку, м ³ /ч;
	n	– количество рабочих, пользующихся душем в конце каждой смены;
		– продолжительность приема душа, мин.;
		– множитель перевода часового расхода душевой сетки в минутный;
	a	– расчетное количество человек на 1 душевую сетку.

Расход воды на поливку территории предприятия определяется по формуле (6) как и для населенного пункта.

Расходы воды.

Режим работы отдельных сооружений системы водоснабжения определяется режимом расходования воды потребителями, который непрерывно меняется в течение всего периода эксплуатации. Потребители расходуют воду на протяжении года, суток и часов неравномерно.

Для определения расходов воды в населенном пункте в разное время года по данным среднесуточного за год расхода воды вводятся понятия *коэффициентов суточной неравномерности водопотребления*, которые учитывают уклад жизни людей, режим работы предприятия, степень благоустройства зданий, изменение водопотребления по сезонам года и дням недели. Значения этих коэффициентов принимаются в следующих пределах

$$K_{\text{сут.max}} = 1,1 \dots 1,3 ; K_{\text{сут.min}} = 0,7 \dots 0,9$$

В течение суток также заметны довольно значительные колебания часовых расходов, вызываемые сменой дня и ночи, распорядком работы, различными случайными явлениями. Часовые расходы воды потребителями колеблются на протяжении суток от $Q_{\text{ч.max}}$ до $Q_{\text{ч.min}}$.

Размер и характер колебаний расходов на хозяйственно-питьевые нужды населения резко отличаются от размеров и характера колебаний расходов воды на производственные нужды. Поэтому общий максимальный расход воды в пункте водоснабжения не может быть получен путем простого суммирования максимальных часовых расходов отдельных водопотребителей. Для построения общего суточного графика водопотребления (рис. 8) необходимо распределить расчетные расходы воды по часам суток каждым потребителем в отдельности, после чего эти часовые расходы суммируют и получают общий расход воды всеми потребителями за каждый час суток.

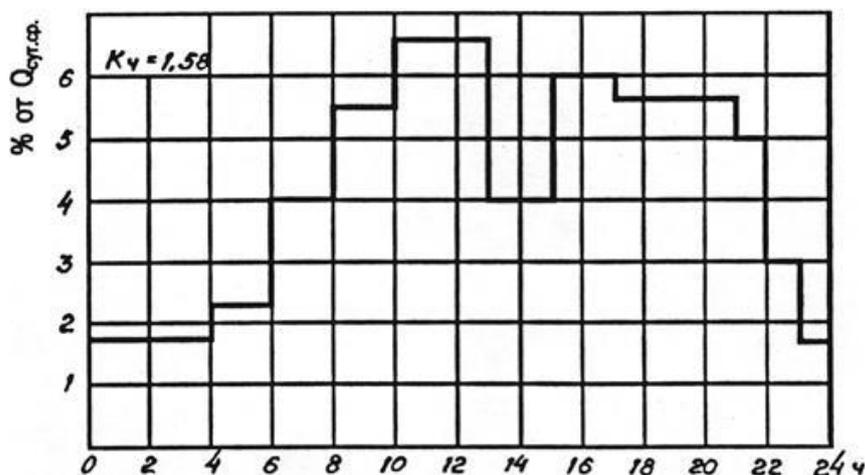


Рис. 8. Общий график суточного водопотребления.

На основании анализа общих часовых расходов воды находят максимальный и минимальный часовые расходы.

Режим расходования воды производственными предприятиями зависит от технологии производства, типа используемого оборудования, количества смен и других факторов и задается технологом производства.

Режим расходования воды на хозяйственно-питьевые нужды в населенных пунктах зависит от числа жителей, степени развития промышленности и ряда других факторов и характеризуется *коэффициентами часовой неравномерности водопотребления*, значение которых для населенных пунктов определяют по следующим формулам:

$$K_{ч.маx} = \alpha_{маx} \cdot \beta_{маx} ; K_{ч.мин} = \alpha_{мин} \cdot \beta_{мин} \quad (11)$$

Коэффициент α учитывает степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия. Он принимается равным:

$$\alpha_{маx} = 1,2 \dots 1,4 ; \alpha_{мин} = 0,4 \dots 0,6$$

Коэффициент β учитывает влияние численности населения объекта и его выбирают по СП (Водоснабжение) в зависимости от числа жителей N:

N, тыс.чел.	до 1	1,5	2,5	4	6	10	20	50	100
$\beta_{маx}$	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15
$\beta_{мин}$	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6

Коэффициенты часовой неравномерности производственного водопотребления $K_{ч.маx.п.}$ и $K_{ч.мин.п.}$ устанавливаются технологическим проектом предприятия.

Для населенного пункта, с учетом значений $K_{ч.маx.}$ и $K_{ч.мин.}$, определяют максимальные и минимальные часовые расходы воды населением из водопроводной сети, $м^3/ч$, по формулам:

$$Q_{\text{ч.max}} = K_{\text{ч.max}} \frac{Q_{\text{сут. макс}}}{24} ; (12)$$

$$Q_{\text{ч.min}} = K_{\text{ч.min}} \frac{Q_{\text{сут. мин}}}{24} (13)$$

Следует отметить, что в течение часа расходование воды потребителями также неравномерно. Однако учет этой неравномерности водопотребления значительно усложняет расчет, не давая существенного его уточнения. Поэтому в практике проектирования и расчета систем водоснабжения с достаточной для практических целей точностью принимают равномерное в течение часа расходование воды.

Взаимосвязь сооружений в отношении расходов.

Взаимосвязь в работе отдельных сооружений системы водоснабжения можно проследить по совмещенным графикам водопотребления и подачи воды насосными станциями I и II подъемов (рис. 9).

Водозаборные сооружения, насосная станция I подъема и очистные сооружения обеспечивают подачу воды в объеме суточного водопотребления. Поэтому режим работы этих сооружений, в основном, принимают равномерным в течение суток. При этом режиме (пунктирная линия 2 на рис. 9) обеспечиваются наиболее эффективные и экономичные показатели работы указанных сооружений.

В водопроводную сеть вода подается из резервуаров чистой воды насосной станции II подъема, режим работы которой, как правило, принимается ступенчатым (линия 3 на рис. 9) в течение суток. При этом режиме в часы максимального водопотребления насосная станция II подъема подает меньший объем воды по сравнению с требуемым. В часы минимального водопотребления подача насосной станции II подъема превышает потребление воды. Совмещением графика водопотребления (линия 1 на рис. 9) с графиком подачи насосной станции II подъема определяют регулируемую вместимость водонапорной башни.

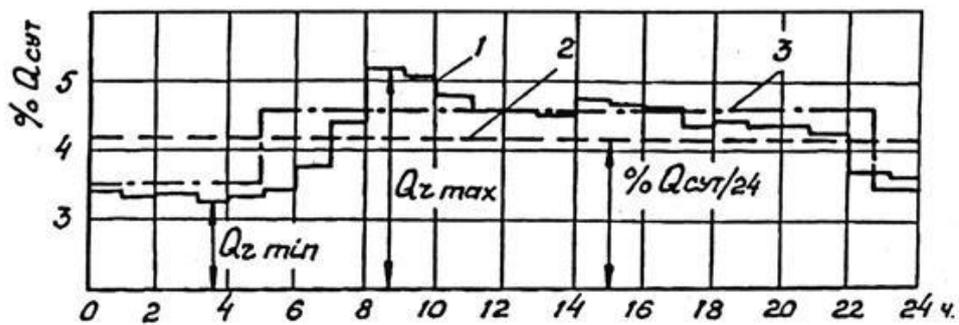


Рис. 9. Совмещенные графики водопотребления и подачи воды насосными станциями I и II – подъемов:

1 – график водопотребления; 2, 3 – графики работы насосных станций I и II – подъемов.

В резервуары чистой воды вода поступает через очистные сооружения от насосной станции I подъема, работающей равномерно. Из резервуаров вода забирается насосами станции II подъема. Режимы работы насосной станции I и II подъемов определяют регулируемую вместимость резервуаров чистой воды.

Режим работы трубопроводов от водозаборных сооружений на очистные сооружения и резервуары чистой воды определяется равномерным режимом работы насосной станции I подъема, а режим работы трубопроводов, подающих воду от резервуаров чистой воды до водонапорной башни, - насосной станцией II подъема.

Режим работы водопроводной сети определяется графиком водопотребления, а водопроводящую сеть рассчитывают на максимальный секундный расход максимального часового водопотребления.

Взаимосвязь сооружений в отношении напоров. Определение высоты водонапорной башни.

К системам водоснабжения предъявляются также определенные требования в отношении напоров. Необходимо обеспечить подачу воды ко всем точкам ее потребления не только в заданном количестве, но и с необходимым свободным напором.

Расчетная схема для определения величины требуемого свободного напора представлена на рис. 10.

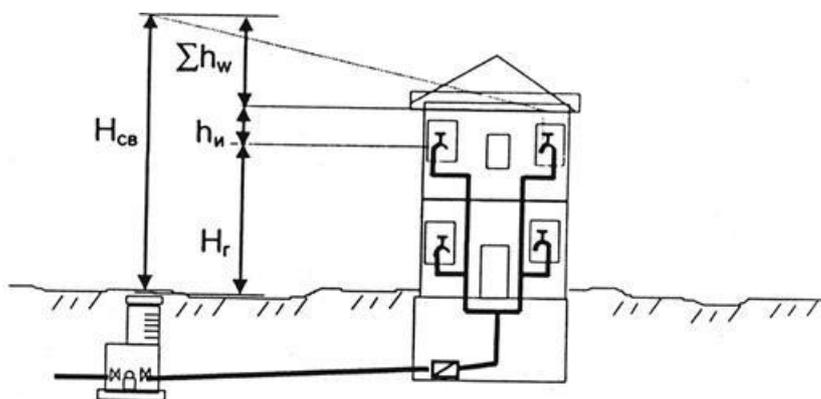


Рис. 10. Схема к определению свободных напоров.

Величину требуемого свободного напора в час максимального водопотребления можно вычислить по формуле:

$$H_{св} = H_{г} + \Sigma h_w + h_u ; (14)$$

где $H_{г}$	– геометрическая высота расположения самого высокого (расчетного) водоразборного прибора над поверхностью земли, к точки подключения домового ввода, м;
Σh_w	– сумма потерь напора на пути движения воды от точки подключения домового ввода до расчетного водоразборного прибора, м;
h_u	– напор, необходимый для излива расчетного расхода воды, м, принимаемый в зависимости от типа санитарного водоразборного прибора в пределах от 2 до 5 м.

Для объектов водоснабжения при одноэтажной застройке минимальный напор в сети при хозяйственно-питьевом водопотреблении на вводе в здании должен приниматься в соответствии со СНиП (Водоснабжение) на менее 10 м, а при большей этажности на каждый последующий этаж добавляют по 4 м. В часы минимального водопотребления напор на каждый этаж (кроме первого) допускается принимать 3 м.

Для производственных зданий величина свободного напора принимается в зависимости от технологии производства.

Свободный напор в сети противопожарного водопровода низкого давления в период пожаротушения должен быть не менее 10 м.

Для сети противопожарного водопровода высокого давления свободный напор должен обеспечивать высоту компактной струи не менее 10 м над уровнем наивысшей точки самого высокого здания при подаче по непрорезиненному пожарному рукаву длиной 120 м, диаметром 66 мм со спрыском диаметром 19 мм расчетного расхода воды 5 л/с. Ориентировочно этот напор можно определить по формуле

$$H_{св.пож.} = H_{зд.} + \Sigma h_w , (15)$$

где	$H_{зд}$	– высота здания, м;
	$\Sigma h_w = 28$ м	– сумма потерь напора в пожарном гидранте, пожарной колонке, рукавах и спрыске.

Для предупреждения аварий на водопроводной сети и уменьшения утечек воды из нее нельзя допускать, чтобы свободный напор был более 60 м; в противном случае необходимо предусматривать установку регуляторов давления или устраивать зонное водоснабжение.

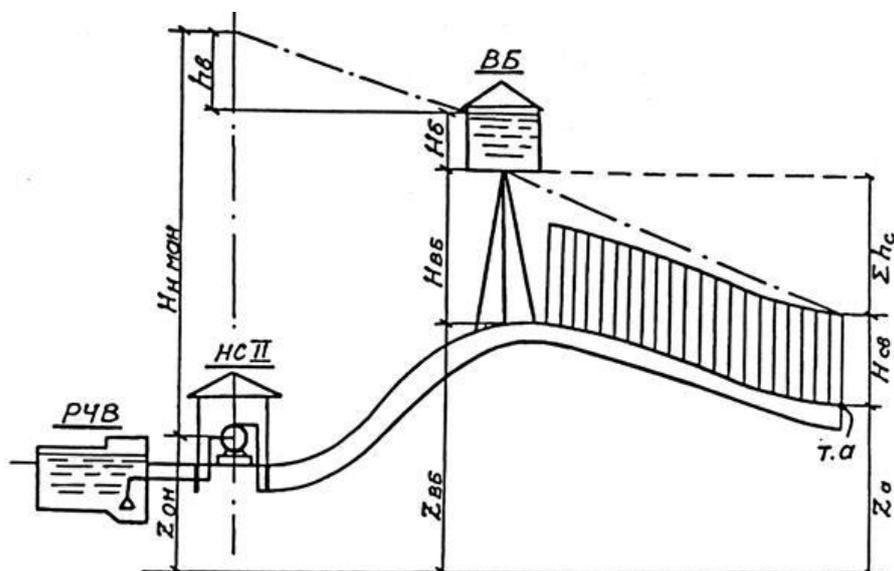


Рис. 11. Схема взаимосвязи между напорами в системе водоснабжения с водонапорной башней в начале сети.

На рис. 11 показана связь между напорами в различных точках схемы водоснабжения с башней в начале сети на момент максимального водопотребления. Она определяется положением пьезометрических линий, которые отражают падение напора в сети при движении воды от насосной станции II подъема до «диктующей» точки. Обычно «диктующей» точкой является наиболее удаленная от башни точка отбора воды, имеющая наибольшую геодезическую отметку земли. В такой точке будут самые низкие пьезометрические напоры и самые малые свободные напоры.

Связь между напорами в точке расположения башни и в диктующей точке определяется уравнением (см. рис. 11)

$$Z_{ВБ} + H_{ВБ} = Z_a + H_{св} + \Sigma h_c, \quad (16)$$

где	$Z_{ВБ}$	– отметка поверхности земли в месте расположения водонапорной башни;
	$H_{ВБ}$	– высота водонапорной башни;
	Z_a	– отметка поверхности земли в «диктующей» точке а;
	$H_{св}$	– величина требуемого свободного напора в «диктующей» точке а;

Σh_c	– потери напора на участках сети от водонапорной башни до «диктующей» точки а.
--------------	--

Из приведенного уравнения можно определить высоту водонапорной башни

$$H_{ВБ} = H_{св} + \Sigma h_c - (Z_{ВБ} - Z_a) . (17)$$

Высота $H_{ВБ}$ будет тем меньше, чем больше значение $Z_{ВБ}$. Поэтому располагать водонапорные башни следует на наиболее возвышенных отметках.

Требуемый манометрический напор насосов $H_{н.ман.}$ станции II подъема определяется по максимальному уровню воды в баке водонапорной башни

$$H_{н.ман.} = (Z_{он} - Z_{ВБ}) + (H_{ВБ} + H_б) + h_в , (18)$$

где	$Z_{он}$	– отметка от насоса;
	$H_б$	– расчетная высота бака водопроводной башни;
	$h_в$	– потери напора в напорных водоводах.

Особенности работы системы водоснабжения с контррезервуаром.

В реальных условиях очень часто бывает так, что возвышенные отметки снабжаемой водой территории находятся в противоположной от насосной станции стороне. В этом случае система водоснабжения с водонапорной башней, установленной на этих отметках называется системой с контррезервуаром (рис. 12). В системе водоснабжения с контррезервуаром в часы максимального водопотребления расход воды в сеть подается с двух противоположных сторон: Q_n – от насосной станции и $Q_б$ – от водонапорной башни. Потoki воды от этих источников будут направлены навстречу друг другу. Линия, проведенная через узлы, в которых произошла встреча потоков, называется границей зон питания (линия aa на рис 12). Критической из расположенных на этой линии точек будет та, которая имеет наибольшую геодезическую отметку (т. a_1 на рис. 12).



Рис. 12. Схема водоснабжения с контррезервуарами.

В часы минимального водопотребления подача насосов превышает водопотребление.

В этом случае избыток воды транзитом проходит через всю сеть и сбрасывается в бак водонапорной башни. Этот момент называется «максимальным транзитом».

На рис. 13 показана связь между напорами в различных точках схемы водоснабжения с контррезервуаром для двух характерных случаев водопотребления: линия 1 – для максимального водопотребления и линия 2 – для «минимального транзита».

Требуемая высота водонапорной башни $H_{ВБ}$ определяется по формуле:

$$H_{ВБ} = H_{св} + \Sigma h_{\delta} - (Z_{ВБ} - Z_{a1}), \quad (19)$$

где	$H_{св}$	– величина требуемого свободного напора в диктующей точке a_1 ;
	Σh_{δ}	– потери напора на участках сети от водонапорной башни до «диктующей» точки a_1 ;
	$Z_{ВБ}$	– отметка поверхности земли в месте расположения водонапорной башни;
	Z_{a1}	– отметка поверхности земли в «диктующей» точке a_1 .

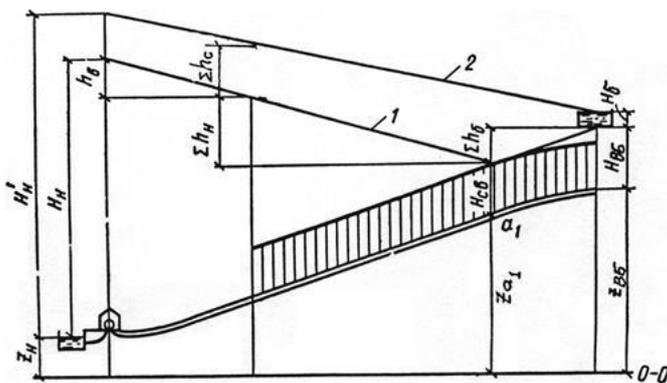


Рис. 13. Схема взаимосвязи между напорами в системе водоснабжения с контррезервуаром.

Требуемый манометрический напор насосов $H_{н}$ и $H_{н}^{\ddagger}$ станции II подъема определяется по формулам:

- для максимального водопотребления

$$H_{н} = H_{ВБ} + (\Sigma h_{н} + h_{в} - \Sigma h_{\delta}) + (Z_{ВБ} - Z_{н}) \quad (20)$$

- для «максимального транзита»

$$H_{н}^{\ddagger} = H_{ВБ} + H_{\delta} + (\Sigma h_{с} + h_{в}) + (Z_{ВБ} - Z_{н}), \quad (21)$$

где $\Sigma h_{н}$ – потери напора в сети при движении воды от насосной станции до

		«диктующей» точки a_1 ;
	h_b	– потери напора в напорных водоводах;
	Z_n	– отметка оси насоса;
	H_6	– расчетная высота бака водонапорной башни;
	Σh_c	– потери напора в сети до водонапорной башни.

Лекция 5

Определение емкости и размеров баков водонапорной башни и резервуаров чистой воды.

Бак водонапорной башни должен содержать регулирующий объем $W_{\text{рег.ВБ}}$ и неприкосновенный запас воды на противопожарные нужды $W_{\text{пожВБ}}$ в количестве, необходимом на 10 – минутную продолжительность тушения одного наружного и одного внутреннего пожаров в населенном пункте при одновременном наибольшем расходе воды на другие нужды.

Полный объем бака водонапорной башни $W_{\text{ВБ}}$ определяют по формуле, м^3 ,

$$W_{\text{ВБ}} = W_{\text{рег.ВБ}} + W_{\text{пож.ВБ}}, \quad (22)$$

Регулирующий объем $W_{\text{рег.ВБ}}$ бака водонапорной башни определяется путем совмещения графиков водопотребления и подачи воды насосной станции II подъема (см. рис. 4.1.). Вычисления по определению регулирующей емкости рекомендуется вести в табличной форме (табл. 11).

Таблица 11

Способ определения регулирующей емкости бака водонапорной башни

Часы суток	Водопотребление, % от $Q_{\text{сут}}$	Подача воды насосами станции II подъема, % от $Q_{\text{сут}}$	Приток воды в бак ВБ, % от $Q_{\text{сут}}$	Расход воды из бака ВБ, % от $Q_{\text{сут}}$	Остаток воды в баке ВБ, % от $Q_{\text{сут}}$
0 – 1	3,2	2,9	-	0,3	1,3
1 – 2	3,1	2,9	-	0,2	1,1
2 – 3	3,2	2,9	-	0,3	0,8
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	б*
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
22 – 23	3,8	4,4	0,7	-	0,8
23 – 24	3,7	4,5	0,8	-	1,6
	100%	100%			

b^* – наибольшая цифра последней графы, которая дает требуемую регулируемую емкость бака $W_{\text{рег.ВБ}}$ в % от $Q_{\text{сут}}$.

Режим водопотребления в % $Q_{\text{сут}}$ приведен в графе 2. В графе 3 указан ступенчатый график работы насосной станции II подъема. В графе 4 указывается поступление в бак (разность цифр граф 3 и 2), в 4 – расход воды из бака (разность цифр граф 2 и 3). Требуемая регулируемая емкость бака определяется по остатку воды в баке (графа 6). Данные графы 6 получают, суммируя количество имеющейся воды в баке и поступающей в него за данный час или вычитая из него объем, расходуемый за данный час. Для обеспечения вычисления остатка воды необходимо наметить час, когда бак пуст.

При отсутствии графиков и таблиц поступления и отбора воды регулируемая емкость бака водонапорной башни может быть определена в соответствии со СНиП (Водоснабжение) по формуле, м^3 :

$$W_{\text{рег.ВБ}} = Q_{\text{сут.макс}} \cdot [1 - K_{\text{н}} + (K_{\text{ч}} - 1) (K_{\text{н}}/K_{\text{ч}})^{K_{\text{ч}}/(K_{\text{ч}} - 1)}], \quad (23)$$

где	$Q_{\text{сут.макс}}$	– расход воды в сутки максимального водопотребления, $\text{м}^3/\text{сут.}$;
	$K_{\text{н}}$	– отношение максимально часовой подачи воды в регулируемую емкость к среднему часовому расходу в сутки максимального водопотребления;
	$K_{\text{ч}}$	– отношение максимального часового отбора воды к среднему часовому расходу в сутки максимального водопотребления.

Объем бака для хранения неприкосновенного противопожарного запаса $W_{\text{пож.ВБ}}$ определяется по формуле, м^3 ,

$$W_{\text{пож.ВБ}} = \frac{(q_{\text{х-п}} + q_{\text{пож}} + q_{\text{пож.вн}}) \cdot 10 \cdot 60}{1000}, \quad (24)$$

где	$q_{\text{х-п}}$	– максимальный секундный расход воды из водопроводной сети на хозяйственные и производственные нужды, л/с,
-----	------------------	--

$$q_{\text{х-п}} = Q_{\text{ч.макс}} \cdot 1000/3600, \text{ л/с},$$

где $Q_{\text{ч.макс}}$ – максимальный часовой расход, $\text{м}^3/\text{ч.}$,

	$q_{\text{пож}}$	– максимальный расход воды на тушение одного наружного пожара, л/с;
	$q_{\text{пож.вн}}$	– расход воды на тушение одного внутреннего пожара, принимается 5 л/с.

По полученным значениям $W_{\text{ВБ}}$ устанавливают диаметр D_6 и высоту H_6 бака водонапорной башни из соотношения $H_6/D_6 = 0,7$.

$$H_6 = 0,855^3 \sqrt{W_{\text{ВБ}}} \quad (25)$$

Строительная высота бака, м,

$$H_{б.стр.} = H_б + 0,25 + 0,2, \quad (26)$$

где	0,25	– величина, предусматривающая осадок в баке, м;
	0,2	– величина превышения бортов бака над уровнем воды, м.

Объем безнапорных резервуаров чистой воды (РЧВ), которые располагаются при водоочистных сооружениях и служат для регулирования неравномерности работы водопроводных насосных станциях I и II подъемов, хранения неприкосновенного запаса воды и накопления объема воды, используемой на собственные нужды водоочистной станции определяют по формуле, м³,

$$W_{рчв} = W_{рег.рчв} + W_{пож.рчв} + W_{ф.рчв}, \quad (27)$$

где	$W_{рег.рчв}$	– регулирующий объем воды, м ³ ;
	$W_{пож.рчв}$	– неприкосновенный противопожарный запас воды, м ³ ;
	$W_{ф.рчв}$	– объем воды на собственные нужды водоочистной станции, м ³ .

Регулирующий объем воды $W_{рег.рчв}$ определяют на основании анализа работы водопроводных насосных станций I и II подъемов путем совмещения графика поступления воды с очистной станции в резервуар (график работы ВНС I) и графика работы ВНС II.

Насосная станция I подъема работает равномерно в течении суток и каждый час подает на очистные сооружения, а следовательно и в резервуары чистой воды, расход равный $100\% Q_{сут}/24 = 4,17\% Q_{сут}$.

Насосная станция II подъема работает по ступенчатому графику, например:

с 0 до 5 ч. – 2,9%

с 6 до 24 ч. – 4,5%

Вычисления по определению $W_{рег.рчв}$ удобно вести в табличной форме (табл. 12) по аналогии с определением регулирующей емкости баков водонапорной башни.

Таблица 12

Способ определения регулирующего объема безнапорных резервуаров чистой воды (пример вычисления)

Часы суток	Подача воды ВНС I, % $Q_{сут}$	Подача воды ВНС II, % $Q_{сут}$	Приток воды в РЧВ, % $Q_{сут}$	Расход воды из РЧВ, % $Q_{сут}$	Остаток воды в РЧВ, % $Q_{сут}$
0 – 1	4,17	2,9	1,27	-	1,27

1 – 2	4,17	2,9	1,27	-	2,54
2 – 3	4,17	2,9	1,27	-	3,81
3 – 4	4,17	2,9	1,27	-	5,08
4 – 5	4,17	2,9	1,27	-	6,35*
5 – 6	4,17	4,5	-	0,33	6,02
6 – 7	4,17	4,5	-	0,33	5,69
7 – 8	4,17	4,5	-	0,33	5,36
8 – 9	4,17	4,5	-	0,33	5,03
9-10	4,17	4,5	-	0,33	4,70
10 – 11	4,17	4,5	-	0,33	4,37
11 – 12	4,17	4,5	-	0,33	4,04
12 – 13	4,17	4,5	-	0,33	3,71
13 – 14	4,17	4,5	-	0,33	3,38
14 – 15	4,17	4,5	-	0,33	3,05
15 – 16	4,17	4,5	-	0,33	2,72
16 – 17	4,16	4,5	-	0,34	2,38
17 – 18	4,16	4,5	-	0,34	2,04
18 – 19	4,16	4,5	-	0,34	1,70
19 – 20	4,16	4,5	-	0,34	1,36
20 – 21	4,16	4,5	-	0,34	1,02
21 – 22	4,16	4,5	-	0,34	0,68
22 – 23	4,16	4,5	-	0,34	0,34
23 – 24	4,16	4,5	-	0,34	
	100%	100%			

В примере $W_{\text{рег.рчв}} = \frac{6,35 \cdot Q_{\text{огр}}}{100}$, м³.

Неприкосновенный противопожарный запас воды $W_{\text{пож.рчв}}$ рассчитывают в условиях тушения расчетного количества одновременных пожаров в течение всего нормативного времени по формуле, м³:

$$W_{\text{пож.рчв}} = (q_{\text{пож}} + 5) \frac{3 \cdot 3600}{1000} + W_{\text{х-п}} - 3Q, \quad (28)$$

где	$q_{\text{пож}}$	– максимальный расход воды на тушение наружных пожаров, л/с;
		– расход воды на тушение внутренних пожаров, л/с;
	$W_{\text{х-п}}$	– объем воды потребляемый за три часа наибольшего

п	водопотребления на хозяйственные нужды во время тушения пожара, м ³ ;
Q	– расход воды, поступаемый в резервуар при тушении пожара, м ³ /ч.

Объем воды $W_{ф.рчв}$ на собственные нужды водоочистной станции определяют после расчета водоочистной станции с учетом типа и площади фильтров, а также интенсивности и продолжительности их промывки.

Объем воды на промывку одного фильтра или контактного осветителя, м³:

$$W_{\text{Пром}} = \frac{W \cdot f \cdot t}{1000}, \quad (29)$$

где W – интенсивность промывки, л/с·м²;

f – площадь фильтра, м²;

t – время промывки, с.

При подаче воды по одному водоводу в резервуарах чистой воды согласно СНиП (Водоснабжение) следует дополнительно предусматривать:

- аварийный объем воды $W_{ав.}$, обеспечивающий в течение времени ликвидации аварии на водоводе $T_{ав}$ аварийных расходов воды $Q_{ав.}$: расход воды на хозяйственно-питьевые нужды в размере 70% расчетного часового водопотребления и производственные нужды – по аварийному графику:

$$W_{ав} = 3,6(Q_{ав} \cdot T_{ав} + Q_{пож} \cdot T_{пож}), \quad \text{м}^3, \quad (30)$$

где	$Q_{ав}$	– расход воды, подаваемый по водоводу в случае аварии на нем, л/с;
		$Q_{ав} = 0,7Q_{хоз} + Q_{пр.ав.}, \quad \text{л/с}, \quad (31)$
	$Q_{хоз.}$	– расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения, л/с;
	$Q_{пр.ав.}$	– расход воды предприятиями по аварийному графику, л/с;
	T	– время, необходимое для ликвидации аварии на водоводе, ч., принимается по табл. 13;
	$Q_{пож.}$	– расход воды на пожаротушение, л/с;
	$T_{пож.}$	– расчетная продолжительность пожаротушения, ч.

Таблица 13

Расчетное время ликвидации аварии на трубопроводе, ч.

Диаметр труб, мм	$T_{ав.}$ при глубине заложения труб, м
до 2	более 2
до 400	

400...1000	
более 1000	

Примечания: 1. Для систем водоснабжения II и III категорий указанное в табл. 13 время следует увеличивать соответственно в 1,25 и 1,5 раза.

2. При необходимости дезинфекции трубопровода после ликвидации аварии указанное в табл. 13 время следует увеличивать на 12 ч.

Определив общий объем резервуаров чистой воды $W_{рчв}$ принимается их количество и определяется объем каждого резервуара. Подбирается, как правило, типовый резервуар и выполняется его привязка к расчетным условиям. В случае проектирования резервуара индивидуального изготовления его размеры определяют исходя из условия, что отношения общей глубины воды в резервуаре H к его диаметру (или характерному линейному размеру) D должно быть в пределах $H/D = 0,5 \dots 1$.

Схемы обвязки баков ВБ трубопроводами.

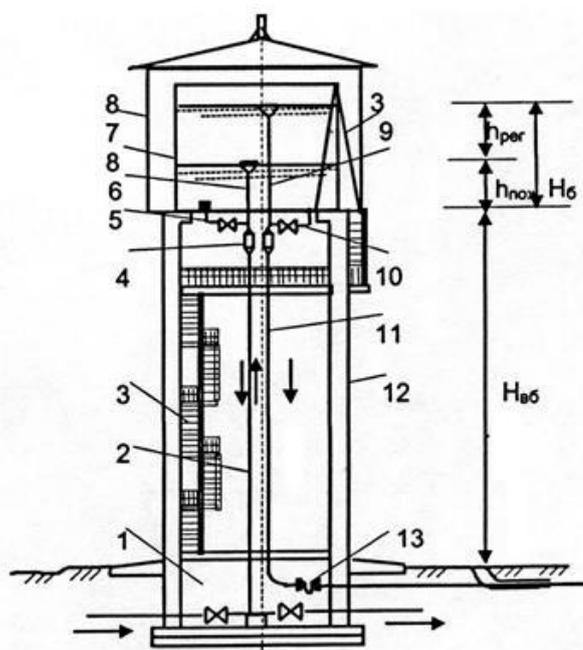


Рис. 14. Схема водонапорной башни:

1 – фундамент и подвальное помещение; 2 – подающе-отводящая труба; 3 – лестницы; 4 – сальниковые компенсаторы; 5 – труба на противопожарные нужды; 6 – труба для забора воды из бака на хозяйственно-питьевые нужды; 7 – бак; 8 – шатер; 9 – переливная труба; 10 – грязевая труба; 11 – сбросная труба; 12 – опорная конструкция (ствол); 13 – гидравлический затвор.

Водонапорные башни предназначены для хранения регулирующего и противопожарного запаса воды, а также для создания и поддержания в сети необходимых напоров.

Водонапорная башня (рис. 14) состоит из бака, поддерживающей конструкции (ствола), фундамента и системы трубопроводов. При наличии опасности замерзания воды в баке вокруг него устраивают шатер.

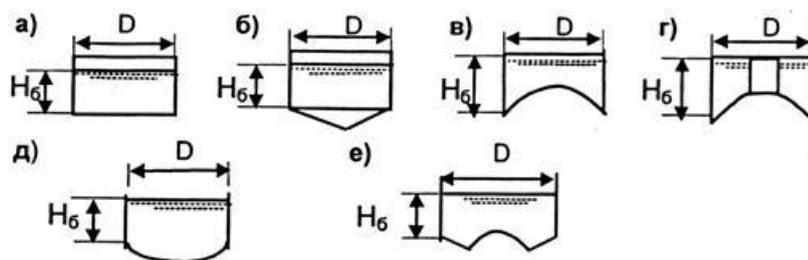


Рис. 15. Основные типы баков водонапорных башен:

а – прямоугольный или круглый с плоским дном; б – круглый с коническим дном; в – круглый с вогнутым дном; г – круглый с вогнутым дном и шахтой для подъема вверх обслуживающего персонала; д – круглый с выпуклым дном; е – бак системы Интце.

Баки водонапорной башни бывают железобетонными и стальными, в большинстве случаев имеют цилиндрическую форму, плоское, полусферическое или радиально-коническое дно. Основные наиболее распространенные конструктивные типы баков на водонапорных башнях приведены на рис. 15.

Поддерживающие конструкции водонапорных башен могут быть железобетонными, кирпичными, металлическими и выполняться в виде сплошной стенки или колонны, имеющих различное архитектурное оформление.

Водонапорные башни оборудуют арматурой и трубопроводами (рис. 14). Диаметры проводящих $d_{\text{под}}$ и отводящих $d_{\text{отв}}$ труб (стояков) определяют по максимальному расходу и скорости движения воды не более 1 – 1,2 м/с. Диаметр переливной трубы $d_{\text{пер}}$ принимают на 2 – 3 сортамента меньше диаметра подающей трубы $d_{\text{под}}$. На переливной трубе устанавливают приемную воронку диаметром $D_{\text{вор}} = (1,5 \dots 2,0)d_{\text{пер}}$. Диаметр грязевой трубы $d_{\text{гр}}$ принимают в пределах $100 \div 200$ мм.

По типовым проектам сооружают башни высотой до 42 м (до дна бака) с баком вместимостью 800 м^3 .

Разновидностью водонапорных башен являются водонапорные колонны, которые находят широкое применение в системах промышленного водоснабжения. Башни-колонны дешевле водонапорных башен и могут быть совмещены с насосными станциями подачи (рис. 16).

В таком сооружении основной регулирующий объем содержится в колонне (стволе). В часы, когда насосная станция второго подъема подает воды больше, чем ее потребляется в сети, излишек по подающе-отводящей трубе поступает в напорный бак, отделенный от колонны дном. После

заполнения регулирующего объема в баке вода переливается в колонну по переливной трубе.

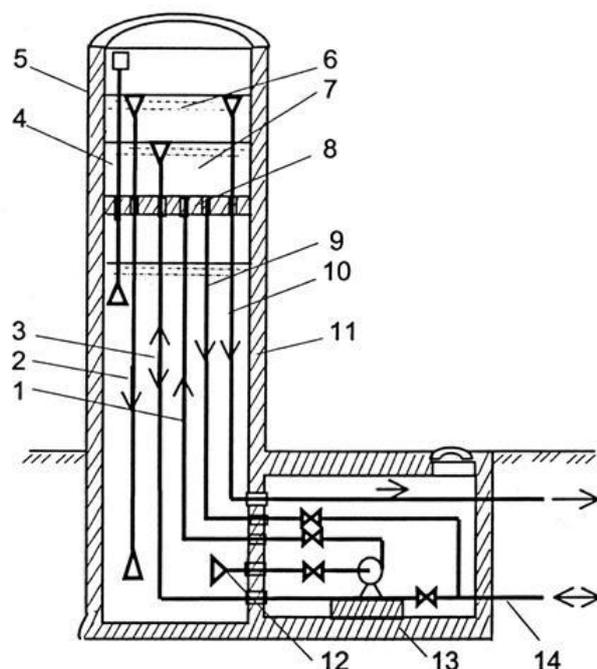


Рис. 16. Схема оборудования водонапорной башни-колонны:

1 – напорная труба для подачи воды из колонны в бак; 2 – рабочая переливная труба; 3 – подающе-отводящая труба; 4 – воздушная труба; 5 – бак; 6 – регулирующий объем; 7 – неприкосновенный противопожарный объем; 8 – днище бака; 9 – труба для подачи воды в сеть при тушении пожара; 10 – предохранительная переливная труба; 11 – колонна; 12 – всасывающая труба насоса; 13 – насосная станция подкачки; 14 – труба к водопроводной сети.

Резервуары, их типы и назначения, оборудование резервуаров трубопроводами.

Резервуары чистой воды могут быть как напорными, так и безнапорными. *Напорные резервуары* располагают на возвышенных отметках и выполняют такую же роль, как и водонапорные башни. *Безнапорные резервуары* служат для регулирования неравномерности работы насосных станций I и II подъемов, а также в них хранится неприкосновенный противопожарный запас воды. Кроме того, в этих резервуарах накапливается объем воды, используемый на собственные нужды водоочистной станции.

Резервуары выполняют преимущественно круглой или прямоугольной формы (в плане) в основном из железобетона. Общее число резервуаров в одном узле, как правило, должно быть не менее двух. Устройство одного резервуара допускается в случае отсутствия противопожарного объема воды.

Схема коммуникаций резервуаров чистой воды показана на рис. 17. Оборудование резервуаров состоит из подающей, всасывающей, переливной и грязевой труб. Для обеспечения воздухообмена в резервуаре устанавливают вентиляционные трубы.

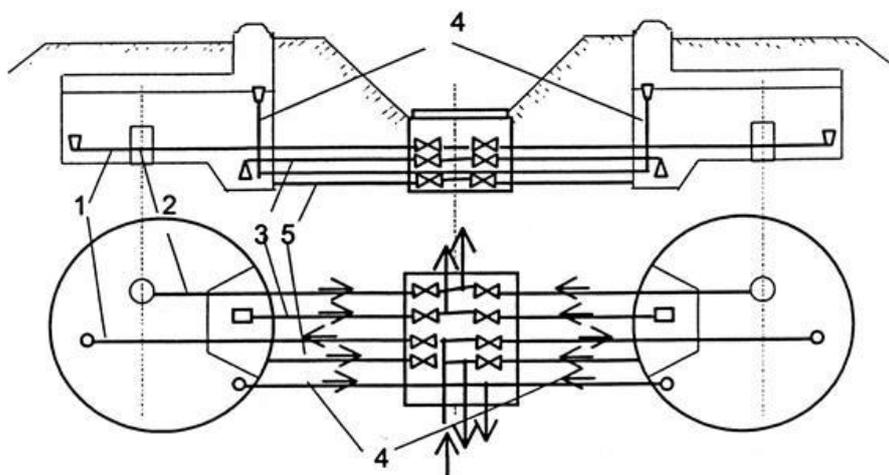


Рис. 17. Схема коммуникаций резервуаров чистой воды:

1 – подача воды в резервуар; 2 – забор хозяйственно-питьевой воды на промывку фильтров; 3 – забор пожарного расхода воды; 4 – перелив; 5 – сброс осадка.

Для обеспечения циркуляции воды в резервуаре ее подача предусматривается сверху, а забор у дна.

Сохранность противопожарного запаса воды может быть достигнута различными способами (рис. 18): устройством сифона с отверстиями в верхней части (рис. 18, а), цилиндрического всасывающего колодца (рис. 18, б) или размещение напорных труб на разных отметках (рис. 18, в).

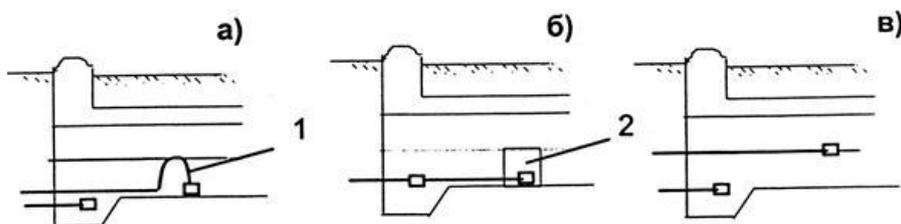


Рис. 18. Схемы сохранения неприкосновенного противопожарного запаса воды в резервуаре:

1 – сифон на трубе для отбора воды на хозяйственно-питьевые нужды; 2 – всасывающий колодец.

Лекция 6

Основные правила трассирования водопроводных сетей.

Трассирование водопроводной сети – это нанесение ее на плане объекта водоснабжения, т.е. придание ей определенной геометрической формы в плане.

Трассирование сети должно отвечать следующим требованиям:

- водопроводная сеть должна охватывать всех потребителей воды;
- водопроводная сеть должна иметь наименьшую стоимость, т.е. подача воды потребителям должна осуществляться кратчайшим путем;
- подача воды должна быть обеспечена как при нормальных условиях, так и при возможных на сети авариях.

Водопроводная сеть состоит из магистральных и распределительных линий. *Магистральными* называют линии, которые предназначены в основном для распределения воды по всей территории населенного пункта. *Распределительными* называют линии, которые получают воду из магистральных линий и подают ее к потребителям через центральные пункты и домовые вводы.

При проектировании магистральной сети следует руководствоваться следующими принципами ее трассирования:

1. Основное направление магистральных линий должно соответствовать основным направлениям потоков воды по территории снабжаемого объекта.
2. По основному направлению должно быть предусмотрено несколько магистральных линий, включенных параллельно и обеспечивающих бесперебойность работы сети, продольные магистрали необходимо соединить перемычками, которые позволяют в случае аварии выключить не всю магистраль, а только отдельные ее участки. Опыт проектирования магистральных сетей показывает, что оптимальное расстояние между магистральными линиями составляет 300 – 600 м. Соответственно расстояние между перемычками принимается равным 400 – 800 м. Диаметры труб перемычек должны назначаться с учетом работы их при аварии на магистральной линии. Обычно диаметр труб перемычки назначается на один – два размера меньше, чем диаметр магистральной линии.
3. Магистральная сеть должна охватывать наиболее крупных потребителей воды и располагаться равномерно по всей территории снабжаемого водой объекта.

4. Магистральные линии рекомендуется прокладывать по наиболее возвышенным отметкам территории для создания достаточных напоров в распределительной сети.

5. Пересечение железнодорожных путей и автомобильных дорог трубопроводами следует осуществлять под прямым углом.

6. Водопроводные линии, идущие вдоль станционных путей, необходимо прокладывать в стороне от них с учетом возможного развития станции; в междупутьях разрешается укладывать только магистрали, подводящие воду к водоразборным кранам.

7. Трассирование магистральных линий необходимо увязывать с размещением других сетей и сооружений населенного пункта с соблюдением минимальных расстояний от наружной поверхности трубопровода до различных подземных коммуникаций в плане, м:

обрез фундамента здания	
крайний рельс трамвайных путей	
газопровод	1 – 2
столбы наружного освещения и ограды	1,5
стволы деревьев и бордюрные камни дорог	
кабели связи	0,5
канализационные линии при диаметре труб, мм:	
≤200	не менее 1,5
>200	не менее 3

При параллельной прокладке водопроводных и канализационных линий водопроводные трубы (на участках параллельной прокладки) должны быть металлическими. Как правило, водопроводные трубы следует укладывать (в местах пересечения) выше канализационных, а расстояние между стенками труб по вертикали должно составлять не менее 0,4 м.

Таблица 14

Расстояние в плане между наружными поверхностями водопроводных труб (м) при их параллельной прокладке

Материал труб	D, мм	Вид грунта
Скальные	Крупнообломочные породы, песок гра-велистый крупный, глины	Песок средний крупности, мелкий, пылеватый, супеси, суглинки, грунты с примесью растительных остатков,

		заторфованные				
Давление, МПа						
≤ 1	> 1	≤ 1	> 1	≤ 1	> 1	
Стальные	< 400	0,7	0,7	0,9	0,9	1,2
400 + 1000	1,0	1,0	1,2	1,5	1,5	2,0
≥ 1000	1,5	1,5	1,7	2,0	2,0	2,5
Чугунные	< 400	1,5	2,0	2,0	2,5	3,0
≥ 400	2,0	2,5	2,5	3,0	4,0	5,0
Железо-бетонные	< 600	1,0	1,0	1,5	2,0	2,0
≥ 600	1,5	1,5	2,0	2,5	2,5	3,0
Асбестоцементные	< 500	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0
< 600	1,2	1,2	1,4	1,7	1,7	2,2
Пластмассовые	< 600	1,2	1,2	1,4	1,7	1,7
≥ 600	1,6	-	1,8	-	2,2	-

Водопроводные трубы, прокладываемые ниже канализационных коллекторов должны быть стальными и заключены в стальной футляр. При этом расстояние от обреза футляра до проходящих вблизи канализационных труб должно быть не менее 5 м в глинистых грунтах и не менее 10 м в песках.

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

При параллельной прокладке нескольких линий водоводов (заново или дополнительно с существующими) расстояние в плане между наружными поверхностями труб принимается с учетом рекомендации СП (Водоснабжение), табл. 14.

Разновидности водопроводных сетей.

По своему начертанию водопроводные сети бывают (рис. 19) разветвленные (или тупиковые), кольцевые и комбинированные (или смешанные).

Разветвленные сети допускают транспортирование воды к потребителю по единственному направлению. Поэтому такие сети не обеспечивают бесперебойности, так как авария на любом участке этой сети приводит к прекращению подачи воды всем потребителям, расположенным ниже

места аварии по направлению движения воды. В разветвленных сетях чаще замерзает вода, сильнее проявляется разрушающее действие гидравлических ударов.

Кольцевые сети в отличие от тупиковых имеют более высокую надежность, обеспечивают бесперебойную подачу воды потребителям, меньше подвержены авариям, так как в них не возникает сильных гидравлических ударов. Вода в таких сетях не замерзает, так как даже при небольшом водоразборе она циркулирует по всем линиям. Кольцевые сети обычно несколько длиннее разветвленных, но устраиваются из труб меньшего диаметра.

Водопроводные сети следует проектировать кольцевыми, разветвленные (тупиковые) линии разрешается устраивать в хозяйственно-питьевых водопроводах при диаметре труб не более 100 мм. Длина тупиков в водопроводных сетях не должна превышать 200 м.

В зависимости от взаимного расположения насосной станции, водонапорной башни и разводящей сети различают схемы с водонапорной башней (рис. 20): в начале сети; внутри сети и в конце сети (сеть с контррезервуаром).

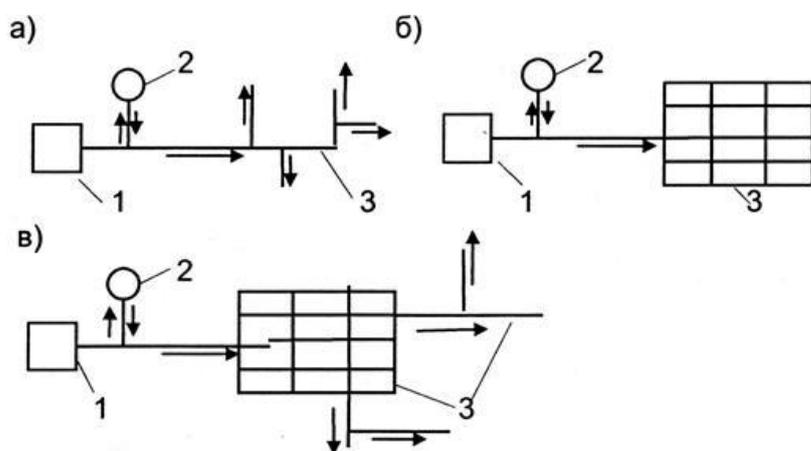


Рис. 19. Схемы начертания распределительной сети:

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

1 - насосная станция; 2 - водонапорная башня; 3 - сеть.

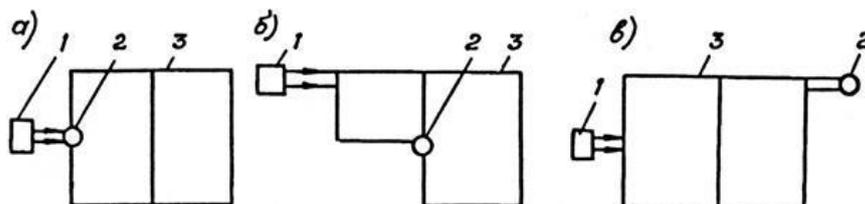


Рис. 20. Схемы питания водопроводных сетей с водонапорной башней:

а - в начале сети; б - внутри сети; в - в конце сети (с контррезервуаром);

1 - насосная станция; 2 - водонапорная башня; 3 - разводящая сеть.

Гидравлический расчет разветвленной водопроводной сети

Гидравлический расчет водопроводных сетей производят для того, чтобы выбрать наиболее экономичные диаметры труб, а также определить потери напора в них, величину которых необходимо знать при расчетах водонапорных башен и насосных станций.

Отбор воды из сети осуществляется через вводы в здания (домовые присоединения). Потребители забирают воду на свои различные нужды в основном через водоразборные краны внутренних водопроводов зданий. Водопроводные вводы зданий присоединяют к водопроводным линиям, прокладываемым практически по всем улицам. Эти уличные линии присоединяют к магистральной сети и таким образом образуют распределительную водопроводную сеть населенного пункта. Количество воды, поступающей к потребителю через каждый ввод зависит от многих факторов (числа жителей, образа их жизни и т.д.) и имеет значительные колебания в течение суток. Поэтому картина отбора воды из сети весьма сложна и установить ее в полном объеме практически невозможно. Вместе с тем для практического расчета сети можно установить наиболее близкую к действительности схему отдачи воды сетью в отдельные периоды ее работы.

Для подготовки водопроводной сети к гидравлическому расчету необходимо определить длины расчетных участков, на основании планировки города и конфигурации сети, указать величины сосредоточенных расходов и выбрать места их отбора, установить узловые и расчетные расходы воды на всех участках, указывая их на расчетной схеме[1,2].

Из магистральной сети водопровода вода расходуется на подключение распределительных линий, домовых присоединений и предприятий, пожарных гидрантов и уличных водоразборных колонок.

В соответствии с планом города и определением трассы водопровода, магистральную сеть делят на отдельные расчетные участки, нумеруя начало и конец каждого участка. В точках подключения водопроводных линий к насосной станции и водонапорной башни, в точках отбора воды крупными пользователями и в точках пересечений и ответвлений распределительных линий назначают узлы сети. В производственных водопроводах при относительно небольшом числе точек водоотбора из сети расчетная схема водоотдачи полностью соответствует действительности. В такой схеме расход воды на любом из участков сети складывается из отбора воды в конечной точке этого участка и транзитного расхода, проходящего по данному участку к далее расположенным потребителям.

В хозяйственно-питьевых водопроводах населенных пунктов точек водоотбора много, а колебания их в течение суток значительны. Поэтому для практических расчетов принимают упрощенную схему, допуская условно равномерное расходование воды по длине сети, т.е. принимая, что

количество воды, отдаваемое каждым участком, пропорционально его длине (при одинаковой плотности застройки и одинаковой норме водопотребления). При этом расходы воды отдельными крупными потребителями вычитаются из общего количества отдаваемой воды из сети и учитываются в виде сосредоточенных отборов в соответствующих точках сети.

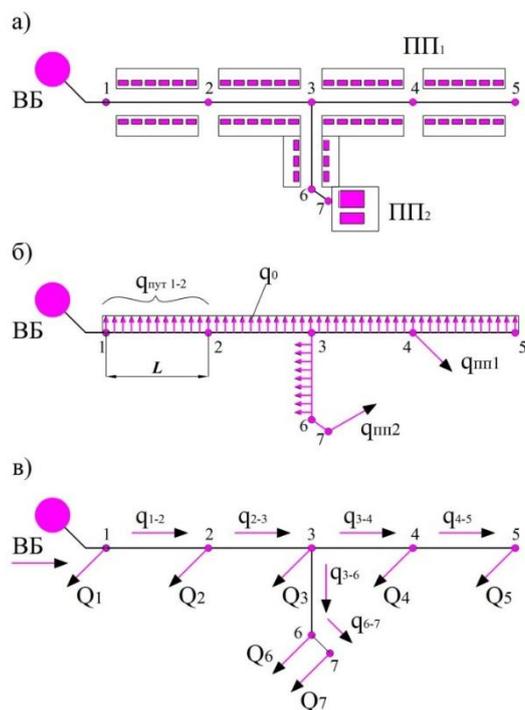


Рисунок 1.1. Схема отбора воды из водопроводной сети:

а – разбивка сети на расчетные участки; б – схема отбора воды; в – схема сети с расходами групп потребителей с преобразованием их в узловые расходы; ПП_{1,2} – узлы сосредоточенного отбора воды

Городские сети водоснабжения рассчитывают на:

- максимальное промышленное и хозяйственно-бытовое водопотребление;
- подачу воды для тушения пожаров при максимальном хозяйственном и промышленном потреблении воды;
- максимальное поступление воды в башню, в период минимального потребления воды из сети;

Первый случай является основным, когда по расходам на участках сети определяют диаметры труб и высоту водонапорной башни. Во втором случае проверяют возможность пропуска при максимальном водопотреблении расчетных расходов на наружное пожаротушение с учетом увеличения скорости движения воды по трубам и определяют требуемый напор пожарных насосов. В третьем случае определяют величины свободных напоров в узлах сети и подбирают диаметры труб на распределительных

участках сети, по наибольшим расходам для всех расчетных случаев работы сети. По результатам расчетов определяют требуемые производительность и напор насосов.

На рисунке 1.1 представлены схемы сети с определением узлов, расчетных участков и узловых расходов.

Гидравлический расчет выполняется также на:

- среднечасовой суточный расход воды;
- минимальное часовое потребление воды;
- расчет сети при аварийных отключениях отдельных участков сети.

При этом осуществляется проверка правильности выбранных насосов и их работы совместно с сетью и резервуарами, выбора наиболее подходящего варианта, а для аварийного режима предусматривается обеспечение потребителей водой под необходимым напором в случае аварии в любом участке сети.

Расчетный суточный расход воды средний за год ($\text{м}^3/\text{сут.}$) для хозяйственно-питьевых нужд определяют по формуле [6]:

$$Q_{\text{сут.ср}} = \frac{\sum q_{\text{жи}} \cdot N_i}{1000}, \frac{\text{м}^3}{\text{сут}}, \quad (1.1)$$

где $q_{\text{жи}}$ - норма водопотребления на 1 жителя в л/сут. на чел, принимаемая по таблице 1.1.

Таблица 1.1

Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления

Объект	Среднесуточное водопотребление на 1 жителя, л/сут
- большой город, туристический город, курортный, крупный промышленный центр	300 - 400
- город, малый и средний город, малая промышленная зона	200 - 270
- поселок, промышленный и сельскохозяйственный центр	80 - 150
- сельский	40 - 60

Отбор воды, приходящийся на единицу длины сети, называют у д е л ь н ы м р а с х о д о м и определяют по формуле

$$q_{\text{уз}} = \frac{Q - \sum Q_{\text{соср}}}{\sum \ell}, \quad (32)$$

где	Q	– полный расчетный расход воды, отбираемый потребителями, л/с;
	$\sum Q_{\text{соср}}$	– сумма сосредоточенных расходов воды, отбираемой крупными потребителями и противопожарные расходы, л/с;
	$\sum \ell$	– суммарная длина магистральной сети, м.

В величину $\sum \ell$ включают длины участков магистральных линий только населенного пункта, причем для участков с двухсторонней отдачей воды сеть учитывают действительную их длину, а длину участков с односторонней отдачей воды принимают с коэффициентом 0,5. В величину $\sum \ell$ не должны включаться длины нерасчитываемых распределительных линий и линий, проходящих по незастроенным территориям.

Расход воды определенным участком, называемым **п у т е в ы м р а с х о д о м**, определяют по формуле

$$Q_{\text{пут.}} = q_{\text{уд.}} \ell \quad (33)$$

где ℓ – расчетная длина рассматриваемого участка, м.

Путевые расходы воды на отдельных участках заменяют собой большое число мелких водоразборных точек.

Каждый участок сети, кроме путевого расхода $Q_{\text{пут.}}$, пропускает транзитный расход $Q_{\text{тр.}}$, идущий для питания последующих участков. При этом расход воды в начале участка составляет $Q_{\text{пут.}} + Q_{\text{тр.}}$, а в конце участка – $Q_{\text{тр.}}$. Графическое изображение этих расходов на участке длиной ℓ показано на рис. 21.

При гидравлическом расчете водопроводных сетей переменный расход заменяют некоторым постоянным по длине участка расходом, который является равноценным в гидравлическом отношении и дает ту же величину потерь напора на участке, что и переменный. Расчетный расход $Q_{\text{р.}}$ участка, имеющего путевой расход $Q_{\text{пут.}}$ и транзитный $Q_{\text{тр.}}$, может быть вычислен по формуле Дюпюи

$$Q_{\text{р.}} = Q_{\text{тр.}} + \alpha Q_{\text{пут.}}, \quad (34)$$

где α – коэффициент, меняющийся от 0,5 до 0,56, в зависимости от соотношения транзитного и путевого расходов участка.

В практике расчета коэффициент α принимают равным 0,5, тогда

$$Q_{\text{р.}} = Q_{\text{тр.}} + 0,5 Q_{\text{пут.}}, \quad (35)$$

что соответствует замене путевого расхода каждого участка двумя узловыми расходами, равными $0,5 Q_{\text{пут.}}$ и сосредоточенными в начале и

конец участка. Когда к узлу примыкает несколько участков с путевыми отборами, то приведенный к узлу отбор равен полусумме путевых расходов всех участков, примыкающих к данному узлу.

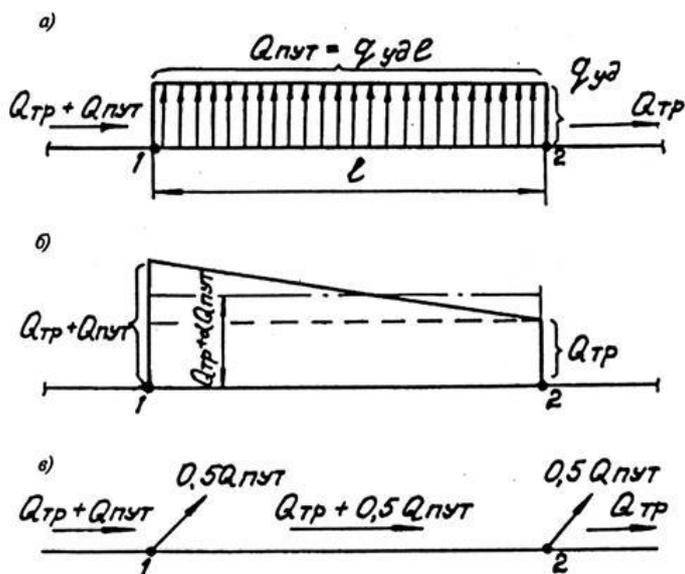


Рис. 21. Распределение расходов по длине участка сети:

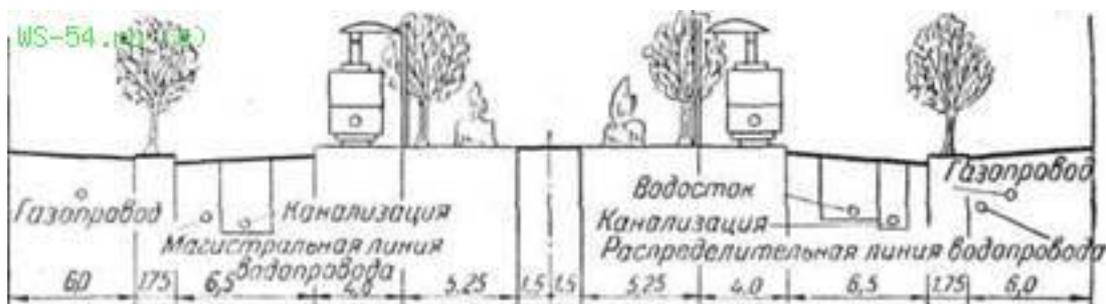
а – схема отбора; б – график изменения расхода по длине участка; в – расчетная схема.

Вычисленные таким образом узловые расходы наносят на расчетную схему сети, показывая их стрелкой, выходящей из соответствующего узла, с указанием величины расхода в л/с. На этой же схеме указывают отдельно в соответствующих точках сосредоточенные расходы крупных водопотребителей и общий расход, подаваемый в сеть. При этом сумма всех узловых и сосредоточенных расходов должна равняться расчетному секунднему расходу сети, поступающему от башни.

По расчетной схеме сети можно легко определить расчетные расходы на участках, т.е. составить предварительное потокораспределение. Нахождение расчетных расходов участков разветвленных сетей представляет собой простую задачу. В кольцевых же сетях при заданной конфигурации и известных величинах водоотборов в узлах можно наметить неограниченное число вариантов распределения расходов по участкам сети. Одним из основных условий предварительного потокораспределения в кольцевых сетях является соблюдение правил баланса расходов в узле (соответствующего первому правилу Кирхгофа). Это условие можно выразить уравнением $\Sigma Q = 0$. Это означает, что сумма линейных расходов, приходящих к любому узлу, должна быть равна сумме расходов, уходящих от этого узла, включая узловой отбор.

Другим важнейшим условием предварительного потокораспределения в кольцевых сетях является удовлетворение требования надежности, состоящего в том, что параллельные магистрали должны быть взаимозаменяемыми при возможных авариях и иметь примерно равную

пропускную способность. Для этого по параллельным магистралям следует направлять приблизительно равные расходы. Полученные таким образом расчетные расходы на участках показывают на расчетной схеме стрелкой, направленной по ходу течения воды



Размещение трубопроводов в продольном разрезе улицы

Пересечения трубопроводов нужно выполнять под прямым углом между собой и к оси проездов. Размещение водопроводных линий по отношению к другим подземным коммуникациям должно обеспечить возможность монтажа сетей и не допускать подмывов фундаментов в случае повреждения водопровода.

Расстояние в плане от водопроводных сетей до параллельно расположенных зданий и сооружений нужно определять в зависимости от конструкций фундаментов зданий, глубины их заложения, диаметра и характеристики сетей, напора воды в них и т.п.

Лекция № 7

Потокораспределение в водопроводных сетях.

При распределении расходов по участкам сети необходимо руководствоваться следующими правилами:

- сумма расходов, притекающих к данному узлу, должна быть равна сумме расходов, вытекающих из данного узла (включая отбор воды в узле);
- основные транзитные магистрали необходимо нагружать равномерно для обеспечения их взаимозаменяемости, при этом поперечные линии, связывающие между собой основные магистрали, могут иметь незначительные расходы. Однако диаметры этих поперечных линий должны быть назначены с достаточным резервом, так как в случае аварии они служат для перераспределения расходов воды и получают значительные нагрузки;
- для систем с контррезервуаром распределение расходов воды производят с двух сторон (от насосной станции и водонапорной башни) для часа

максимального водопотребления и с одной стороны (от насосной станции) для часа максимального транзита в водонапорную башню;

- при составлении начального потокораспределения на случай расчета сети при подаче пожарного расхода в час максимального водопотребления на другие нужды место пожара надлежит намечать в наиболее удаленных от начала сети и по возможности имеющих наиболее высокие отметки точках. Для систем с контррезервуаром одну из точек возможного пожара принимают вблизи башни.

Обычно первоначальное потокораспределение в водопроводных сетях ведут в следующем порядке:

- приближенно назначают диктующие точки сети, которые располагаются в конце сети на наиболее удаленных и высокораспологаемых отметках с наибольшими узловыми отборами.

- намечают основные параллельные транзитные пути снабжения водой от башни до диктующих точек;

- намечают расходы воды по основным транзитным магистральным линиям;

- назначают диаметры перемычек, соединяющих между собой транзитные магистральные линии, исходя из предполагаемой нагрузки, которую они могут иметь в случае аварии на основных магистральных линиях.

Определение диаметров труб водопроводных линий.

После определения расчетных расходов воды на каждом участке сети определяют диаметры труб, предварительно выбрав их материал и класс точности.

Определение диаметров труб производят по расчетным расходам участков Q_p , при этом за основной расчетный случай принимают час наибольшего водопотребления или наибольшего транзита в башню (для вестей с контррезервуаром).

Для водопроводных труб круглого сечения $Q_p = \omega v$, $Q_p = \pi d^2 v / 4$, откуда

$$d = \sqrt{4Q_p / 4v}, \quad (36)$$

где	ω	– площадь живого сечения трубы;
	d	– диаметр трубы;
	v	– скорость движения воды.

Эта формула показывает, что диаметр труб зависит не только от расхода, но и от скорости. Чем меньше скорость v , тем больше будет диаметр труб, следовательно, будет завышена стоимость водопроводной сети. Чем больше скорость в трубах, тем будут больше потери напора на

гидравлические сопротивления, что приводит к увеличению мощности оборудования насосных станций и затрат электроэнергии на подъем воды.

По условиям эксплуатации водопроводных сетей предельное значение скорости, определенное требованиями предохранения сети от разрушающего действия гидравлических ударов, принимают равным 2,5 – 3 м/с. Нижний предел скорости принимается из условия незаиляемости трубопроводов в пределах 0,5 – 0,6 м/с. Поэтому выбрать экономически наиболее целесообразный диаметр трубы можно только после сопоставления нескольких вариантов и сравнения строительной и эксплуатационной стоимостей.

Для любого участка кольцевой водопроводной сети экономический диаметр, соответствующий минимуму приведенных затрат, при расчетном расходе на участке q_{i-k} можно определить по формуле:

$$d_{i-k} = \left(\frac{\Theta \cdot Q_{i-k}}{q_{i-k}} \right)^{\frac{1}{\alpha-\beta}} \cdot \frac{n-1}{q_{i-k}^{\frac{\alpha-\beta}{n}}}, \quad (37)$$

где	q_{i-k}	– расчетный расход рассматриваемого участка, принятый в соответствии с начальным потокораспределением;
	Q	– полный расход, подаваемый насосами в сеть;
	χ_{i-k}	– коэффициент, учитывающий роль рассматриваемого участка в расходовании энергии на подачу воды, при приближенных расчетах принимается пропорционально количествам воды, проходящим по участку;
	α и n	– показатели степени, характеризующие режим работы труб;
	Θ	– экономический фактор, который учитывает гидравлические свойства труб и экономические параметры, влияющие на стоимость строительства и эксплуатации трубопровода; численное значение Θ можно определить из выражения:

$$\Theta = \frac{24 \cdot 365}{102} \cdot 10^3 \cdot \frac{\sigma}{\alpha \eta} \cdot \frac{K_p}{b \left[\frac{1}{T} + \frac{R}{100} \right]}, \quad (38)$$

где	σ	– стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, принимаемая по действующему в данном районе тарифу, руб.;
	η	– коэффициент полезного действия насосов, подающих воду в сеть;
	γ	– коэффициент, учитывающий неравномерность расходования электроэнергии (неравномерность подачи воды по трубопроводу в связи с колебаниями потребления) определяемый из выражения.

$$\gamma = \frac{1}{(K_0 K_{\text{сут}} K_{\text{ч}})^{\alpha-1}}, \quad (39)$$

K_0	– коэффициент, учитывающий возможный рост водопотребления по годам в течение расчетного периода действия водопровода, принимаемый равным 1,01 + 1,03;
$K_{\text{сут}}$ и $K_{\text{ч}}$	– соответственно коэффициенты суточной и часовой неравномерности водопотребления;
b	– коэффициент в формуле для определения стоимости N прокладки 1 метра водопроводной сети диаметром d_i :

$$N = a + bd^{\alpha}, \quad (40)$$

где	a, b, α	– эмпирические коэффициенты;
	K и p	– коэффициент и показатель степени в формуле, определяющий уклон i (потери напора на единицу длины трубопровода) линии диаметром d_i .

$$i = K \frac{Q_i^p}{d_i^p}. \quad (41)$$

T	– срок окупаемости системы водоснабжения;
R	– сумма амортизационных отчислений, включая затраты на текущий и капитальный ремонты.

Значения коэффициентов и показателей степеней, входящих в формулы (37 – 41) для труб из различных материалов представлены в табл. 15.

Таблица 15

Коэффициенты для расчета наиболее выгодных диаметров

Трубы	K	p	α	n	b	T , год	R , %	n
Чугунные	0,00148 0,001735	5,3	1,6	0,7 0,8	107 – 130	7 – 8	3,3	
Стальные	0,00148 0,001795	5,3	1,4	53 –	4,6			
Асбесто-цементные	0,00091	5,19	1,95	53 – 115	7,3			
Пластмас-совые	0,00105	4,774	1,95	150 – 336	4,6	1,774		
Железо-бетонные	0,00148 0,001735	5,3	2,4		3,3			

Примечание. Для K в числителе приведены значения при скорости движения воды $V < 1,2$ м/с, а в знаменателе – при $V \geq 1,2$ м/с.

При расчете небольших локальных систем, в которых стоимость насосной станции и водонапорной башни составляет существенную долю общих затрат, экономический фактор, подсчитанный по приведенным данным, следует увеличивать примерно в 1,5 раза.

Определение экономических диаметров труб по формуле (37) представляет собой достаточно трудоемкую работу. Поэтому в практических расчетах подбор экономических диаметров водопроводных линий производят по таблицам предельных расходов в зависимости от значения экономического фактора и материала труб.

Под предельными расходами понимают граничные расходы, при которых данный стандартный диаметр будет более выгоден, чем другие. В таблицах Ф.А.Шевелева и А.Ф.Шевелева «Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб» приведены величины предельных расходов для различных труб при значениях экономического фактора \mathcal{E} , равных 0,5; 0,75 и 1. В этих же таблицах для каждого диаметра выделены рекомендуемые области применения при $\mathcal{E} = 0,75$. Для других значений экономического фактора предельные расходы могут быть определены по формуле:

$$Q_{\text{пре}} = Q_{\text{ст}} \left(\frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_T} \right)^{\frac{1}{n+1}}, \quad (42)$$

где	$Q_{\text{ик}}$	– расчетный расход протекающий по участку;
	\mathcal{E}	– экономический фактор, определенный для конкретных условий строительства и эксплуатации;
	\mathcal{E}_T	– экономический фактор, принятый при составлении таблиц предельных расходов.

Определение потерь напора на участках водопроводной сети.

Потери напора на трение в водопроводных трубах пропорционально их длине и зависит от диаметра труб, скорости течения воды, характера стенок труб и от области гидравлического режима их работы.

Основной формулой для определения потерь напора является формула Дарси-Вейсбаха

$$h = \lambda \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g}, \quad (43)$$

где λ – коэффициент гидравлического сопротивления, зависящий от

материала труб, степени шероховатости их стенок и диаметра;

ℓ и d – длина и диаметр трубы;

v – скорость движения воды;

g – ускорение свободного падения.

При гидравлическом расчете водопроводных сетей для определения потерь напора в трубах широко используют формулу

$$h = i\ell, \quad (44)$$

где i – гидравлический уклон, определяющий потерю напора на единицу длины трубопровода.

С учетом местных потерь напора в фасонных частях и арматуре, принимаемых 5 – 10% величины потерь по длине, общие потери напора на участке составят

$$h = (1,05 \dots 1,1) i \ell \quad (45)$$

Величину гидравлического уклона i определяют по различным формулам в зависимости от материала труб:

для неновых стальных и чугунных труб, работающих в квадратичной области при $v \geq 1,2$ м/с,

$$i = 0,00107 \frac{v^2}{d^{5,3}}; \quad (46)$$

для неновых стальных и чугунных труб, работающих в переходной области при $v < 1,2$ м/с

$$i = 0,000912 \frac{v^2}{d^{5,3}} \left(1 + \frac{0,867}{v} \right)^{2,3}; \quad (47)$$

для пластмассовых труб

$$i = 0,000685 \frac{v^{1,74}}{d^{4,74}}; \quad (48)$$

для асбестоцементных труб

$$i = 0,000561 \frac{v^2}{d^{4,19}} \left(1 + \frac{3,51}{v} \right)^{0,19}; \quad (49)$$

для железобетонных виброгидропрессованных труб

$$i = 0,001078 \frac{v^{1,65}}{d^{4,19}}; \quad (50)$$

для железобетонных центрифугированных труб

$$i = 0,00095 \frac{v^{1,45}}{d^{4,75}} \quad (51)$$

Для облегчения процесса определения потерь напора в водопроводах широко используются различные вспомогательные таблицы специальной формы. Они дают величины потерь напора на единицу длины (т.е. i или $1000 i$ – потерю на 1000 м длины) для всех стандартных диаметров труб различных типов в широком диапазоне расходов.

Структура таких таблиц (в том числе Ф.А.Шевелева и А.Ф.Шевелева) имеет вид

Q, л/с d, мм				
d_1	d_2	d_3	d_4	
$v,$	$1000 i, v,$	$1000 i, v,$	$1000 i, v,$	$1000 i,$
м/с	м	м/с м	м/с м	м/с м

По ним для заданного Q можно подобрать диаметр и определить величину потерь на 1 км и потерю, соответствующую заданной длине. Или имея заданную величину располагаемого напора H, м, и длину водопроводной линии ℓ , км, найти $i = H/\ell$ и затем определить по таблицам требуемый диаметр при заданном расходе или возможный расход при принятом диаметре.

Вместе с тем при расчетах водопроводных сетей потерю напора удобно выражать через расчетный расход по формуле

$$h = KA\ell Q^2 = SQ^2, \quad (52)$$

A = – удельное сопротивление труб, которое равно сопротивлению
 где $i/$ трубы длиной 1 м при расходе $1 \text{ м}^3/\text{с}$. Значения A даются в таблицах
 Q^2 Ф.А.Шевелева и А.Ф.Шевелева;

S – сопротивление участка трубы длиной ℓ при расходе, равном
 единице, $S = A\ell$;

K – поправочный коэффициент, учитывающий неквадратичность
 зависимости потерь напора от средней скорости движения воды.
 Значения K даются в таблицах Ф.А.Шевелева и А.Ф.Шевелева.

Лекция 8

Увязка водопроводной сети

В водопроводной сети различают магистральные (главные) и распределительные (второстепенные) линии. Расчет проводят только для магистральных линий.

Расчет водопроводных сетей заключается в установлении диаметров труб, достаточных для пропускания заданных расходов воды, и в определении потерь напора. Последнее необходимо для определения высоты водонапорных башен и напора, который должны создавать насосы.

При расчете водопроводной сети предполагают, что промышленным предприятиям (для производственных и хозяйственно-питьевых целей) вода подается в виде сосредоточенных расходов, а для хозяйственно-питьевых целей в городах и населенных пунктах – равномерно по длине магистральных линий. Равномерно распределяемый (путевой) расход воды, приходящийся на 1 км длины линии, называют удельным расходом.

Удельный путевой расход $q_{уд}$ определяется путем деления общего путевого расхода q_n на сумму длин всех участков $\sum l_{уч}$

$$q_{уд} = q_n / \sum l_{уч} \text{ л / с·км.}$$

Далее определяется величина путевых расходов всех участков умножением удельного расхода на условную длину участка

$$q_{n,уч} = q_{уд} \cdot l_{уч} \text{ л / с.}$$

Затем путевые расходы привязываются к сосредоточенным расходам в узлах и вычисляются узловые расходы, как сумма сосредоточенного расхода

$\sum q_{соср.уз}$ и полусумма путевых расходов участков, примыкающих к узлу $q_{n,уч,уз}$

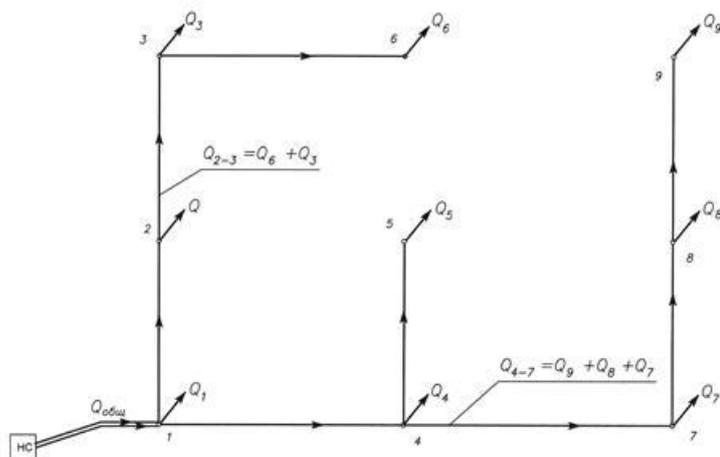
$$q_{узла} = \sum q_{соср.уз} + 0.5 \sum q_{n,уч,уз} \text{ л / с.}$$

Сумма всех узловых расходов должна быть равна величине максимального (расчетного) часового расхода воды (точнее секундного, л / с) в населенном пункте.

После выполнения этих операций в тупиковой сети определяются расчетные расходы на участках с обеспечением условия баланса расходов в узлах – алгебраическая сумма расходов в каждом узле должна быть равна нулю,

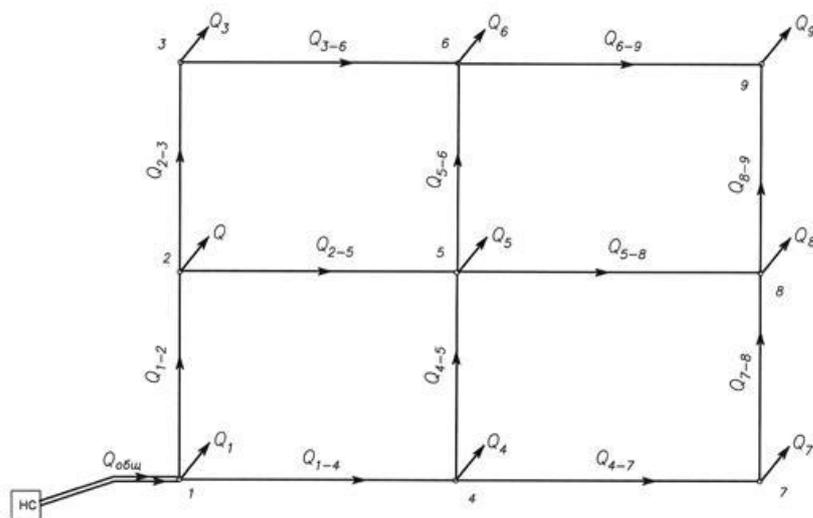
$$\sum q = 0.$$

Разветвленные водопроводные сети рассчитывают как системы последовательно соединенных трубопроводов, осуществляющих раздачу воды по пути и в виде сосредоточенных расходов в боковые ответвления. Потери напора в таких трубопроводах могут быть определены как сумма потерь напора в последовательно соединенных участках трубопровода.



Расчетная схема тупиковой сети

Для кольцевых сетей на основании произведенных вычислений составляется расчетная схема водопроводной сети, на которой намечается первоначальное распределение потоков воды по всем участкам сети, и определяются предварительные расчетные расходы на участках. При этом алгебраическая сумма расходов в каждом узле должна быть равна нулю.



Расчетная схема кольцевой сети

Затем производится определение диаметров труб на участках водопроводной сети

Перед назначением диаметров труб магистральной водопроводной сети и водоводов необходимо установить материал и сортамент используемых труб. Водоводы и водопроводные сети обычно монтируются из напорных труб, серийно выпускаемых промышленностью и сертифицированных к применению в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения. Трубы должны обладать достаточной прочностью, долговечностью и иметь эффективные гидравлические характеристики.

Предпочтение отдается неметаллическим трубам, в качестве которых в последнее время широко применяются напорные полиэтиленовые трубы по ГОСТ 18599-2001 [9], выпускаемые отечественной промышленностью с диапазоном диаметров от 100 до 1200 мм.

Для прокладки в пределах населенного пункта могут использоваться напорные чугунные трубы. Отечественной промышленностью освоен выпуск напорных труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) по ТУ 14-161-183-2000 с диапазоном диаметров от 100 до 1000 мм. Трубы выпускаются с внутренним цементно-песчаным покрытием и без него.

При соответствующем обосновании могут применяться и другие типы труб.

При назначении диаметров труб по величине расчетных расходов на участках следует руководствоваться следующими соображениями.

1. Экономичные скорости зависят от диаметров и могут быть предварительно приняты для труб диаметром:

от 150 до 300 мм – 0.6-1.0 м/с;

от 400 до 600 мм – 1.0-1.3 м/с;

свыше 700 мм – 1.5-2.0 м/с.

2. Потери напора в сети и водоводах при пропуске максимального часового расхода должны быть приблизительно равны 3-4 м на один километр длины, что примерно соответствует средним экономичным скоростям.

Потери напора на участках сети h могут быть определены исходя из величины гидравлического уклона или потери напора в метрах на 1 км трубопровода ($1000i$) при расходе в нем, равном q . Эта величина устанавливается при подборе диаметров труб из расчетных таблиц.

$$h = 1000i \cdot l, \text{ м.}$$

Для гидравлической увязки кольцевой водопроводной сети пользуются гидравлическим сопротивлением S каждого участка $S = A \cdot l$, где A – удельное сопротивление трубопровода, зависящее от материала и диаметра труб; l – длина трубопровода.

Потери напора на участке в этом случае определяются и выражения

$$h = K \cdot S \cdot q^2,$$

где K – коэффициент, учитывающий отклонение от квадратичной области сопротивления.

При расчете кольцевой водопроводной сети предварительные расчетные расходы на участках обычно не соответствуют действительным расходам, при которых сумма потерь напора в кольце должна быть равна нулю, $\sum h = 0$.

Поэтому производят гидравлическую увязку кольцевой водопроводной сети целью, которой является определение действительных расходов и потерь напора на участках водопроводной сети. Кольцевая водопроводная сеть считается увязанной, когда обеспечивается баланс потерь напора в элементарных кольцах сети.

Существует несколько методов расчета (увязки) кольцевых водопроводных сетей. Все они, по существу, сводятся к тем или иным способам приближенного решения системы квадратных уравнений и - поэтому достаточно трудоемки, особенно при расчете больших многокольцевых сетей.

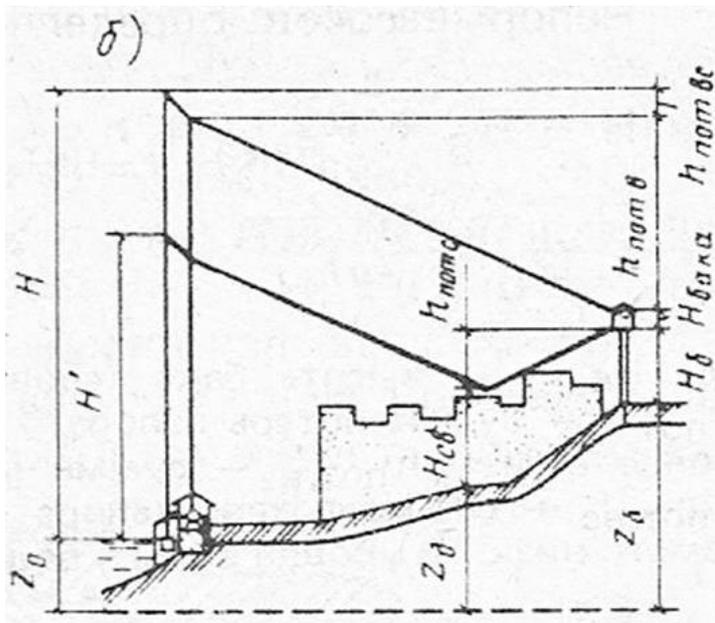
В настоящее время разработаны способы расчета кольцевых водопроводных сетей с применением вычислительной техники. Кольцевые водопроводные сети рассчитывают на несколько расчетных случаев: на максимальный хозяйственный водоразбор, на пропуск пожарных расходов в этот период, а сети с контррезервуаром (с водонапорной башней, расположенной в конце сети) рассчитывают и на пропуск максимального транзитного расхода в башню.

Расчет тупиковых водопроводных сетей проводят на случай максимального водоразбора и на пропуск пожарных расходов в этот период.

Разветвленные (тупиковые) водопроводные сети рассчитывают как системы последовательно соединенных трубопроводов, осуществляющих раздачу воды по пути и в виде сосредоточенных расходов в боковые ответвления. Потери напора в таких трубопроводах могут быть определены как сумма потерь напора в последовательно соединенных участках трубопровода.

Потери напора в местных сопротивлениях ввиду их малости при расчете водопроводных сетей не учитывают.

По данным расчетов водопроводной сети строят график пьезометрических линий и определяют напор, который должны развивать насосы, и высоту водонапорной башни.



Высоту водонапорной башни определяют из выражения

$$H_6 = H_{св} + h_{пот. с} - (Z_6 - Z_д),$$

где $H_{св}$ – свободный напор в диктующей точке; $h_{пот. с}$ – сумма потерь напора в сети от башни до диктующей точки; $Z_д$ и Z_6 – отметки поверхности земли в диктующей точке и в месте расположения водонапорной башни.

В качестве диктующей принимают точку, при расчете по которой высота водонапорной башни получается наибольшей. Обычно это наиболее высокорасположенная и удаленная от башни точка.

Напор насосов определяют из выражения

$$H = H_6 + H_{бака} + h_{пот. в} + h_{пот. вс} + (Z_6 - Z_0),$$

где $H_{бака}$ – высота бака (слоя воды в баке) водонапорной башни; $h_{пот. в}$ – сумма потерь напора в водопроводной сети и водоводах; $h_{пот. вс}$ – сумма потерь напора в насосной станции; Z_0 – отметка самого низкого уровня воды в резервуаре чистой воды.

Советские ученые Н. Н. Гениев, Л. Ф. Мошнин, В. П. Сироткин, М. М. Андрияшев, В. Г. Лобачев, Н. Н. Абрамов, М. В. Кирсанов, Ф. А. Шевелев и другие провели большую работу по развитию теории расчета, созданию методов и приемов расчета водопроводных сетей, улучшению их работы и снижению стоимости.

Благодаря высокому развитию теории расчета были созданы условия для эффективного использования тех возможностей, которые дают современные средства вычислительной техники. В настоящее время для расчета многокольцевых сетей применяют электронные цифровые вычислительные машины — ЭЦВМ.

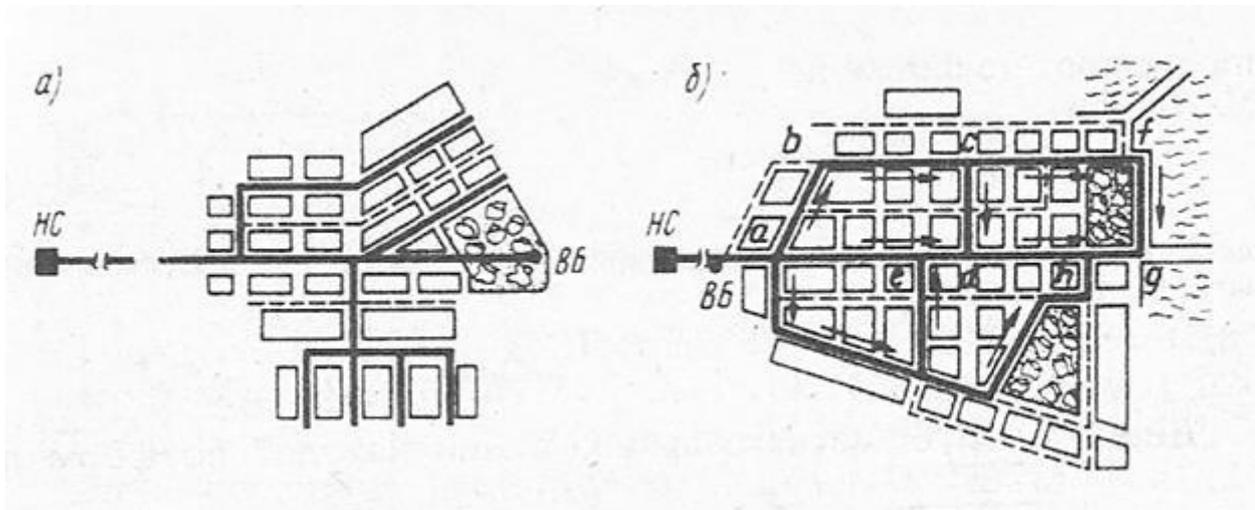
Практические занятия

Водоводы и водопроводные сети

Транспортирование воды от источников к объектам ее потребления осуществляется водоводами. Их выполняют из двух или более ниток трубопроводов, укладываемых параллельно друг другу.

Для подачи воды непосредственно к местам ее потребления (жилым и общественным зданиям, цехам промышленных предприятий) служит водопроводная сеть. При трассировании линий водоводов и водопроводной сети необходимо учитывать планировку объекта водоснабжения, размещение отдельных потребителей воды, гидрогеологические условия, рельеф местности и т. д.

По конфигурации в плане различают разветвленные или тупиковые (рис. а) и кольцевые (рис. б) водопроводные сети.



Схемы водопроводных сетей

а – разветвленная; б – кольцевая; 1 – насосная станция; 2 - водонапорная башня; 3 – магистральные линии; 4 – кольца водопроводной сети

Разветвленные водопроводные сети применяют для небольших объектов водоснабжения, допускающих перерывы в снабжении водой. Эти сети целесообразны при сосредоточенном потреблении воды в отдаленных друг от друга точках.

Кольцевые водопроводные сети выполняют при необходимости бесперебойного водоснабжения, что гарантируется в данном случае

возможностью двустороннего питания водой любого потребителя. Протяженность и стоимость кольцевых сетей больше, чем разветвленных.

В городских и производственных водопроводах, как правило, применяют кольцевые сети, которые обеспечивают бесперебойную подачу воды. В противопожарных водопроводах устройство кольцевой сети обязательно.

Водопроводная сеть.

Устройство и оборудование водопроводной сети. Запасные и регулирующие емкости.

Нормы водопотребления, режим работы сооружений.

Основные сведения по расчету водопроводных сетей и сооружений

Начертание в плане водоводов и водопроводной сети определяется взаимным расположением источника и объекта водоснабжения, планировкой застройки, рельефом местности, грунтовыми условиями, наличием искусственных и естественных препятствий, требованиями к обеспечению бесперебойного снабжения водой потребителей, кратчайшими путями транспортирования воды. По конфигурации водопроводные сети бывают тупиковые (разветвленные) и кольцевые. Для городских и производственных водопроводов, как правило, устраивают кольцевые сети.

При проектировании и гидравлическом расчете все линии сети обозначаются цифрами и условно разделяются на магистральные и распределительные. Магистральные линии предназначены для транспортирования транзитной воды в пределах объекта водоснабжения. Распределительные линии прокладываются в необходимых точках при транспортировании воды от магистралей к потребителю. Если водопроводная сеть питает один дом, то функции магистральных и распределительных линий совмещаются в одной нитке.

Материалы сетей.

Для строительства напорных водоводов и сетей применяют стальные, чугунные, асбестоцементные, пластмассовые, железобетонные и другие трубы. Для безнапорных водоводов используют бетонные трубы, открытые каналы из бетона, железобетонные трубы, земляные с одеждой дна и откосов различного типа. Анализ достоинств и недостатков труб различных типов позволяет правильно производить их выбор для применения в конкретных условиях.

Арматура.

Для обеспечения нормальной эксплуатации водопроводная сеть должна быть оборудована арматурой. Для возможности выключения

ремонтных участков водоводов применяют задвижки и поворотные затворы. Задвижки бывают диаметром до 1200 мм с ручным, гидравлическим и электрическим приводами. По конструкции запорного органа они подразделяются на параллельные и клиновые. Обратные клапаны применяются для того, чтобы воспрепятствовать обратному току воды, протекающей по трубопроводу. Предохранительные клапаны и устройства, предназначенные для борьбы с гидравлическим ударом в трубопроводах, разделяются на две основные группы: пружинные предохранительные клапаны, применяемые при ударах, начинающихся с волны повышения давления, и гасители уда- 20 ра, применяемые при ударах, начинающихся с волны понижения давления.

Для создания нормальных условий работы трубопроводов их оборудуют аэрационными устройствами, которые необходимы для впуска воздуха в случае опорожнения отдельных участков трубопроводов и выпуска воздуха при заполнении их водой. Выпуски служат для сброса воды. Их устанавливают в пониженных точках каждого ремонтного участка трубопровода, а также в местах, принятых для промывки трубопроводов перед сдачей в эксплуатацию по окончании строительства или после ремонта. Если здания в населенном пункте не оборудованы внутренним водопроводом, то забор воды из сети осуществляется через водоразборные колонки. Для забора воды из сети с целью пожаротушения применяют гидранты, устанавливаемые в смотровых колодцах через 150 м.

Запасные и регулирующие емкости. Водонапорные башни.

Водонапорные башни необходимы для сглаживания режима работы насосной станции II подъема, определяемого режимом водопотребления. При значительной неравномерности водопотребления практически трудно либо невыгодно достичь совпадения потребления и подачи воды. Водонапорная башня состоит из резервуара или бака, поддерживающей конструкции (ствола). В районах с суровым климатом вокруг бака устраивают шатер для предохранения воды от замерзания. Водонапорные башни могут быть выполнены из железобетона, кирпича, металла и дерева. Деревянные водонапорные башни применяют, в основном, на временных водопроводах. Кирпичные водонапорные башни строят относительно небольшой высоты, когда их применение, исходя из местных условий, экономически целесообразно. Баки водонапорных башен выполняют из стали с плоским или сферическим днищем. Наиболее широко в нашей стране применяют железобетонные водонапорные башни, в основном, цилиндрической формы с плоским или сферическим днищем. Все более широкое распространение получает напряженный железобетон, повышающий водонепроницаемость баков. Башни оборудуют сигнализацией, передающей показания уровня воды на насосную станцию или диспетчерский пункт водопроводного хозяйства.

Резервуары чистой воды.

Резервуары в системах водоснабжения используются как регулирующие емкости. Одновременно в них могут храниться противопожарные и аварийные запасы воды. Если рельеф местности позволяет располагать резервуары на достаточно высоких отметках, они могут служить напорными емкостями; если воду из резервуаров необходимо перекачивать к потребителю, то они называются безнапорными. В настоящее время наибольшее распространение получили железобетонные резервуары различных форм, конструкций и методов изготовления.

Нормы водопотребления. Режим работы сооружений

Общий расход воды на нужды населения пропорционален числу жителей в населенном пункте, для которого строится система водоснабжения, расходу воды на хозяйственно-питьевые нужды, приходящемуся на одного жителя, т.е. норме водопотребления. Норма водопотребления зависит от характера санитарно-технического оборудования зданий, местных климатических условий. Она учитывает расход воды на хозяйственно-питьевые и бытовые нужды в жилых и общественных зданиях, за исключением расхода воды в домах отдыха, санаториях и детских оздоровительных лагерях. В настоящее время действующим СНиП предусмотрены следующие расчетные среднесуточные расходы (л/сут) на хозяйственно-питьевые нужды на одного жителя (таблица).

Степень благоустройства районов жилой застройки

Застройка зданиями, с внутренним водопроводом и канализацией, без ванн	125-160
То же, с ваннами и местными водонагревателями	160-230
То же, с централизованным горячим водоснабжением	230-350
Застройка зданиями, где водопользование из водоразборных колонок	30—50.

Потребление воды на производственные нужды зависит от характера и объема производства, а также технологии производства. Расходование воды на нужды пожаротушения определяется в соответствии с нормами, устанавливаемыми на основании опыта тушения пожаров. Расчетная продолжительность тушения пожара принимается 3 ч. На основании данных о нормах водопотребления, сведений о расчетном числе жителей и потребности в воде промышленных предприятий, забирающих воду из городского водопровода, может быть определено полное среднее расчетное количество воды, которое должно быть подано городу в течение суток.

На хозяйственно-питьевые и бытовые нужды населения средние суточные расходы воды Q , м³/сут, равны:

$$Q = q_{cp}N,$$

где $q_{ср}$ — средний за год расчетный расход воды на одного жителя, принимаемый в соответствии с действующими СНиП; N — расчетное число жителей.

Расчетные объемы водопотребления промышленных объектов определяются на основании технологических расчетов. Суточная неравномерность потребления воды характеризуется коэффициентами суточной неравномерности. Характер потребления воды на хозяйственно-питьевые нужды неравномерный. Неравномерность водопотребления на промышленных предприятиях зависит от технологии производства. Зная режим водопотребления, можно установить режим подачи воды и режим работы отдельных сооружений. Режим работы насосной станции II подъема может быть равномерным или по ступенчатому графику. Насосная станция I подъема, как правило, работает равномерно.

Основные сведения по расчету водопроводных сетей и сооружений

Гидравлический расчет водопроводных сетей выполняют с целью определения потерь напора в них и диаметров труб участков сети. Потери напора необходимо знать для определения высоты водонапорной башни и напора насосов. Водопроводная сеть должна быть рассчитана на случаи наибольшего водопотребления и момента пожара, совпадающего по времени с часом максимального водопотребления.

При определении диаметров труб линий сети необходимо вычислить расчетные расходы воды для этих линий, т.е. количество воды, которое будет протекать по ним в расчетные периоды работы системы. В городских водопроводных сетях принимается схема равномерного распределения отбора воды на хозяйственно-питьевые нужды населения. Расходы воды крупных предприятий рассматриваются как сосредоточенные в определенных узлах.

Расход, приходящийся на 1 м длины сети, называется удельным. Принимается, что расход воды на каждом участке магистральной сети пропорционален его длине. Этот расход, называется путевым. Каждый участок сети (кроме конечных), помимо путевого расхода пропускает транзитный расход q_t , необходимый для питания последующих участков. Ориентировочно диаметр труб иногда выбирают по экономичным скоростям, составляющим 0,5—2 м/с. В практике расчетов потерь напора существуют таблицы, позволяющие определять потери напора: $h = il$.

Системы и схемы водоснабжения населенных мест

1. Системы и схемы водоснабжения населенных мест

1.1. Основные элементы системы водоснабжения населенных мест

Под системой водоснабжения населенного места понимают комплекс инженерных сооружений, расположенных в определенном технологическом порядке по ходу подачи (течению) воды и

предназначенных для обеспечения потребителей необходимым количеством воды требуемого качества.

В общем случае система водоснабжения населенного места включает:

- сооружения для забора воды из источника (водозаборы, водоприемники);
- насосную станцию первого подъема для подачи воды в водопроводную сеть;
- сооружения обработки воды (водоочистные сооружения);
- резервуары для хранения запасов воды;
- насосную станцию второго подъема для подачи воды в водопроводную сеть;
- сооружения для регулирования и поддержания требуемых расходов и напоров в водопроводной сети (водонапорная башня насосно-пневматическая установка, нагорный резервуар);
- водоводы, наружную и внутреннюю водопроводные сети для транспортировки и распределения воды потребителям.

Системы водоснабжения населенных пунктов базируются, как правило, на оборудованных водозаборных сооружениях (скважинах, каптированных родниках, кяризах, а иногда и колодцах) и могут быть классифицированы по ряду признаков. По виду обслуживаемого объекта системы водоснабжения населенных пунктов бывают коммунального, промышленного, сельскохозяйственного, железнодорожного, аэродромного водоснабжения и полевого водообеспечения. По целевому назначению различают: – хозяйственно-питьевые (хозяйственные) системы водоснабжения, подающие воду для хозяйственных, санитарно-гигиенических и питьевых нужд; – производственные (технические) системы водоснабжения для обеспечения технологических процессов производств, работы агрегатов и оборудования; – противопожарные системы водоснабжения для обеспечения тушения возникающих пожаров.

В зависимости от размеров населенных мест, а также количества потребляемой ими воды, системы водоснабжения могут быть объединенными или отдельными. В населенных пунктах, где расходы воды невелики, по экономическим соображениям, как правило, устраиваются объединенные системы хозяйственного, технического и противопожарного водоснабжения. Взаимное расположение и увязка водопроводных сооружений образуют схему системы водоснабжения или водопровода.

Существенное влияние на выбор схемы системы водоснабжения оказывает вид источника воды. По этому признаку системы водоснабжения населенных пунктов подразделяются на системы с поверхностным и подземным источником. В системе водоснабжения, базирующейся на поверхностном источнике (рис. 1), первым по ходу движения воды устройством является водозабор (водоприемник), который обеспечивает надежный забор из источника требуемого количества воды. Далее вода насосами станции первого подъема подается на очистные сооружения. На очистных сооружениях осуществляется обработка воды с

доведением ее до требуемого качества. Из очистных сооружений вода, как правило, самотеком поступает в резервуары чистой воды, которые обеспечивают ее хранение, а также позволяют регулировать режимы ее дальнейшего продвижения по сети и забор насосной станцией второго подъема. Часто в этих же резервуарах хранятся и противопожарные запасы воды.

Насосная станция второго подъема забирает воду из резервуаров и подает ее по водопроводной сети к потребителям и в водонапорную башню (пневматическую установку). Водонапорная башня (нагорный резервуар, пневматическая установка) служит для регулирования работы насосной станции второго подъема с учетом неравномерности разбора воды потребителями.

Водонапорная башня устраивается в случае необходимости иметь значительные регулирующие запасы воды и при отсутствии больших возвышений на местности. При наличии на местности в пределах территории военного городка возвышенности с отметкой больше, чем требуемый напор в сети, целесообразно вместо водонапорной башни устраивать нагорный резервуар. Если требуется небольшой регулирующий запас воды (до 5...7 м³), то для регулирования работы насосной станции второго подъема используется пневматическая установка.

Транспортирование воды от насосной станции второго подъема до водопроводной сети объекта и водонапорной башни осуществляется по водоводу. Водовод по условиям надежности прокладывается не менее чем в две линии. На водоводе большой протяженности могут устраиваться перемычки с камерами переключения, обеспечивающие до 70 % расчетного количества воды на хозяйственно-питьевые нужды при отключении поврежденного участка на одном из водоводов. Расстояние между линиями водоводов не должно допускать размыва параллельной линии при аварии.

Основными недостатками системы водоснабжения с поверхностным источником воды являются: – повышенная строительная и эксплуатационная стоимость ввиду большого количества инженерных сооружений; – возможность заражения источника воды при применении оружия массового поражения.

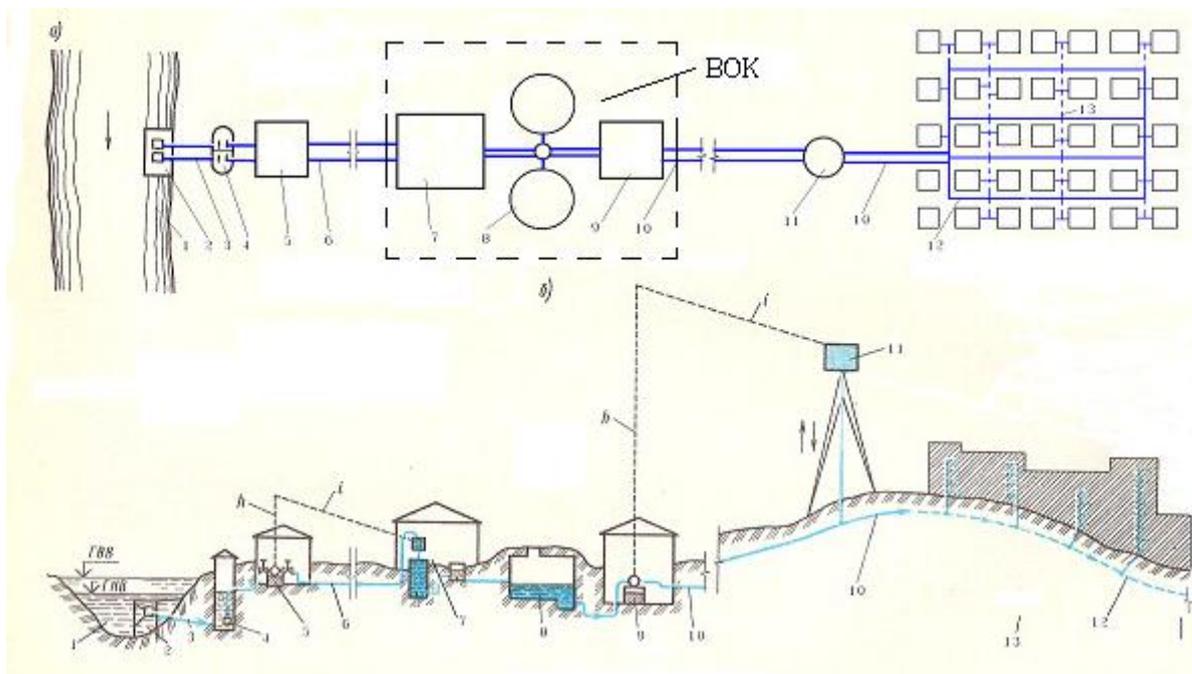


Рис.1. Схема системы водоснабжения с поверхностным источником воды 1 – источник воды; 2 – водоприемник; 3 – насосная станция первого подъема; 4 – очистные сооружения; 5 – резервуары чистой воды; 6 – насосная станция второго подъема; 7 – водонапорная башня

Этих недостатков, как правило, лишена система водоснабжения населенного пункта, базирующаяся на подземном источнике (рис. 2).

Рис. 2. Схема системы водоснабжения с подземным источником воды 1 – водозаборная скважина; 2 – насосная станция первого подъема; 3 – резервуары чистой воды; 4 – насосная станция второго подъема; 5 – водонапорная башня

Схема водоснабжения с подземным источником воды значительно проще и, если качество воды в источнике отвечает предъявляемым требованиям, может не включать очистных сооружений. В эту схему входят: подземный источник воды (скважина, шахтный колодец и т.п.), насосная станция первого подъема, резервуары для запасов воды, насосная станция второго подъема, водонапорная башня (нагорный резервуар, пневматическая установка), водоводы и водопроводная сеть. Насосы первого и второго подъемов могут размещаться в разных или в одном помещении (совмещенная насосная станция).

Вода из источника может подаваться непосредственно в водонапорную башню (нагорный резервуар, пневматическую установку) и через разводящую водопроводную сеть – к потребителям. Если качество подземной воды не удовлетворяет требованиям потребителей, схема системы водоснабжения дополняется устройством очистных сооружений или установок для обработки воды. По сравнению с водопроводом, базирующимся на поверхностном источнике воды, система водоснабжения с подземным источником обладает рядом достоинств, а именно: –

повышенной надежностью, ввиду рассредоточения и, соответственно, большей защищенности водозаборных сооружений (скважин, шахтных колодцев и т.п.); – возможностью дублирования основного источника воды, так как водозаборные скважины или группы скважин могут быть устроены с эксплуатацией различных водоносных пластов; – меньшей строительной и эксплуатационной стоимостью (при отсутствии сооружений для обработки воды); – возможностью сокращения строительных площадей путем объединения в одном здании нескольких элементов, например, скважины и насосной станции второго подъема.

В схеме системы водоснабжения с подземным источником воды можно обойтись и без водонапорной башни, в этом случае подача воды в водопроводную сеть будет регулироваться путем включения в работу различного количества насосов насосной станции второго подъема. В отдельных случаях могут устраиваться смешанные системы с поверхностными и подземными источниками воды.

По способу подачи воды системы водоснабжения могут быть напорными и самотечными. Все выше рассмотренные системы являются напорными: вода в них подается насосами с необходимым напором. Если источник воды находится выше объекта (потребителя) с превышением, достаточным для создания необходимого напора в водопроводной сети, применяется самотечная схема водоснабжения (рис.3).

Рис. 3. Схема самотечного водопровода 1 – источник воды (родник); 2 – каптажное сооружение; 3 – нагорный (разгрузочный) резервуар; 4 – водопроводная сеть

Из источника воды (родника) вода подается в водопроводную сеть через нагорный резервуар, который выполняет одновременно функции резервуара чистой воды и регулирующей емкости. Здесь же, при необходимости, может проводиться хлорирование воды. Если напор в сети слишком большой, то его снижают при помощи разгрузочных колодцев. Достоинствами схемы самотечного водопровода являются простота устройства и, в связи с этим, невысокая строительная стоимость, а также простота и дешевизна эксплуатации.

Как отмечалось выше, насосные станции первого подъема устраиваются для подачи воды из водозаборов на очистные сооружения, а если вода не требует обработки – в резервуары чистой воды или непосредственно в водопроводную сеть. Насосные станции второго подъема подают воду из резервуаров чистой воды потребителям. Их производительность и режим работы зависит от суточного расхода воды потребителями и графика водопотребления.

Водопроводная сеть.

Устройство и оборудование водопроводной сети. Запасные и регулирующие емкости.

Нормы водопотребления, режим работы сооружений.

Основные сведения по расчету водопроводных сетей и сооружений

Начертание в плане водоводов и водопроводной сети определяется взаимным расположением источника и объекта водоснабжения, планировкой застройки, рельефом местности, грунтовыми условиями, наличием искусственных и естественных препятствий, требованиями к обеспечению бесперебойного снабжения водой потребителей, кратчайшими путями транспортирования воды. По конфигурации водопроводные сети бывают тупиковые (разветвленные) и кольцевые. Для городских и производственных водопроводов, как правило, устраивают кольцевые сети.

При проектировании и гидравлическом расчете все линии сети обозначаются цифрами и условно разделяются на магистральные и распределительные. Материалы сетей. Для строительства напорных водоводов и сетей применяют стальные, чугунные, асбестоцементные, пластмассовые, железобетонные и другие трубы. Для безнапорных водоводов используют бетонные трубы, открытые каналы из бетона, железобетонные трубы, земляные с одеждой дна и откосов различного типа. Анализ достоинств и недостатков труб различных типов позволяет правильно производить их выбор для применения в конкретных условиях.

Арматура.

Для обеспечения нормальной эксплуатации водопроводная сеть должна быть оборудована арматурой. Для возможности выключения ремонтных участков водоводов применяют задвижки и поворотные затворы. Задвижки бывают диаметром до 1200 мм с ручным, гидравлическим и электрическим приводами. По конструкции запорного органа они подразделяются на параллельные и клиновые. Обратные клапаны применяются для того, чтобы воспрепятствовать обратному току воды, протекающей по трубопроводу. Предохранительные клапаны и устройства, предназначенные для борьбы с гидравлическим ударом в трубопроводах, разделяются на две основные группы: пружинные предохранительные клапаны, применяемые при ударах, начинающихся с волны повышения давления, и гасители уда- 20 ра, применяемые при ударах, начинающихся с волны понижения давления.

Для создания нормальных условий работы трубопроводов их оборудуют аэрационными устройствами, которые необходимы для впуска воздуха в случае опорожнения отдельных участков трубопроводов и выпуска воздуха при заполнении их водой. Выпуски служат для сброса воды. Их устанавливают в пониженных точках каждого ремонтного

участка трубопровода, а также в местах, принятых для промывки трубопроводов перед сдачей в эксплуатацию по окончании строительства или после ремонта. Если здания в населенном пункте не оборудованы внутренним водопроводом, то забор воды из сети осуществляется через водоразборные колонки. Для забора воды из сети с целью пожаротушения применяют гидранты, устанавливаемые в смотровых колодцах через 150 м.

Запасные и регулирующие емкости. Водонапорные башни.

Водонапорные башни необходимы для сглаживания режима работы насосной станции II подъема, определяемого режимом водопотребления. При значительной неравномерности водопотребления практически трудно либо невыгодно достичь совпадения потребления и подачи воды. Водонапорная башня состоит из резервуара или бака, поддерживающей конструкции (ствола). В районах с суровым климатом вокруг бака устраивают шатер для предохранения воды от замерзания. Водонапорные башни могут быть выполнены из железобетона, кирпича, металла и дерева. Деревянные водонапорные башни применяют, в основном, на временных водопроводах. Кирпичные водонапорные башни строят относительно небольшой высоты, когда их применение, исходя из местных условий, экономически целесообразно. Баки водонапорных башен выполняют из стали с плоским или сферическим днищем. Наиболее широко в нашей стране применяют железобетонные водонапорные башни, в основном, цилиндрической формы с плоским или сферическим днищем. Все более широкое распространение получает напряженный железобетон, повышающий водонепроницаемость баков. Башни оборудуют сигнализацией, передающей показания уровня воды на насосную станцию или диспетчерский пункт водопроводного хозяйства.

Резервуары чистой воды.

Резервуары в системах водоснабжения используются как регулирующие емкости. Одновременно в них могут храниться противопожарные и аварийные запасы воды. Если рельеф местности позволяет располагать резервуары на достаточно высоких отметках, они могут служить напорными емкостями; если воду из резервуаров необходимо перекачивать к потребителю, то они называются безнапорными. В настоящее время наибольшее распространение получили железобетонные резервуары различных форм, конструкций и методов изготовления.

Нормы водопотребления. Режим работы сооружений

Общий расход воды на нужды населения пропорционален числу жителей в населенном пункте, для которого строится система водоснабжения, расходу воды на хозяйственно-питьевые нужды, приходящемуся на одного жителя, т.е. норме водопотребления. Норма водопотребления зависит от характера санитарно-технического

оборудования зданий, местных климатических условий. Она учитывает расход воды на хозяйственно-питьевые и бытовые нужды в жилых и общественных зданиях, за исключением расхода воды в домах отдыха, санаториях и детских оздоровительных лагерях. В настоящее время действующим СНиП предусмотрены следующие расчетные среднесуточные расходы (л/сут) на хозяйственно-питьевые нужды на одного жителя (таблица).

Степень благоустройства районов жилой застройки

Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией, без ванн
125-160

То же, с ваннами и местными водонагревателями
160-230

То же, с централизованным горячим водоснабжением
230-350

Застройка зданиями, где водопользование из водоразборных колонок
30—50.

Потребление воды на производственные нужды зависит от характера и объема производства, а также технологии производства. Расходование воды на нужды пожаротушения определяется в соответствии с нормами, устанавливаемыми на основании опыта тушения пожаров. Расчетная продолжительность тушения пожара принимается 3 ч. На основании данных о нормах водопотребления, сведений о расчетном числе жителей и потребности в воде промышленных предприятий, забирающих воду из городского водопровода, может быть определено полное среднее расчетное количество воды, которое должно быть подано городу в течение суток.

На хозяйственно-питьевые и бытовые нужды населения средние суточные расходы воды Q , м³/сут, равны:

$$Q = q_{cp}N,$$

где q_{cp} — средний за год расчетный расход воды на одного жителя, принимаемый в соответствии с действующими СНиП; N — расчетное число жителей.

Расчетные объемы водопотребления промышленных объектов определяются на основании технологических расчетов. Суточная неравномерность потребления воды характеризуется коэффициентами суточной неравномерности. Характер потребления воды на хозяйственно-питьевые нужды неравномерный. Неравномерность водопотребления на промышленных предприятиях зависит от технологии производства. Зная режим водопотребления, можно установить режим подачи воды и режим

работы отдельных сооружений. Режим работы насосной станции II подъема может быть равномерным или по ступенчатому графику. Насосная станция I подъема, как правило, работает равномерно.

Основные сведения по расчету водопроводных сетей и сооружений

Гидравлический расчет водопроводных сетей выполняют с целью определения потерь напора в них и диаметров труб участков сети. Потери напора необходимо знать для определения высоты водонапорной башни и напора насосов. Водопроводная сеть должна быть рассчитана на случаи наибольшего водопотребления и момента пожара, совпадающего по времени с часом максимального водопотребления.

При определении диаметров труб линий сети необходимо вычислить расчетные расходы воды для этих линий, т.е. количество воды, которое будет протекать по ним в расчетные периоды работы системы. В городских водопроводных сетях принимается схема равномерного распределения отбора воды на хозяйственно-питьевые нужды населения. Расходы воды крупных предприятий рассматриваются как сосредоточенные в определенных узлах.

Расход, приходящийся на 1 м длины сети, называется удельным. Принимается, что расход воды на каждом участке магистральной сети пропорционален его длине. Этот расход, называется путевым. Каждый участок сети (кроме конечных), помимо путевого расхода пропускает транзитный расход q_t , необходимый для питания последующих участков. Ориентировочно диаметр труб иногда выбирают по экономичным скоростям, составляющим 0,5—2 м/с. В практике расчетов потерь напора существуют таблицы, позволяющие определять потери напора: $h = il$.

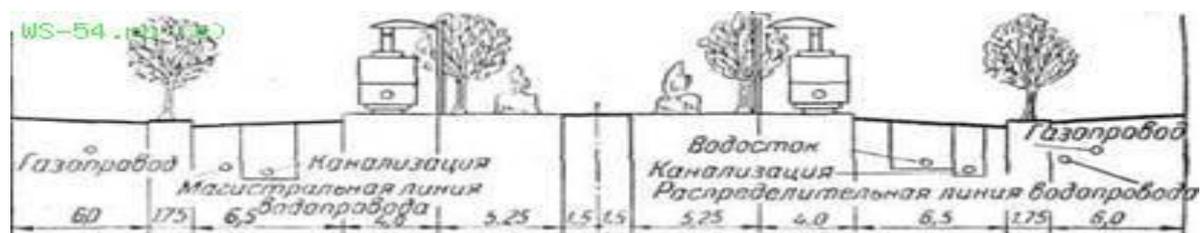


Рис. 34. Расположение трубопроводов на городской магистрали большой ширины

Кольцевые сети более надежны в эксплуатации, так как в случае аварии на одной из линий при ее выключении потребители будут снабжаться водой по другой линии.

Водопроводные сети, являющиеся противопожарными, должны быть кольцевыми. Как исключение, допускают тупиковые линии длиной не более 200 м, когда приняты меры против замерзания этих линий.

Примерное расположение водопроводных и других труб на улице большого города показано на рис. 34.

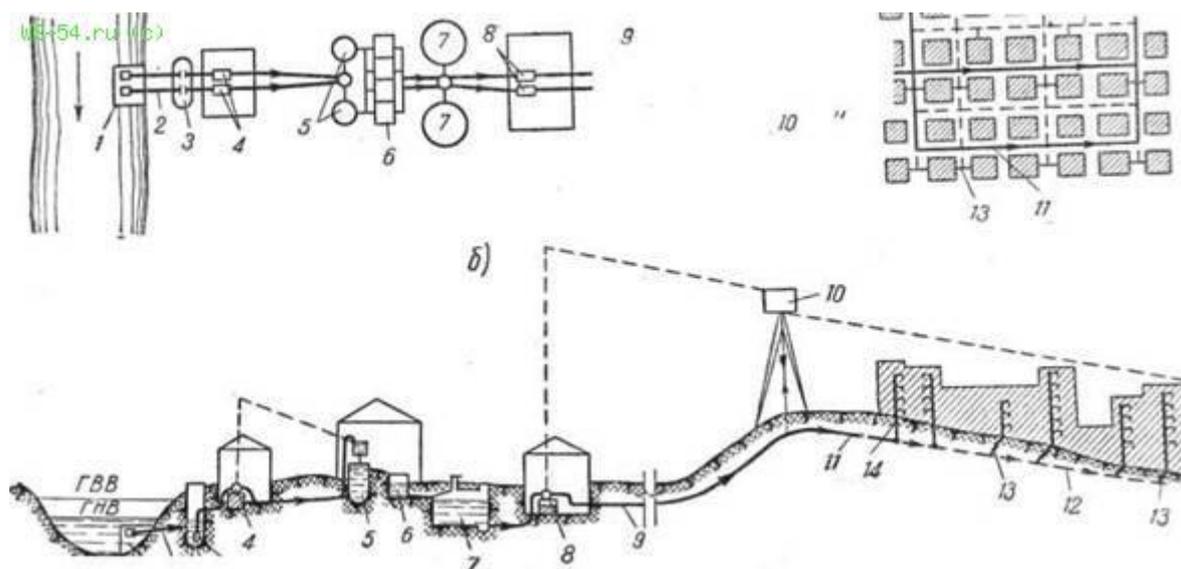


Рис. 1 Схема водопровода города; а — план; б — разрез

Расчетным расходом воды является максимальный расход ее, получаемый умножением среднего расхода на коэффициент неравномерности.

Расчетный расход воды для населенных пунктов определяют по следующим формулам:

$$Q_{\text{сут. макс}} = \frac{qN}{1000} \cdot K_{\text{сут}} \text{ м}^3;$$

Здесь q — норма водопотребления в л на человека в сутки (см. табл. 1); N — расчетная численность населения; $K_{\text{сут}}$ — коэффициент суточной неравномерности потребления воды; $K_{\text{общ}}$ — общий коэффициент неравномерности потребления воды, равный

$$Q_{\text{час. макс}} = \frac{qN}{24 \cdot 1000} \cdot K_{\text{общ}} \text{ м}^3;$$

Расчетный расход хозяйственно-питьевой воды в производственных и вспомогательных зданиях определяют по следующим формулам.

Суточное потребление воды

$$Q_{\text{сек. макс}} = \frac{Q_{\text{час. макс}} \cdot 1000}{3600} \text{ л/сек.}$$

где q'_n — норма потребления воды на одного человека в смену (см. табл. 2); N_1 — количество работающих в сутки (раздельно в холодных и горячих цехах). Потребление воды в смену равно

$$K_{\text{общ}} = K_{\text{сут}} K_{\text{час}}$$

$$Q_{\text{сут}} = \frac{q'_n N_1}{1000} \text{ м}^3/\text{сут},$$

$$Q_{\text{см}} = \frac{q'_n N_2}{1000} \text{ м}^3,$$

где N_2 — количество работающих в смену.

Максимальное секундное потребление воды в л в данную смену

$$Q_{\text{макс}} = \frac{Q_{\text{см}} K_{\text{час}} \cdot 1000}{T \cdot 3600} \text{ л/сек},$$

где $K_{\text{час}}$ — коэффициент часовой неравномерности потребления воды (см. табл. 2); T — продолжительность работы смены в часах. Расчетный расход на пользование душем в бытовых помещениях промышленных предприятий определяют, пользуясь формулами (7), (8) и (9).

Суточное потребление воды на пользование душем равно

$$Q_{\text{душ. сут}} = \frac{q_d N_3}{1000} \text{ м}^3/\text{сут},$$

где q_d — норма потребления воды на одну процедуру (раздельно по производствам); N_3 — количество пользующихся душем в сутки (раздельно по

производствам). Потребление воды душем в смену равно

$$Q_{\text{душ. см}} = \frac{q_d N_4}{1000} \text{ м}^3,$$

где N_4 — количество пользующихся душем в смену.

Секундное водопотребление (душ. Сек в данной смены

$$Q_{\text{душ. сек}} = \frac{Q_{\text{душ. см}} \cdot 1000}{60 \cdot 45} \text{ л/сек},$$

так как продолжительность действия душей после смен должна быть не более 45 мин.

Расчетный расход воды для полива территории с поливаемой площадью F га определяется по формуле

$$Q_{\text{пол}} = \frac{10\,000 F q_{\text{пол}}}{1000} = 10 F q_{\text{пол}} \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (10)$$

где $q_{\text{пол}}$ — поливочная норма л/сут на 1 м². Секундный расход воды для полива равен

$$Q_{\text{сек. пол}} = \frac{Q_{\text{час. пол}} \cdot 1000}{3600} \text{ л/сек.}$$

Среднесуточное за год количество воды $Q_{\text{ср. тпх}}$ Для полива можно приблизительно определить по формуле

$$Q_{\text{ср. пол}} = \frac{Q_{\text{пол}} T_{\text{пол}}}{365} \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (12)$$

где $T_{\text{пол}}$ — число суток в году, в которое ведут полив, определяемое с учетом климатических и других местных условий. Расход воды в столовых промышленных предприятий учитывается особо. Суточный расход воды в столовых равен

$$Q_{\text{ст}} = \frac{q_{\text{ст}} N_{\text{д}}}{1000} \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (13)$$

где $d_{\text{ст}}$ — норма расхода воды в столовой на одного обедающего принимается от 18 до 25 л с коэффициентом часовой неравномерности потребления воды 1,5.

Максимальное секундное водопотребление в столовых равно

$$Q_{\text{ст}} = \frac{q \cdot 1,5 \cdot 1000}{T_{\text{ст}} \cdot 3600} \text{ л/сек},$$

где $T_{\text{ст}}$ — число часов работы столовых.

Расход воды на производственные нужды как суточный, так и секундный принимают по данным технологов для каждого производственного агрегата или группы агрегатов.

Режим водопотребления зависит от величины населенного пункта, климатических и других условий. Колебания часового водопотребления обычно изображают в виде таблиц или графиков, которые составляют на основе наблюдения за режимом водопотребления на действующих водопроводах.

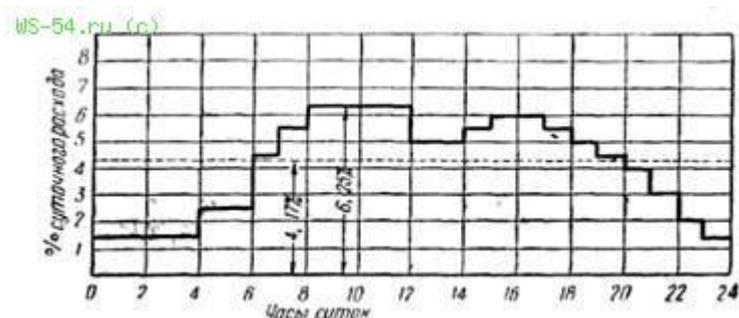


Рис. 3. График суточного потребления воды в городе

На рис. 3 изображен в качестве примера график колебания расхода воды в городе в течение суток. Здесь на оси абсцисс нанесены часы суток, а на оси ординат — часовой расход воды, выраженный в процентах от суточного ее расхода.

Колебания потребления воды для производственных нужд в каждом отдельном случае задаются технологами на основании изучения технологического процесса данного производства.

Подача воды насосом, работающим в течение 24 ч в сутки, т. е. в каждый час подающим 4,17% суточного расхода, обозначена на графике пунктирной линией.

Отсюда следует, что избыток воды, подаваемой насосами в часы меньшего расхода ее из сети, накапливается в баке водонапорной башни. Это накопление может происходить также в подземном резервуаре или в резервуаре пневматической установки.

Регулирующий запас воды предназначается для покрытия разности между отбором воды из сети и подачей ее насосом в часы максимального расхода. Объем регулирующего запаса при одноступенчатой работе насосов в населенных пунктах с числом жителей до 200 тыс. составляет 10—15% от суточного расхода, при двухступенчатой работе насосов он может быть снижен до 1,5—3%.

В резервуарах систем водоснабжения должен содержаться неприкосновенный запас воды на противопожарные нужды.

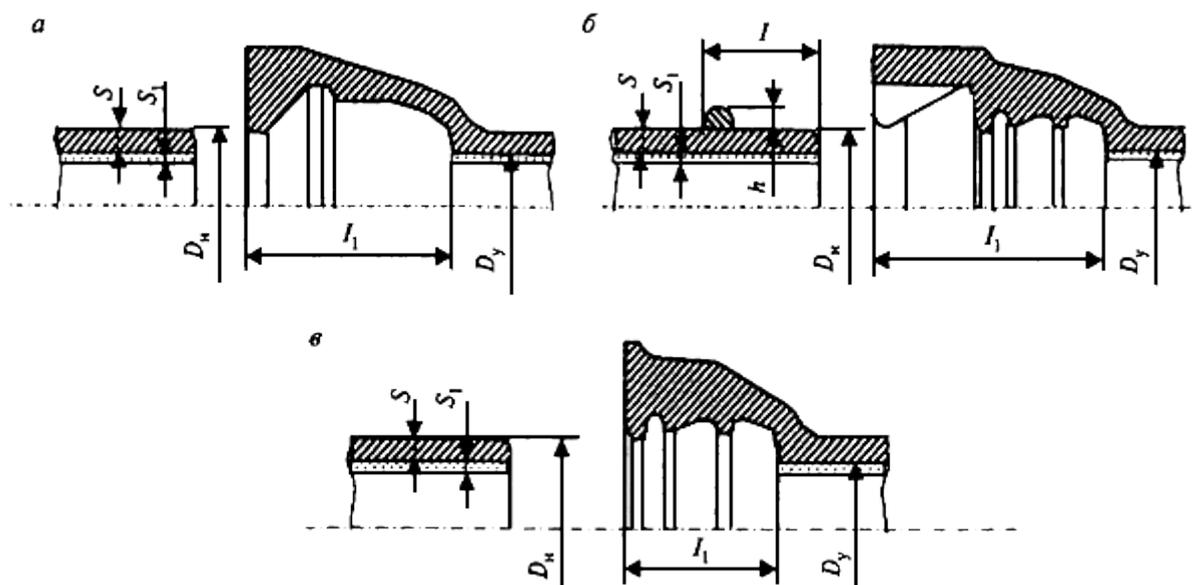
Колебания расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды и пели и в течение суток с максимальным расходом воды отображены в табл. 5.

Максимальный часовой расход воды на хозяйственно-питьевые нужды в табл. 5 соответствует заданному коэффициенту часовой неравномерности $K_{\text{час}} = 1,25$.

График расхода воды на полив составлен с учетом утренней, генеральной уборки улиц; к тому же требуется, чтобы полив не совпадал с наибольшим расходом воды на хозяйственно-питьевые нужды.

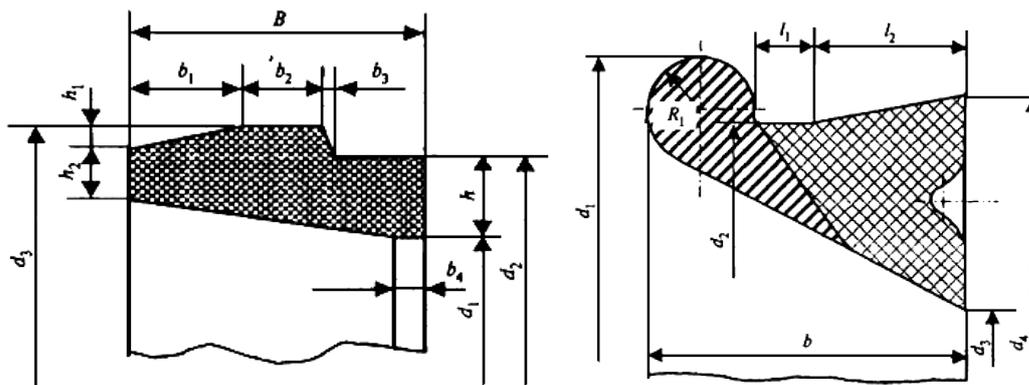
Принимаем, что в запасных резервуарах должен храниться неприкосновенный запас на тушение пожара 500 м³. После пожара он должен пополняться за 24 н. Поэтому расход воды при пополнении пожарного запаса воды возрастает до $3910 + 500 = 4410$ м³/сут.

Для прокладки в пределах населенного пункта могут использоваться напорные чугунные трубы. Отечественной промышленностью освоен выпуск напорных труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) по ТУ 14-161-183-2000 с диапазоном диаметров от 100 до 1000 мм. Трубы выпускаются с внутренним цементно-песчаным покрытием и без него.



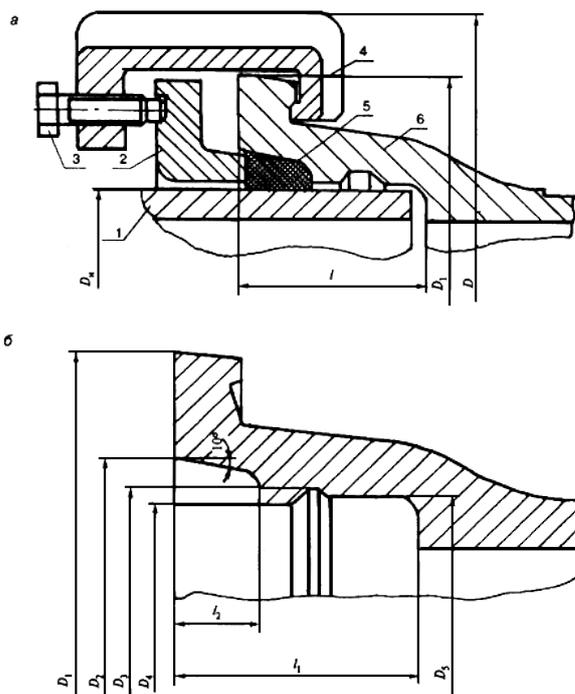
Элементы раструбного соединения резиновыми кольцами

а - соединение под универсальное резиновое кольцо; б - соединение ВРС; в - соединение ВР



Универсальное резиновое кольцо к раструбным соединениям

Резиновое кольцо к раструбным соединениям ВРС и ВР



а - раструбное соединение; б - раструб трубы с резиновым кольцом

1 - гладкий конец трубы; 2 - фланец с выступом; 3 - винт; 4 - крепежная струбцина; 5 - резиновое кольцо (рисунок 10); 6 - раструб трубы

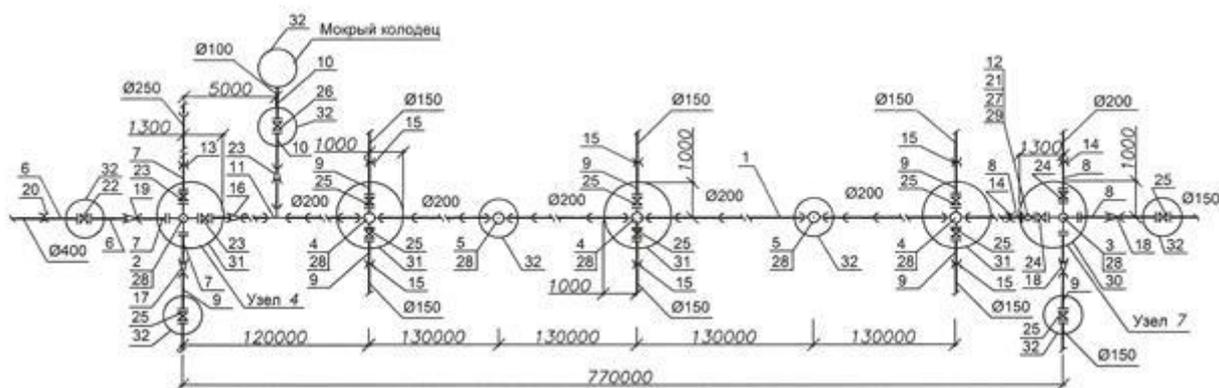
Оборудование водопроводной сети

Для обеспечения бесперебойной подачи воды потребителям, проведения плановых и аварийных ремонтов на водопроводной сети предусматривается установка необходимого оборудования и сооружений, в соответствии с рекомендациями раздела 8 [1].

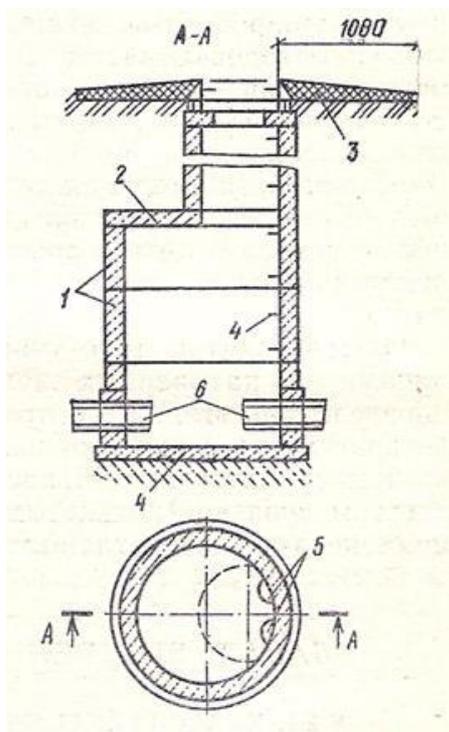
1. Запорная арматура (задвижки или затворы поворотные) устанавливаются для выделения ремонтных участков и на всех ответвлениях от водопроводной сети.
2. Клапаны для впуска и выпуска воздуха при опорожнении и заполнении трубопроводов устанавливаются в верхней точке каждого ремонтного участка.
3. Вантузы для выпуска воздуха устанавливаются на повышенных переломных точках профиля трубопроводов.
4. Выпуски для сброса воды из трубопроводов при опорожнении устанавливаются в пониженной точке каждого ремонтного участка.
5. Пожарные гидранты устанавливаются на водопроводных линиях на расстоянии, определяемом расчетом (см. п. 8.16 [1]), но не более 150 м.
6. Водоразборные колонки устанавливаются в районах, где не имеется домовых вводов, с радиусом действия не более 100 м.
7. Регуляторы давления устанавливаются для поддержания давления на уровне, не выше допустимого значения.
8. Гасители гидравлического удара устанавливаются на водоводах сразу после насосной станции 2-го подъема.
9. Компенсаторы предусматриваются на трубопроводах, прокладываемых в тоннелях, каналах или на эстакадах.

Детализировка сети

Обычно разрабатывают **детализировку** водопроводной сети, где намечают установку необходимой арматуры и оборудования.

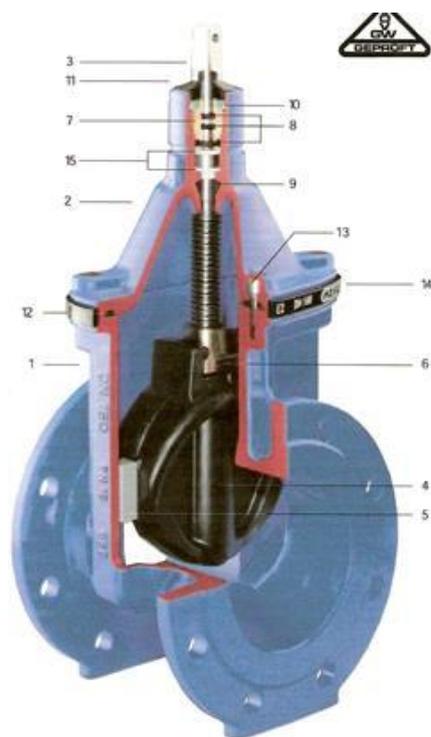
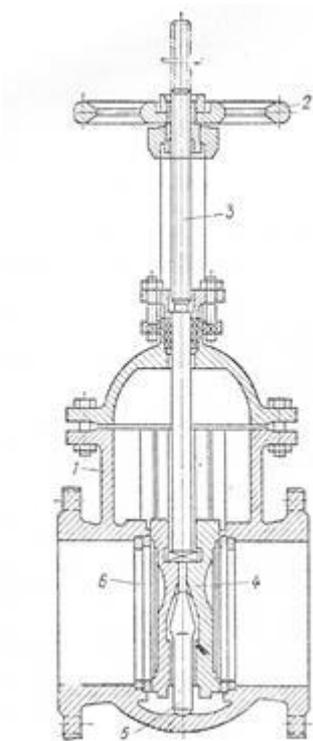


В местах установки арматуры устраивают водопроводные колодцы или камеры, изготавливаемые из сборного железобетона.



Водопроводный колодец

1 – железобетонные кольца; 2 – плита перекрытия; 3 – отмокка; 4 – днище; 5 – скобы; трубы водопроводной сети

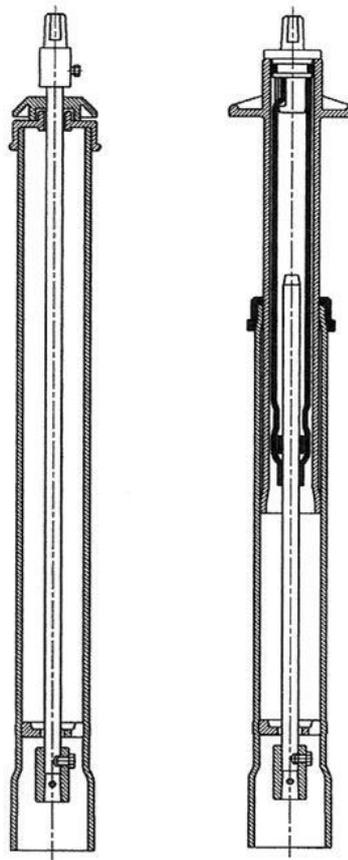


Задвижка бесколодезная

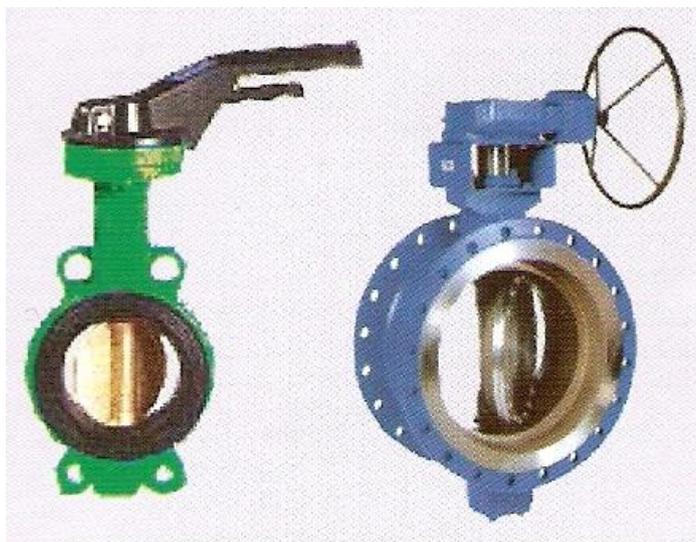
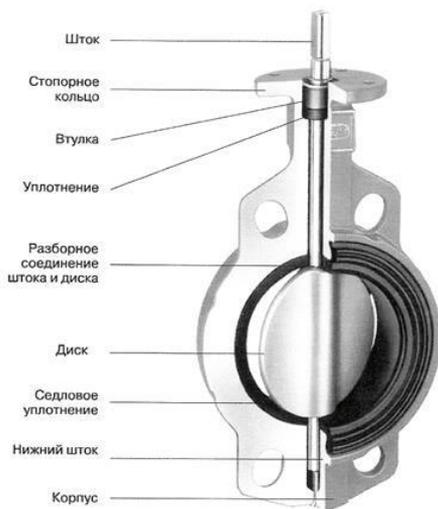


фикс. длины

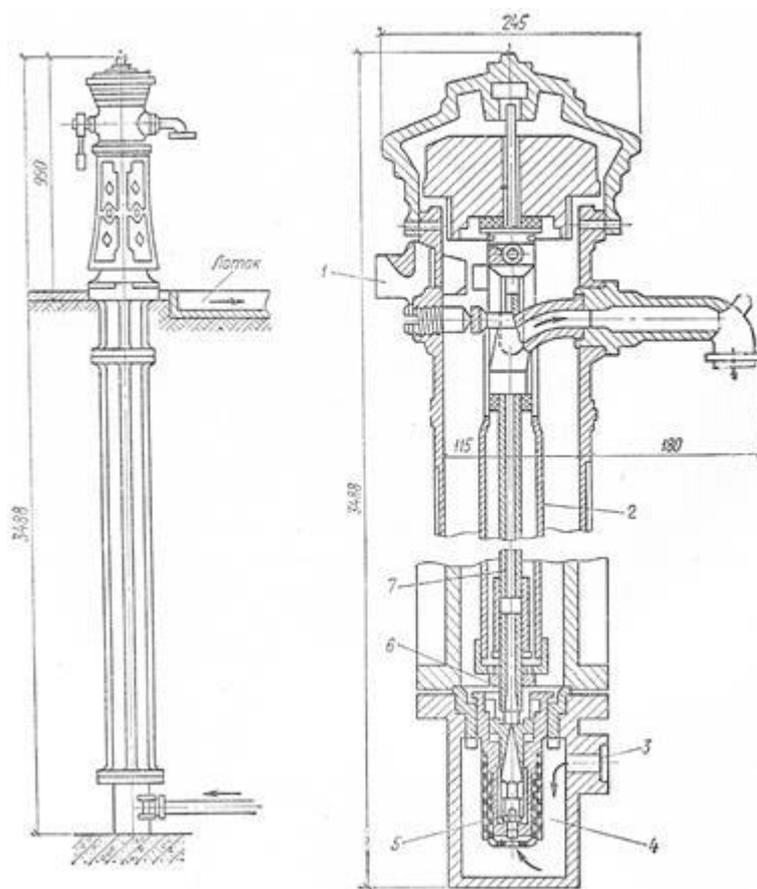
телескопический



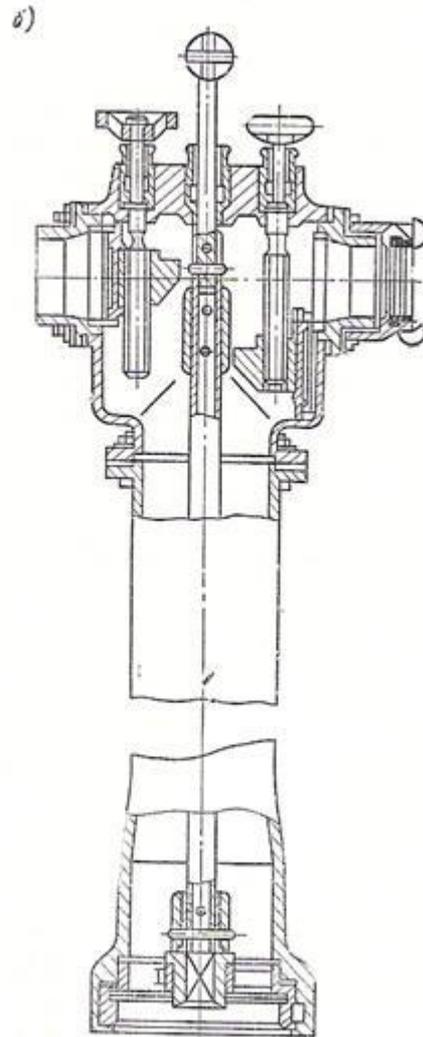
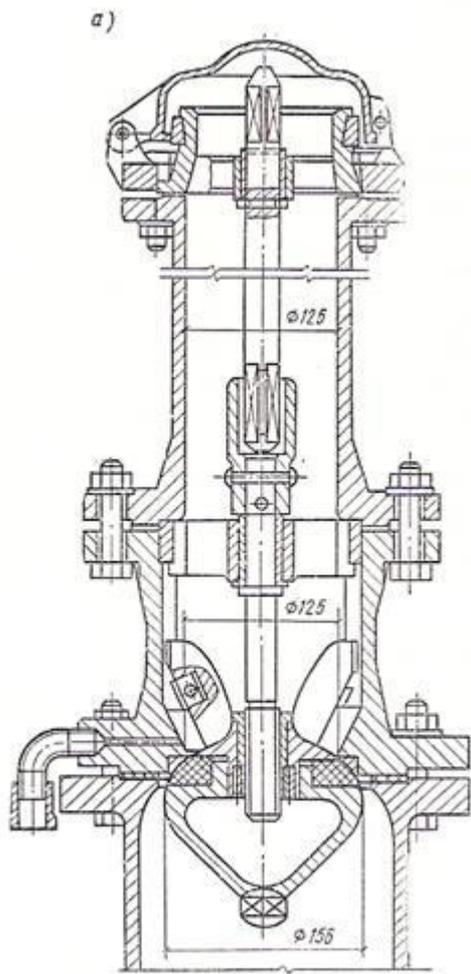
Задвижка бесколодезная. Штоки для бесколодезных задвижек



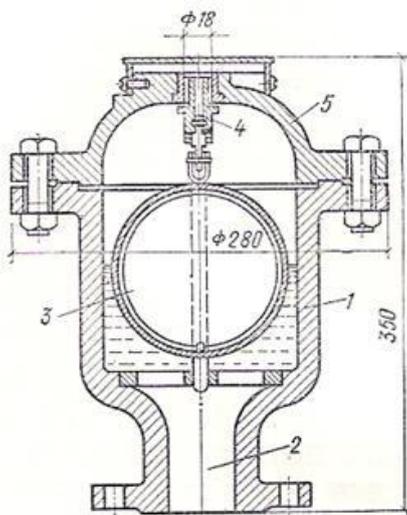
Затворы поворотные в наружных сетях водопровода не применяются.



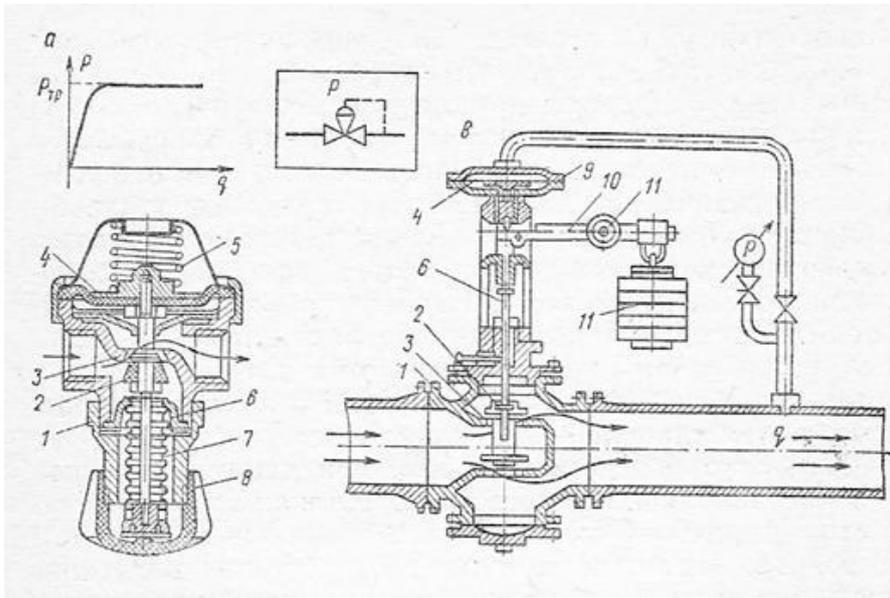
Колонки водоразборные



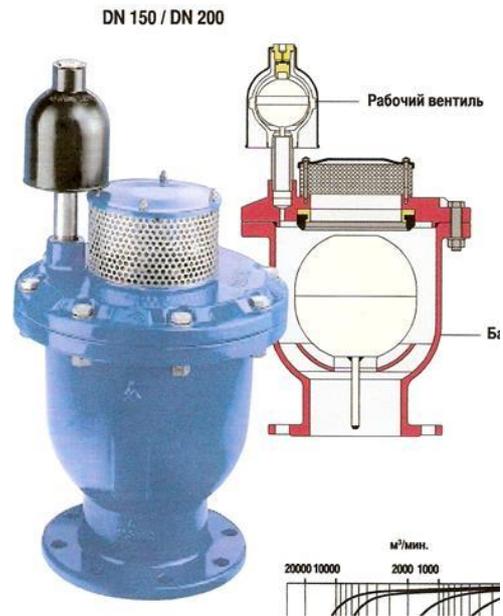
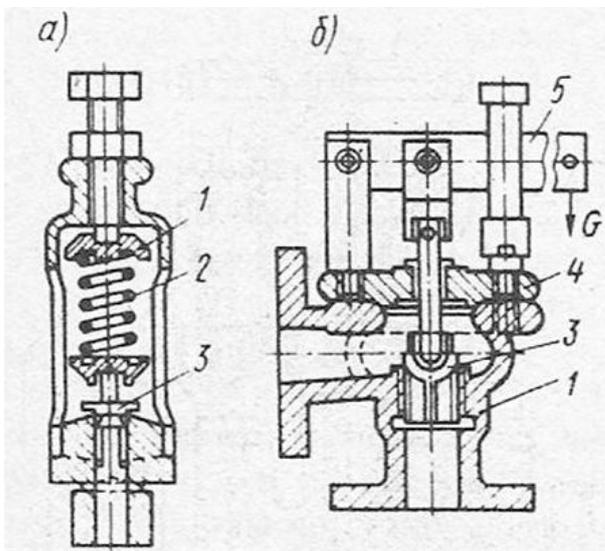
Пожарный гидрант и стендер



Вантуз



Регуляторы давления «после себя»

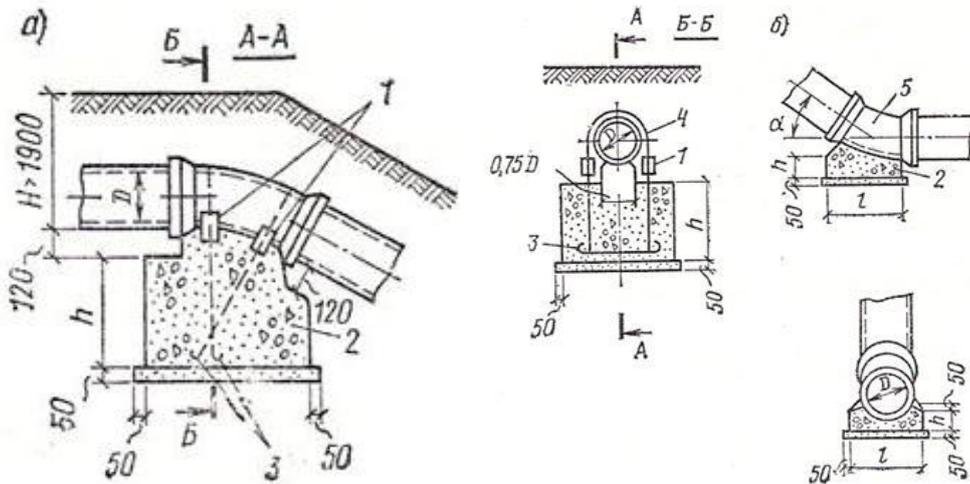


Предохранительные клапаны

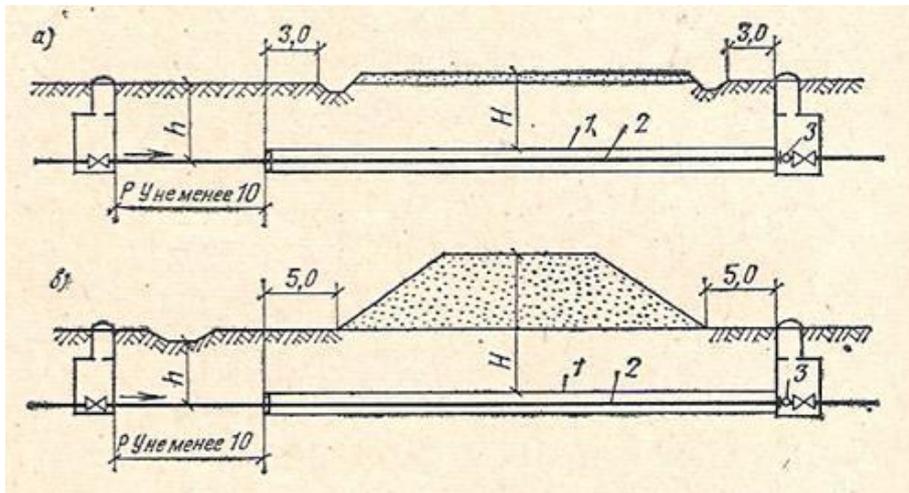
Клапаны для выпуска и впуска воздуха

1 — бетон марки М 70—90;
2 — щебеночная подготовка

1 — стяжные стальные муфты; 2 — бетон марки М 70—90;
3 — штыри; 4 — стальной хомут; 5 — чугунный отвод ($\alpha = 30 \div 45^\circ$)

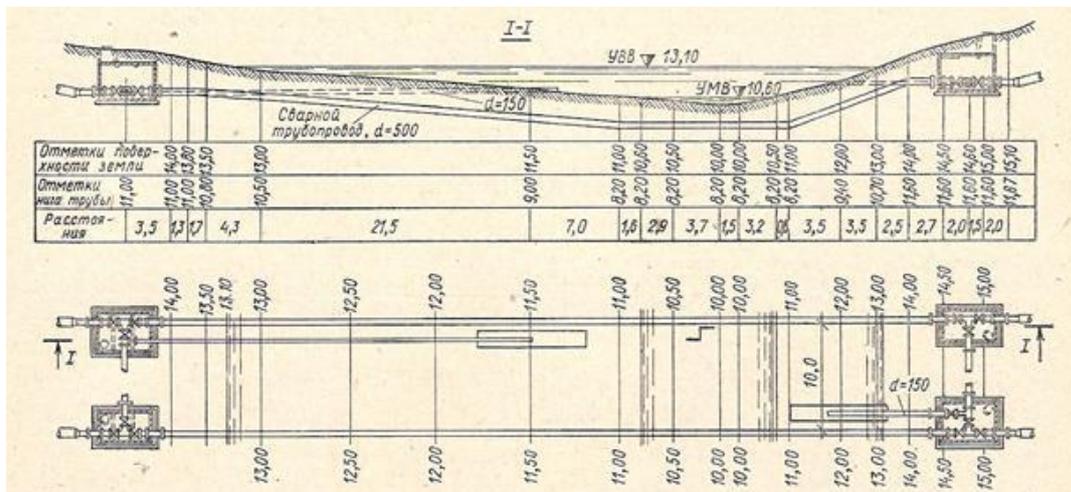


Упоры на поворотах труб



Переходы под железными и автомобильными дорогами

1 — стальной кожух; 2 — рабочая труба



Переход через реки (дюкер)

Рекомендуемая литература

1. Абрамов, Н. Н. Водоснабжение / Н. Н. Абрамов. — М. : Стройиздат, 1982. — 382 с.
2. Абрамов, Н. Н. Расчет водопроводных сетей / Н. Н. Абрамов. — М. : Стройиздат, 1983. — 278 с
3. Николадзе Г.И., Сомов М.А. Водоснабжение. Учебник для вузов. М.: Стройиздат, 1995.
4. Сомов, М. А. Системы забора, подачи и распределения воды / М. А. Сомов. – М. : Изд-во АСВ, 2008. – 262 с.
5. Калицун В.И., Кедров В.С., Ласков Ю.М. Гидравлика, водоснабжение и канализация: Учебник для вузов по специальности «Промышленное и гражданское строительство». - М.: Стройиздат, 2000.
6. Журба, М. Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Т. 3: Системы распределения и подачи воды / М. Г. Журба, Л. И. Соколов, Ж. М. Говорова. — М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010. — 407 с.
7. Журба, М. Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Т. 3: Системы распределения и подачи воды / М. Г. Журба, Л. И. Соколов, Ж. М. Говорова. – М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. – 256 с.
8. Щербаков В.И. Расчет водопроводных сетей крупных городов. Учебное пособие/В.И. Щербаков, Х.К. Нгуен. М.: Изд. Русайнс.-2020.144с.
9. СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. [Электронный ресурс]. URL: <http://soyuzproekt.ru/ntd/879.htm> (дата обращения 20/05/2015).
10. Шевелев, А. Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб / А. Ф. Шевелев, Ф. А. Шевелев : Справ. пособие. – 7-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздать, 2007. – 336 с.
11. EPANET 2 – Русская версия, о программе. [Электронный ресурс] – 2015. Режим доступа: <http://www.epanet.com.ua/category/news>
12. MIKE URBAN — Программа гидравлического расчета систем водоснабжения // НКФ «Волга». [Электронный ресурс] – 2015. Режим доступа: www.volgaltd.ru
13. Щербаков, В. И. Городской водопровод/ В. И. Щербаков. – Воронеж: Воронежский гос. арх. – строит. университет, 2000, – 240с.

14. Щербаков, В. И. Анализ, оптимальный синтез и реновация городских систем водоснабжения и газоснабжения / В. И. Щербаков, М. Я. Панов, И. С. Квасов. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2001. – 292 с.

15. ТУ 14-161-183-2000. Трубы напорные из высокопрочного чугуна.

16. Монтаж систем внешнего водоснабжения и водоотведения: Справочник строителя. – М.: ГУМ ЦПП, 2

Вопросы для самопроверки

1. Основные понятия о водоснабжении; санитарное, экономическое и технологическое значение водоснабжения. Краткая история развития водоснабжения
2. Основные категории водопотребителей
3. Классификация систем водоснабжения
4. Общая схема водоснабжения .
5. Схемы водоснабжения различных назначений
6. Особенности и схемы железнодорожного водоснабжения
7. Общие понятия о водопотреблении и режимах расходования воды
8. Нормы водопотребления на хозяйственно-питьевые, производственные и противопожарные нужды
9. Определение расчетных суточных расходов воды основных категорий водопотребителей
10. Режимы и графики водопотребления. Расчетные часовые расходы воды
11. Режим работы отдельных водопроводных сооружений и их взаимная связь в отношении расходов
12. Связь отдельных водопроводных сооружений в отношении напоров. Определение высоты водонапорной башни
13. Особенности работы системы водоснабжения с контррезервуаром .
14. Определение емкости и размеров баков водонапорной башни и резервуаров чистой воды
15. Водонапорные башни, их назначение и конструкции, обвязка баков ВБ трубопроводами
16. Резервуары, их типы и назначение, оборудование резервуаров трубопроводами
17. Назначение водопроводной сети и основные требования к ней . . .
18. Основные правила трассирования водопроводных сетей
19. Разновидности водопроводных сетей
20. Составление расчетных схем и задачи гидравлического расчета водопроводной сети
21. Порядок назначения начального потокораспределения в водопроводных сетях
22. Определение диаметров труб водопроводных линий
23. Определение потерь напора на участках водопроводной сети

Д.т.н., проф.

В.И. Щербаков