

## ГЛАВА XI. НАРУЖНАЯ ВОДОПРОВОДНАЯ СЕТЬ

### § 54. Устройство водоводов и водопроводной сети

Водоводы прокладываются между насосными станциями и водопроводной сетью и предназначаются для подачи в нее воды. Трассу прокладки водоводов следует выбирать в зависимости от рельефа местности, вблизи существующих или проектируемых дорог, учитывая при этом технико-экономические показатели.

Для прокладки водоводов используются трубы бетонные, железобетонные, асбестоцементные, чугунные и стальные, пластмассовые. Выбор материала и класса прочности труб водоводов обусловлен и обоснован статистическим расчетом, учетом условий работы трубопроводов и требований к качеству воды.

Трассировка водопроводной сети объекта должна основываться на его генеральном плане и обосновываться технико-экономическими расчетами, поскольку ее стоимость составляет до 30% стоимости всей системы водоснабжения.

Водопроводная сеть прокладывается вдоль проездов, как правило, прямолинейно и параллельно линиям застройки, по возможности, вне бетонных или асфальтовых покрытий. Пересечение проездов трубопроводами следует предусматривать под прямым углом.

Водопроводные линии в городах и на крупных объектах могут быть подразделены на магистральные ( $d \geq 300$  мм) и распределительные (меньшего диамет-

ра). Наименьший диаметр труб объединенного водопровода в городах и на предприятиях должен быть не менее 100 мм, в сельскохозяйственных населенных пунктах — не менее 75 мм. Магистральные линии могут прокладываться, как и водоводы, в 2 линии, тогда их необходимо закольцовывать и между ними через каждые 2—3 км устанавливать переключения.

Для водопроводных сетей, как правило, применяют неметаллические трубы: бетонные, железобетонные, асбестоцементные, полиэтиленовые и др. Использование чугунных труб допускается для сетей в пределах населенных пунктов, на территории предприятий, а также при отсутствии неметаллических труб. Стальные трубы не переходимы при давлении в сети более 12 кгс/см<sup>2</sup>, для переходов под железными и автомобильными дорогами, через водные преграды и овраги, в местах пересечения водопровода с сетями канализации, при прокладке по опорам эстакад и в туннелях. Водопроводные линии прокладывают под землей на 0,5 м ниже расчетной глубины промерзания, считая до низа трубы.

От поверхности грунта трубы укладывают: в северных районах на глубине 3—3,5 м, в средней полосе — на 2—2,5 м и в южных районах — на 1—1,5 м. Такая глубина сохраняет воду от замерзания зимой, исключает перегрев коммуникаций летом и повреждение их от внешних нагрузок.

В крупных городах и на промышленных предприятиях с развитыми коммуникационными сетями водопроводные трубы прокладываются в специальных туннелях (коллекторах) совместно с кабелями и трубопроводами различного назначения. В туннелях возможен свободный осмотр труб и их ремонт без раскопки траншей. Схема устройства туннеля, выполненного из сборных железобетонных элементов, для совмещенной прокладки коммуникаций показана на рис. 75.

В табл. 40 дана характеристика труб, применяемых для устройства водопроводных сетей, а на рис. 76 показаны некоторые виды и условные обозначения фасонных частей чугунных водопроводных труб. Для асбестоцементных и железобетонных трубопроводов допускается применение металлических фасонных частей, с помощью которых к трубам крепится оборудование и арматура.

Чугунные водопроводные трубы в соответствии с

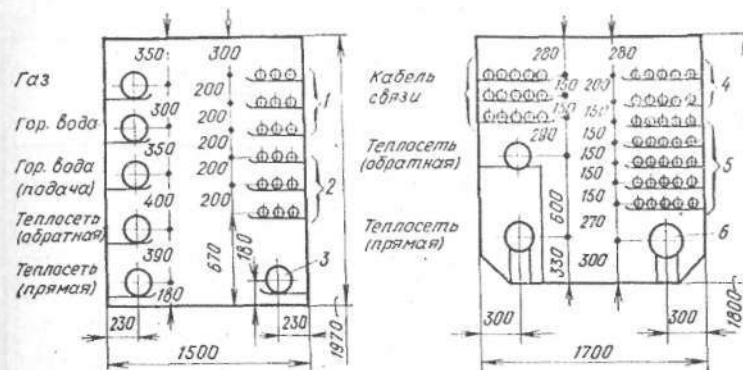


Рис. 75. Схема устройства туннеля для совмещенной прокладки коммуникаций

1 — силовой кабель; 2 — телефонный кабель; 3, 6 — водопровод; 4 — электрокабель; 5 — кабель связи

Таблица 40. Характеристика водопроводных труб

Вид	Диаметр, мм	Давление, МПа	Длина, м	Тип соединения
Бетонные и железобетонные	300—1500	0,6—1,5	3—5	раструбное
Асбестоцементные	50—500	0,3—1,2	3—4	муфтовое
Чугунные	50—1200	1,0	2—7	{ раструбное, фланцевое
Стальные	6—1400	3,5	5—10	{ сварное, фланцевое
Пластмассовые	10—600	1,0	2—7	{ сварное, клеевое, фасонное

ГОСТ 5525—61 (с изм.), ГОСТ 9583—75 соединяются следующим образом: один конец трубы выполняется гладким, а другой в виде раструба, гладкий конец вставляется в раструб и уплотняется асбестоцементом (рис. 77). В сравнении со стальными чугунные трубы плохо сопротивляются динамическим нагрузкам и имеют высокую металлоемкость.

Стальные трубы применяются следующих видов: электросварные (ГОСТ 10704—76), бесшовные — горячедеформированные и холоднодеформированные (ГОСТ

№ эскиза	Эскиз	Условное обозначение на схемах	Наименование
1			Труба раструбная
2			Тройник фланцевый
3			„ раструбный
4			„ раструб-фланец
5			Крест фланцевый
6			„ раструбный
7			„ раструб-фланец
8			Выпуск фланцевый
9			„ раструбный
10			Колено фланцевое
11			„ раструбное
12			„ раструб-гладкий конец
13			Отвод раструбный
14			„ раструб-гладкий конец
15			Переход фланцевый
16			„ раструб-фланец

№ эскиза	Эскиз	Условное обозначение на схемах	Наименование
17			Переход раструбный
18			„ раструб-гладкий конец
19			Патрубок фланец-раструб
20			„ фланец-гладкий конец
21			Двойной раструб
22			Муфта - подвижная
23			„ свертная
24			Заглушка фланцевая
25			Седелка фланцевая
26			„ с резьбой
27			Пожарная подставка раструбная
28			Тройник раструб-фланец с пожарной подставкой
29			Тройник фланцевый с пожарной подставкой
30			Крест фланец-раструб с пожарной подставкой
31			„ фланцевый с пожарной подставкой

Рис. 76. Фасонные части чугунных водопроводных труб



Рис. 77. Чугунная раструбная труба  
1 — труба; 2 — заделка раструба

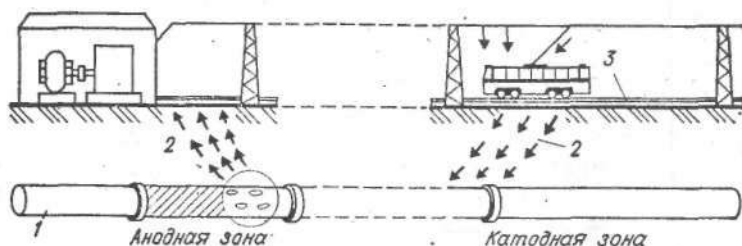


Рис. 78. Схема распространения блуждающих токов  
1 — трубопровод; 2 — входящие блуждающие токи; 3 — рельсы

8731—74, с изм., ГОСТ 8732—78, ГОСТ 8733—74, ГОСТ 8734—75, все три с изм.) и водогазопроводные (ГОСТ 3262—75 с изм.).

У стальных труб в сравнении с чугунными меньшая толщина стен (металлоемкость), они выдерживают большие давления, лучше переносят динамические и изгибающие нагрузки, более просты в монтаже. Внутренняя поверхность их имеет антикоррозионные покрытия — полимерные, цементные или др.

Асбестоцементные трубы ГОСТ 539—80 изготавливаются следующих марок: ВТЗ, ВТ6, ВТ9, ВТ12.

В сравнении с чугунными и стальными у асбестоцементных труб есть ряд преимуществ: меньшая масса, большая коррозионная устойчивость, меньшая теплопроводность стенок, более гладкая внутренняя поверхность. Недостаток — большая хрупкость. Соединение асбестоцементных труб выполняется с помощью специальных муфт и резиновых колец.

Полиэтиленовые трубы, изготавливаемые нашей промышленностью, отличаются легкостью, гибкостью, имеют

небольшую теплопроводность, не корродируют, не разрушаются при замерзании воды. Пропускная способность их на 20—25% выше, чем стальных. Стоимость систем водоснабжения при использовании полиэтиленовых труб примерно на 30% меньше, чем при применении металлических.

На водоводах и линиях водопроводной сети необходимо предусматривать установку:

задвижек для выделения ремонтных участков; клапанов для впуска воздуха; выпусков для сброса воды; вантузов для выпуска воздуха; компенсаторов; обратных клапанов или клапанов других типов автоматического действия для предупреждения недопустимого повышения давления при гидроударах.

При устройстве водопроводных сетей применяются следующие основные типы арматуры:

запорная и регулирующая — задвижки и вентили;

водоразборная — водоразборные колонки, краны, пожарные гидранты;

защитная и измерительная — предохранительные клапаны, воздушные вантузы, водомеры и т. п.

Металлические водопроводные трубы (в особенности стальные) при прокладке вблизи городского и внутризаводского электротранспорта (работающего на постоянном токе) при пересечении электрофицированных дорог подвергаются разрушающему действию блуждающих токов. Эти токи протекают из рельсов в землю (рис. 78) или из земли в рельсы в зависимости от взаимного расположения точек с разными потенциалами. Поэтому в этих случаях следует предусматривать защиту труб от коррозии, вызываемой блуждающими токами. При этом коррозия металла обусловлена соприкосновением с коррозионной средой гальванических пар. Разрушение поверхности труб происходит в местах выхода из них тока.

Защита труб от действия блуждающих токов в основном сводится к предотвращению образования этих токов.

Для предохранения стальных подземных трубопроводов от коррозии применяют специальные защитные покрытия наружной поверхности труб, чаще всего битумные, поверх которых трубы обертывают тканевой, бумажной или синтетической лентой.

Перед эксплуатацией водопроводные трубы подвергаются гидравлическим испытаниям на прочность и герметичность: испытываются отдельные участки длиной не более 1 км. Чугунные, асбестоцементные, бетонные и железобетонные трубы испытывают водой, стальные и полиэтиленовые — водой или воздухом. Испытательное давление создают гидравлическим прессом. Величина давления принимается равной для металлических труб  $p_{исп} = 1,25 p_{раб}$ , для неметаллических — принимается равным  $p_{исп} = 1,5 p_{раб}$ .

При испытании на герметичность в трубопроводе создается повышенное давление, превышающее рабочее в 1,25—1,5 раза.

На внутренней поверхности водопроводных труб с течением времени появляются отложения в результате действия на металл растворенных в воде солей кальция, магния, железа, а также вследствие оседания механических примесей. Это приводит к увеличению сопротивления трубопроводов и уменьшению их пропускной способности. Поэтому внутреннюю поверхность труб небольшой протяженности очищают от отложений химическим способом, заполняя трубопровод 20%-ным раствором ингибированной соляной кислоты, или механическим — с помощью скребковых очистителей.

Используют и гидропневматический способ промывки, при котором сжатый воздух, нагнетаемый в воду, увеличивает скорость ее движения и создает воздушные пробки, в результате чего возникают удары воды о стенки трубы, при этом разрушаются не только рыхлые, но и плотные отложения, выбрасываемые через выпуски или пожарные гидранты.

## § 55. Особенности устройства водоводов и водопроводной сети в районах вечной мерзлоты

В районах вечной мерзлоты водоводы могут прокладываться под землей — в траншеях; на земле — в обваловке, в каналах на сплошной подсыпке или каналах полууглубленного типа; над землей — на эстакадах, на низких заанкерных опорах.

Способ прокладки определяется мерзлотно-грунтовыми условиями трассы.

Водоводы, как и водопроводные сети, прокладываются

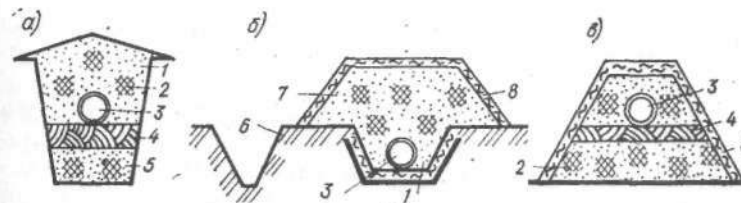


Рис. 79. Виды прокладки водопроводных труб

а — прокладка в траншеях; б — прокладка в траншеях с обвалованием; в — прокладка в обваловании; 1 — траншея; 2 — местный протаявший грунт; 3 — труба; 4 — глинобетон; 5 — замененный грунт; 6 — дренажная канава; 7 — подсыпка из местного протаявшего грунта; 8 — мохоторфяной слой

Рис. 80. Схема подогрева воды с помощью бойлерной, работающей от тепловой сети

1 — водопровод холодной воды; 2 — бойлерная; 3 — бойлеры; 4 — трубопроводы теплосети; 5 — водопровод с подогреваемой водой; 6 — задвижки

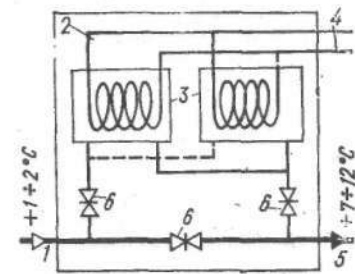
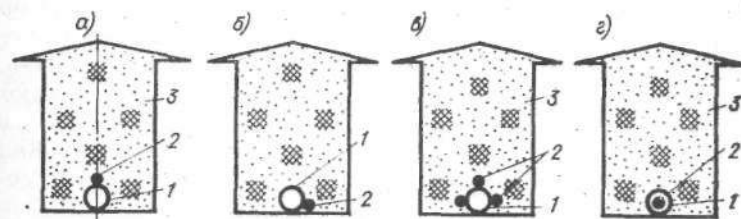


Рис. 81. Схема линейного расположения греющего кабеля

а, б, в, г — варианты расположения; 1 — трубопровод; 2 — греющий кабель; 3 — грунт обратной засыпки



ются главным образом из стальных труб. Однако в последнее время широкое применение находят полиолефиновые трубы.

Подземная прокладка (рис. 79, а) трубопроводов производится, как правило, без тепловой изоляции. Необходимость устройства тепловой изоляции и ее толщина должны подтверждаться тепловыми и технико-экономическими расчетами.

При такой прокладке трубопровод отдает часть теплоты и вокруг него образуется таликовая зона, которая надежно защищает его от воздействия отрицательных температур грунта. При остановке движения воды по



водоводу в случае аварии замерзание водовода происходит не сразу. Время до замерзания воды, как правило, позволяет ликвидировать аварию.

Иногда водоводы прокладывают в траншее на небольшой глубине, а сверху выполняют обвалование. Грунт для обвалования может быть взят из канав, которые закладывают вдоль трассы водовода, при этом дно канавы делают несколько ниже отметки заложения водовода (рис. 79, б), в этом случае канава работает как осушитель.

Наземная прокладка (рис. 79, в) является способом, эффективным на маревых участках, где вечная мерзлота начинается почти с поверхности и грунты под слоем мха и торфа часто бывают сильно насыщены льдом.

При наземной прокладке водоводы устанавливают на отдельных опорах с кольцевой теплоизоляцией, часто совместно с теплопроводами. При этом минимальное расстояние между поверхностью земли и низом изоляции трубопровода обычно составляет 30 см, что исключает теплопередачу от трубопроводов на мерзлый грунт и погружение трубопроводов в талые воды весной.

Способы прокладки водопроводных сетей аналогичны указанным выше способам прокладки напорных водоводов. Вместе с тем они имеют и некоторые отличия, определяемые тем, что разводящие сети прокладывают по застроенной территории, а напорные водоводы в большинстве случаев — по свободной от застройки местности, поэтому при прокладке водопроводных сетей обвалование почти не применяется.

При прокладке водопроводных сетей отдельно от тепловых иногда возникает необходимость в промежуточном подогреве воды в кольце сети (кроме подогрева воды в насосных станциях). Для такого подогрева используют бойлерные, работающие от тепловых сетей (рис. 80).

Можно подогревать не воду, а сами трубопроводы с помощью греющего кабеля. На рис. 81 показаны возможные варианты расположения греющего кабеля относительно трубопровода. Наиболее эффективна схема линейной прокладки греющего кабеля внутри трубопровода, но она более сложна по сравнению с линейной прокладкой кабеля по поверхности трубопровода и требует специальной конструкции греющего кабеля.

Непрерывное движение воды в трубопроводах — одно из условий, исключающих ее замерзание. Чтобы обеспечить его, на водопроводной сети устанавливают циркуляционные насосы, которые автоматически включаются в работу при остановке насосов на водозаборе.

## § 56. Особенности устройства водоводов и водопроводной сети в сейсмических районах

Для прокладки водоводов и сетей в сейсмических районах применяются трубы полиэтиленовые, железобетонные, асбестоцементные.

Допускается применять чугунные трубы при рабочем давлении 0,6 МПа, стальные — при рабочем давлении 0,9 МПа и более. Напорные железобетонные, асбестоцементные и чугунные трубы соединяются гибкими стыковыми соединениями.

В сейсмических районах глубина заложения должна быть не менее 1 м — для чугунных и железобетонных труб; не менее 1,3 м — для асбестоцементных труб. Для стальных и полиэтиленовых труб глубина заложения не нормируется.

Водоводы проектируются не менее чем в две линии с переключениями, количество которых определяется из условия двух одновременных аварий на водоводах и необходимости обеспечения пропускания аварийного расхода воды, равного:

$$Q_{ав} = 0,7 Q_{х-п} + Q_{пр.ав} + 0,7 Q_{пож},$$

где  $Q_{ав}$  — расход воды при авариях водоводов;  $Q_{х-п}$  — расход воды на хозяйственно-питьевые нужды;  $Q_{пр.ав}$  — расход воды на производственные нужды при работе предприятия по аварийному графику;  $Q_{пож}$  — расход воды для целей пожаротушения.

## § 57. Арматура водопроводной сети

Запорная и регулирующая арматура. Задвижки и вентили (рис. 82) предназначаются для отключения отдельных участков сети при аварии, ремонте, а также при регулировании расходов. Задвижки с ручным приводом устанавливаются на трубопроводах диаметром до 300 мм, с электроприводом — на трубопроводах диаметром 300 мм и более.

Водозаборная арматура. Пожарные гидранты пред-

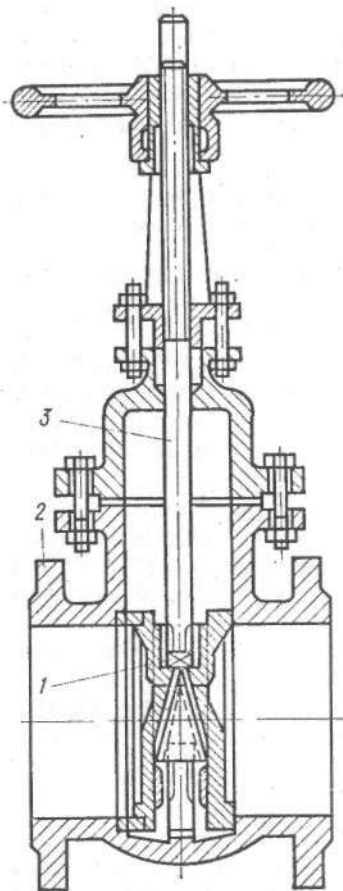


Рис. 82. Задвижка водопроводной сети  
1 — клапан; 2 — корпус; 3 — шпиндель

заполняет корпус гидранта и колонки. Когда давление над грушевидным клапаном будет равно давлению водопроводной сети, клапан под действием силы тяжести откроется.

Пожарная колонка имеет блокировочное устройство, которое препятствует поворачиванию стержня 2, если открыт хотя бы один штуцер.

Рукоятку можно вращать только при закрытых

назначены для отбора воды на пожаротушение. Они бывают двух типов: наземные и подземные.

Наибольшее распространение в нашей стране получил подземный гидрант московского типа (рис. 83), изобретателем которого является замечательный русский инженер Н. П. Зимин. Гидрант устанавливается на фланец пожарной подставки 6 наружной водопроводной сети.

Гидрант закрыт крышкой 3. Для пользования гидрантом открывается люк колодца, затем крышка гидранта, и на его верхний конец с резьбой навинчивают пожарную колонку (рис. 84). Квадратная головка 1 стержня 2 колонки войдет в торцовый ключ гидранта. Вращение рукоятки 3 колонки через стержень 2 передается стержню гидранта. По винтовой нарезке, имеющейся на стержне гидранта, он входит в медную гайку и, передвигаясь в вертикальном направлении, открывает или закрывает связанный с ним грушевидный клапан. Через открывающуюся клапан вода

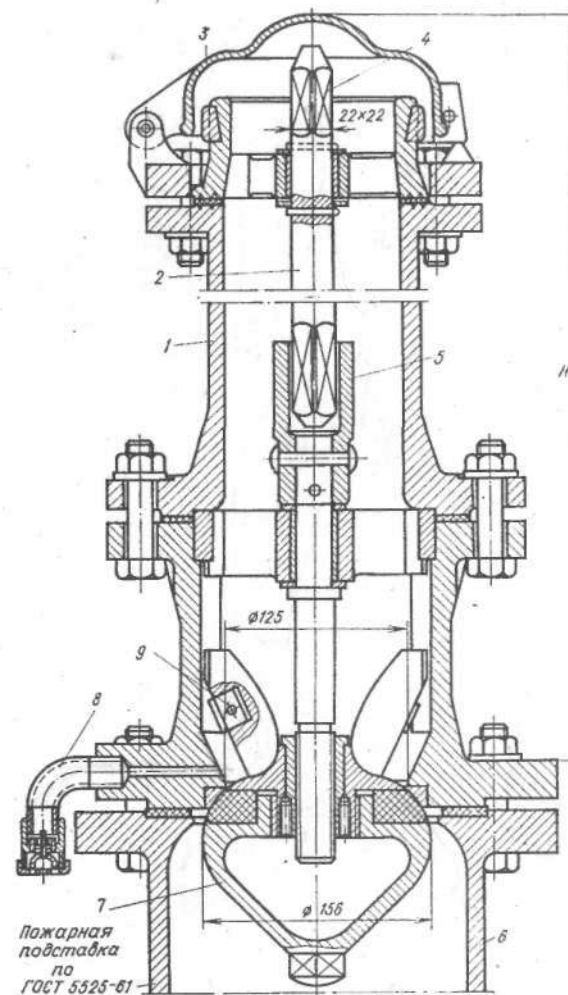


Рис. 83. Гидрант пожарный подземный

1 — корпус; 2 — стержень; 3 — крышка; 4 — торцевой ключ; 5 — гайка; 6 — подставка; 7 — клапан; 8 — клапан для выпуска воды; 9 — ползунок

вентилей напорных патрубков, так как при открытом вентиле его маховичок поднимается и попадает в поле вращения рукоятки. Таким образом, пожарная колонка имеет блокировку, исключающую поворот центрального ключа при открытых клапанах.

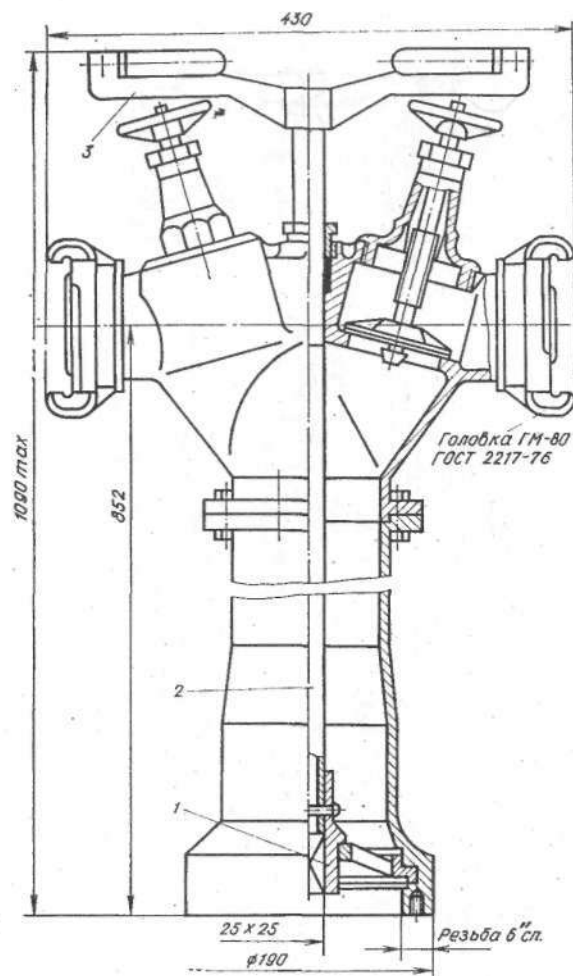


Рис. 84. Пожарная колонка  
1 — головка; 2 — стержень; 3 — рукоятка

Снимать пожарную колонку с гидранта можно только при закрытом клапане гидранта.

Наземные гидранты — в отличие от подземных доступны в любое время года и для их использования нет необходимости устанавливать пожарную колонку. Они должны устанавливаться вне проезжей

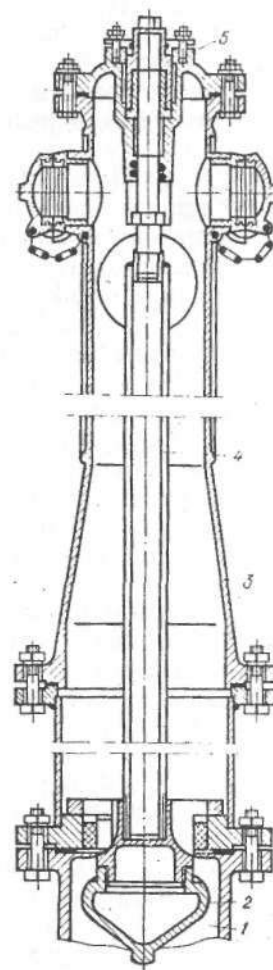


Рис. 85. Наземный гидрант без колодезного типа

1 — подставка; 2 — клапан; 3 — корпус; 4 — стержень; 5 — крышка

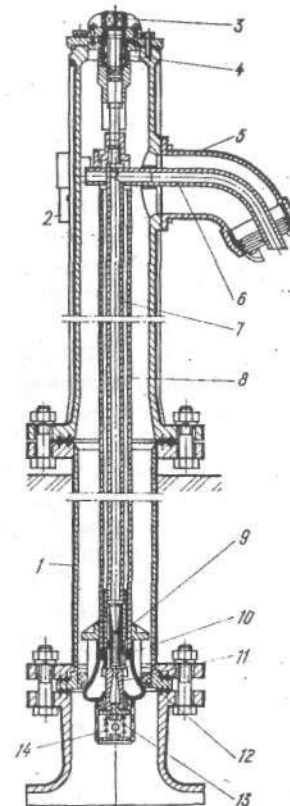


Рис. 86. Гидрант совмещенный с водоразборной колонкой

1 — корпус; 2 — рукоятка; 3 — гайка; 4 — шпилька; 5 — отвод; 6 — подающая труба; 7, 8 — трубчатые штанги; 9 — металлическое кольцо; 10 — клапан; 11 — эжектор; 12 — седло; 13 — клапан; 14 — пружина

части дорог. Наземные пожарные гидранты могут применяться, в основном, в южных районах нашей страны. В средней и северной части СССР в зимних условиях требуется их утеплять. На рис. 85 показан бесколодезный наземный гидрант с двумя патрубками диаметром



80 мм и одним — диаметром 125 мм. При вращении гайки штанга, соединенная со шпинделем, опускается вниз, открывая затвор для подачи воды. В момент закрытия гидранта затвор поднимается вверх и уплотнительное кольцо плотно садится на седло, перекрывая воду.

Нижняя часть корпуса гидранта фланцем прикреплена к стандартной пожарной подставке водопровода. Для уменьшения усилий, возникающих при открывании и закрывании гидранта, в верхней части корпуса расположен опорный шариковый подшипник, который закрыт крышкой.

Чтобы предотвратить попадание воды из корпуса гидранта в резьбовое соединение гайки и шпинделя, в крышке установлены два уплотнительных кольца.

Во ВНИИПО была разработана конструкция гидранта-колонки для сельской местности и поселков. Она позволила увеличить его пропускную способность до 67 л/с при напоре 10 м по сравнению с гидрантом московского типа ПГ-5, пропускная способность которого 40 л/с.

Гидрант-колонка (ГОСТ 13816—80) предназначена для отбора воды из водопроводной сети на хозяйственно-питьевые цели и на пожаротушение, она совмещена с водоразборной колонкой (рис. 86). Гидрант-колонку монтируют на подставках и устанавливают на наружной водопроводной сети без устройства колодца. Ее можно использовать на всей территории страны, за исключением районов вечной мерзлоты.

При подъеме рукоятки 2 штанга 7 опускается вниз и отжимает пружину 14. Клапан 13 эжектора открывается и вода поступает в хозяйственный отвод. После выключения колонки вода сливается в нижнюю часть корпуса 1 и отсасывается эжектором в подающую трубу 6 при следующем отборе.

В случае пожара открывают, а затем закрывают гидрант специальным ключом. Если гидрант открывают рукояткой ключа, вращается гайка 3 шпинделя 4 и трубчатая штанга 8 с клапаном гидранта 10 опускается вниз. Вода заполняет корпус колонки и поступает в отвод 5. Оставшаяся после работы гидранта вода отсасывается с помощью эжектора. Если необходимо выполнить ремонт гидранта-колонки, ее детали можно извлечь не раскапывая траншею.

колонки, ее детали можно извлечь не раскапывая траншею.

**Защитная арматура.** Вантузы служат для автоматического впуска и выпуска воздуха из трубопроводов. Они устанавливаются на трубопроводах диаметром 400 мм и более, на возвышенных точках на расстоянии 250—2500 м друг от друга. Если воздух не будет удален из трубопровода, то образуются воздушные подушки, уменьшающие площадь живого сечения трубопровода.

Вантуз (рис. 87) состоит из чугунного корпуса 1, в котором размещен стальной полый шар 2 с вертикальным стальным штоком, корпус закрыт крышкой 3. Выделяющийся из воды воздух скапливается в верхней части вантуза. Под давлением воздуха уровень воды опускается вместе с шаром, который открывает при этом соединенный с ним клапан 4, вследствие чего воздух выходит наружу. После этого вода, заполняющая вантуз, поднимает шар и закрывает клапан.

Подобные же вантузы могут использоваться и для впуска воздуха в водовод при образовании в нем пониженных давлений или разрыва сплошности потока при гидравлических ударах.

Обратные клапаны (рис. 88) предназначены для пропуска воды только в одном направлении. Они устанавливаются на напорных линиях около центробежных насосов, на линиях для отключения водонапорных башен и в ряде других случаев.

Предохранительные клапаны служат для предотвращения повышения давления в трубах сверх допустимого при возникновении гидравлического удара в водопроводах и водоводах в результате остановки насосов или быстрого закрытия задвижек в сети.

Предохранительные клапаны могут быть пружинными или рычажными. На рис. 89 показано устройство пружинного предохранительного клапана.

Принцип работы предохранительного клапана заключается в следующем: под действием повышенного давления в клапане преодолевается усилие пружины и вода через трубу выбрасывается наружу.

**Арматура наружной водопроводной сети.** Размещается она в специальных колодцах (рис. 90). Водопроводные колодцы могут быть железобетонные, бетонные, кирпичные, из бутового камня. Колодцы диаметром до

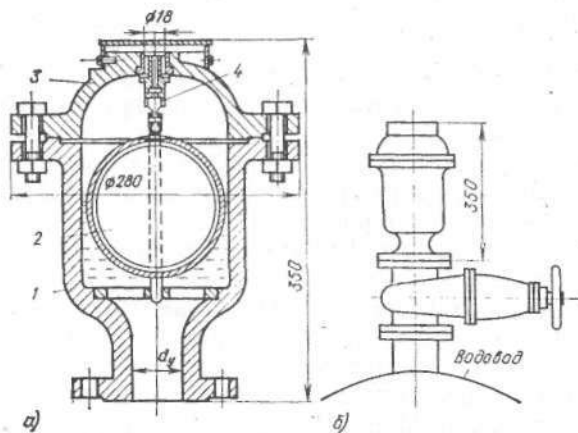


Рис. 87. Вантуз

а — разрез; б — вид с боку; 1 — корпус; 2 — шар; 3 — крышка; 4 — клапан

Рис. 89. Устройство предохранительного клапана

1 — патрубок; 2 — шток; 3 — пружина; 4 — клапан; 5 — соединительный фланец

Рис. 88. Обратный клапан

1 — клапан; 2 — корпус

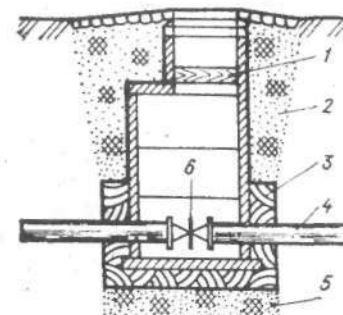
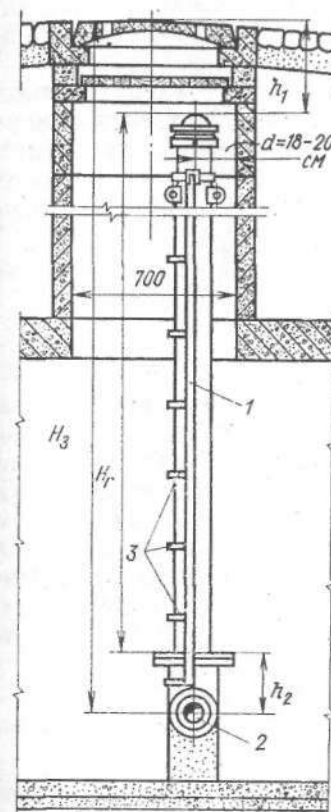
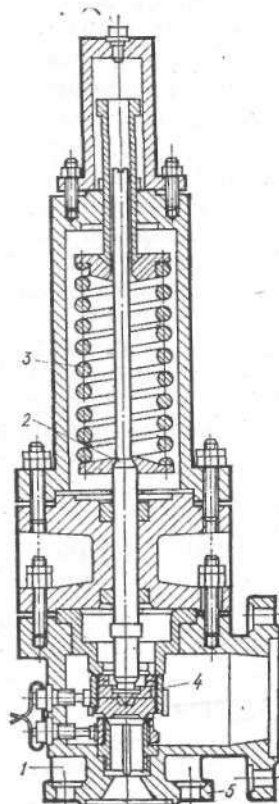
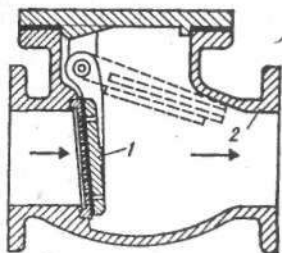


Рис. 91. Устройство колодцев в районах вечной мерзлоты

1 — съемная крышка; 2 — засыпка непучинистым грунтом; 3 — глинобетон; 4 — трубопровод; 5 — замененный местный протаянный уплотненный грунт или песчано-гравийная засыпка; 6 — задвижка

Рис. 90. Установка пожарного подземного гидранта в водопроводном колодце

1 — гидрант; 2 — водопровод; 3 — скобы

2 м выполняют круглой формы, больших размеров — прямоугольной формы.

В случаях расположения грунтовых вод выше дна колодца следует предусматривать гидроизоляцию дна и стен колодца на 0,5 м выше уровня грунтовых вод.

Высота рабочей части колодца должна быть не менее 1,5 м. При неправильном устройстве колодца (люки колодца располагаются ниже уровня проезжей части), если колодцы расположены в низинах, а также из-за технической неисправности гидранта (неплотно закрытом шаровом клапане, срыве резьбы на штоке, при наличии выбоин в местах прилегания резиновой прокладки к стенке колонки и т. д.) вода может попасть в колодец.

Чтобы предотвратить замерзание пожарных гидрантов, колодцы (при соответствующем обосновании) утепляют.

В условиях вечной мерзлоты для предохранения колодцев от действия на их стенки сил пучения вокруг колодца устраивают обсыпку из непучинистого грунта. Для защиты от проникания надмерзлотных вод нижнюю часть колодца и днище изолируют слоем глинобетона (рис. 91).

## § 58. Противопожарные требования к наружной водопроводной сети

Чтобы обеспечить надежность подачи воды при пожаре, следует прокладывать не менее двух параллельных линий водоводов с соответствующими переключениями между ними (рис. 92), позволяющими отключить тот или иной участок при аварии. При этом диаметры водоводов и число переключений на них должны обеспечить аварийную подачу воды на хозяйственно-питьевые нужды в размере 70% от расчетных, на производственные нужды в объеме, установленном при работе предприятия по аварийному графику, и для целей пожаротушения — в соответствии с расчетным расходом:

$$Q_{ав} = 0,7 Q_{х-п} + Q_{пр.ав} + Q_{пож},$$

где  $Q_{ав}$  — расход воды при аварии водоводов;  $Q_{х-п}$  — расход воды на хозяйственно-питьевые нужды;  $Q_{пр.ав}$  — расход воды на производственные нужды при работе предприятия по аварийному графику;  $Q_{пож}$  — расход воды для целей пожаротушения.

Не менее двух линий водоводов обязательно прокладывается в сейсмических районах, в местах с просадочными грунтами, в зонах вечной мерзлоты. Количество ремонтных участков, заключенных между переключениями, должно быть таким, чтобы обеспечить подачу аварийного расхода воды.

В любом случае оно не должно превышать 5 км при прокладке водоводов в две и более линии, 3 км — в одну линию.

При прокладке одного водовода предусматриваются емкости для хранения запаса воды, который должен соответствовать потребности при работе по аварийному графику — на все время ликвидации аварии (табл.

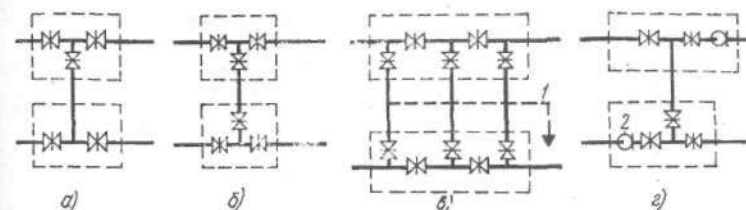


Рис. 92. Схема узлов переключений на вводах

а — два водовода с одной задвижкой между ними; б — два водовода с двумя задвижками между ними; в — установка выпуска; г — установка вантуза; 1 — выпуск; 2 — вантуз

41 см. с. 188), а также для хранения противопожарного запаса воды из условия подачи полного расчетного расхода ее для целей пожаротушения в течение 3 ч при расчетном расходе  $Q_{пож} \leq 25$  л/с или в течение 6 ч при  $Q_{пож} > 25$  л/с. Для зданий I и II степени огнестойкости с производствами категорий Г и Д время тушения может быть уменьшено до 2 ч при  $Q_{пож} \geq 25$  л/с и до 4 ч — при  $Q_{пож} > 25$  л/с.

Водопроводная сеть, как правило, должна быть кольцевой. Тупиковые линии водопровода разрешается применять для подачи воды:

на производственные нужды при перерыве в подаче воды на время ликвидации аварии;

хозяйственно-питьевые нужды при диаметре труб не более 100 мм;

пожарные нужды — при длине линий не более 200 м.

Линии  $l > 200$  м допускаются в населенных пунктах с числом жителей 3000 чел. и с расходом воды на наружное пожаротушение до 10 л/с при наличии пожарных резервуаров в конце тупика и по согласованию с органами госпожнадзора. Особенно часто эти вопросы поднимаются при строительстве водопровода в несколько очередей.

В случае выключения одной линии кольцевой сети общая подача воды на хозяйственно-питьевые нужды не должна снижаться более чем на 30%. Допустимое снижение подачи воды на производственные нужды следует определять из расчета их работы по аварийному графику, выключение линий кольцевых сетей при этом не учитывается.

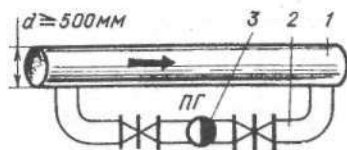


Рис. 93. Схема установки гидранта на сопроводительных линиях  
1 — водопроводная сеть; 2 — сопроводительная линия; 3 — пожарный гидрант

Водопроводная сеть разделяется на ремонтные участки таким образом, чтобы при выключении одного из них отключалось не более 5 пожарных гидрантов и не прекращалась подача воды тем потребителям, перерыв в водоснабжении которых не допустим.

Пожарные гидранты устанавливаются вдоль проездов и автомобильных дорог на расстоянии не более 150 м друг от друга, не ближе 5 м от стен зданий и не далее 2,5 м от края проезжей части.

Наибольшее расстояние от гидрантов до обслуживаемых ими зданий не должно превышать для водопроводов высокого давления 120 м, низкого давления — 150 м. На водопроводных линиях диаметром 500 мм и более гидранты не устанавливают, так как это снижает надежность работы линий (учитывая возможность выхода из строя гидрантов), а также ввиду сложности устройства колодцев в местах установки гидрантов и их монтажа на трубах большого диаметра. В этом случае прокладывают так называемые сопроводительные линии меньшего диаметра, на которых и устанавливают гидранты (рис. 93). При ширине проездов более 20 м допускается прокладка дублирующих линий, исключающих пересечение проездов водопроводными линиями.

## ГЛАВА XII. РАСЧЕТ НАРУЖНОГО ВОДОПРОВОДА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

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

Гидравлический расчет сети объединенного водопровода проводится на два режима:

а) в обычное время, т. е. при подаче расчетного расхода воды  $Q_{расч}$  на хозяйственно-питьевые  $Q_{х-п}$ , производственные  $Q_{пр}$  и душевые  $Q_{д}$  нужды, тогда

$$Q_{расч} = Q_{х-п} + Q_{пр} + Q_{д}; \quad (77)$$

б) при пожаре, когда водопроводная сеть должна обеспечить пропуск расчетного расхода воды  $Q'_{расч}$  на хозяйственно-питьевые  $Q_{х-п}$  и производственные  $Q_{пр}$  нужды, а также на пожаротушение  $Q_{пож}$  (расход воды на душ не учитывается), тогда

$$Q'_{расч} = Q_{х-п} + Q_{пр} + Q_{пож}. \quad (78)$$

### § 59. Порядок расчета наружной водопроводной сети

1. Определение расчетного расхода воды включает потребности на производственные нужды (77) и на пожаротушение (78). При этом  $Q_{пр}$  для каждого производственного цеха задается в соответствии с технологическим регламентом. Расход воды на пожарные нужды  $Q_{пож}$  представляет сумму расхода воды на наружное  $Q_{нар}$  (см. табл. 27 и 28) и внутреннее пожаротушение  $Q_{вн}$  (см. табл. 55), т. е.

$$Q_{пож} = Q_{нар} + Q_{вн}. \quad (79)$$

2. Определив величину расхода (77) в обычное время работы водопровода для каждого производственного цеха, полученные значения проставляют в точках вводов в здания и сооружения. Эти расходы  $q_1, q_2, q_3$  и т. д. называют узловыми расходами.

3. Узловые расходы распределяют по участкам водопроводной сети, т. е. по участкам, заключенным между соседними узлами, соблюдая обязательно условие: то количество воды, которое ушло от узла, должно быть равно тому количеству, которое должно подойти по участкам, прилегающим к этому узлу.

При определении расхода воды на участках магистрали разветвленной сети учитывают, что его величина складывается из расхода, используемого потребителем в конечной точке данного участка, и расхода воды, проходящего по данному участку к более отдаленным потребителям.

Так, например, расход воды на участке 1—4 будет



Таблица 41. Определение диаметров труб по величине скорости

Расход, л/с	Внутренний диаметр $d$ , мм							
	100	125	150	200	250	300	350	400
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,13							
2	0,245							
3	0,37	0,24						
4	0,49	0,315	0,22					
5	0,61	0,39	0,274					
6	0,73	0,47	0,33					
7	0,86	0,55	0,384	0,217				
8	0,98	0,63	0,44	0,248				
9	1,1	0,71	0,493	0,279				
10	1,22	0,79	0,548	0,31				
12	1,47	0,94	0,66	0,37	0,24			
14	1,71	1,1	0,77	0,434	0,278			
16	1,96	1,26	0,88	0,5	0,32	0,22		
18	2,2	1,42	0,99	0,56	0,36	0,247		
20	2,45	1,52	1,1	0,62	0,4	0,275	0,205	
22	2,69	1,73	1,21	0,68	0,44	0,3	0,226	
24	2,94	1,89	1,32	0,74	0,48	0,33	0,246	
26	—	2,05	1,43	0,81	0,52	0,357	0,267	0,206
28	—	2,2	1,53	0,87	0,56	0,385	0,287	0,22
30	—	2,36	1,64	0,93	0,6	0,41	0,308	0,237
32	—	2,52	1,75	0,99	0,64	0,44	0,328	0,253
34	—	2,68	1,86	1,05	0,68	0,467	0,349	0,269
36	—	2,83	1,97	1,12	0,72	0,495	0,369	0,285
38	—	2,99	2,08	1,18	0,76	0,52	0,39	0,3
40	—	—	2,19	1,24	0,84	0,55	0,41	0,316
42	—	—	2,3	1,3	0,86	0,58	0,43	0,33
44	—	—	2,41	1,36	0,88	0,6	0,45	0,35
46	—	—	2,52	1,43	0,92	0,63	0,47	0,36
48	—	—	2,63	1,49	0,95	0,66	0,49	0,38
50	—	—	2,74	1,55	0,99	0,69	0,51	0,395

равен  $q_1 = q_4 + q_{4-5} + q_{4-6}$  (рис. 94), на участке 1—3  $q_{3-1} = q_3 + q_{3-0}$  (рис. 95) — (см. с. 191 и 194).

Определение расходов по участкам необходимо начинать от точки, наиболее удаленной и высоко расположенной от точки питания сети (диктующей точки: точки 6 для схемы на рис. 94; точки 0 для схемы на рис. 95).

4. По величине расходов на участках определяют диаметры труб, пользуясь уравнением

Таблица 42. Значения сопротивления  $S$  чугунных труб

Длина трубопровода $L$ , м	Внутренний диаметр $d$ , мм							
	100	125	150	200	250	300	350	400
50	0,015585	0,004836	0,0018555	0,0004046	0,0001264	0,000047425	0,000021825	0,00004365
100	0,03117	0,009672	0,003711	0,0008092	0,0002528	0,00009485	0,00004365	0,00004365
150	0,046755	0,014508	0,0055665	0,0012138	0,0003792	0,000142275	0,000065475	0,000065475
200	0,06234	0,019344	0,007422	0,0016184	0,0005056	0,0001897	0,0000873	0,0000873
250	0,077925	0,02418	0,0092775	0,002023	0,000632	0,000237125	0,000109125	0,000109125
300	0,09351	0,029016	0,011133	0,0024276	0,0007584	0,00028455	0,00013095	0,00013095
350	0,109095	0,033852	0,0129885	0,0028322	0,0008848	0,000331972	0,000152775	0,000152775
400	0,12468	0,038688	0,014844	0,0032368	0,0010112	0,0003794	0,0001746	0,0001746
450	0,140265	0,043524	0,0166995	0,0036414	0,0011376	0,000426825	0,000196425	0,000196425
500	0,15585	0,04836	0,018555	0,004046	0,001264	0,00047425	0,00021825	0,00021825
550	0,171435	0,053196	0,0204105	0,0044506	0,0013904	0,000521675	0,000240075	0,000240075
600	0,18702	0,058032	0,022266	0,0048552	0,0015168	0,0005691	0,0002619	0,0002619
650	0,202605	0,062868	0,0241215	0,0052598	0,0016432	0,000616525	0,000283725	0,000283725
700	0,21819	0,067704	0,025977	0,0056644	0,0017696	0,00066395	0,00030555	0,00030555
750	0,233775	0,07254	0,0278325	0,006069	0,001896	0,000711375	0,000327375	0,000327375
800	0,24936	0,077376	0,029688	0,0064736	0,0020224	0,0007588	0,0003492	0,0003492
850	0,264945	0,082212	0,0315435	0,0068782	0,0021488	0,000806225	0,000371025	0,000371025
900	0,28053	0,087048	0,033399	0,0072828	0,0022752	0,00085365	0,00039285	0,00039285
950	0,296115	0,091884	0,0352545	0,0076874	0,024016	0,000901075	0,000414675	0,000414675
1000	0,3117	0,09672	0,03711	0,008092	0,002528	0,0009485	0,0004365	0,0004365

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} v,$$

откуда

$$d = \sqrt[3]{\frac{4Q}{\pi v}},$$

где  $Q$  — расход воды на расчетном участке;  $v$  — скорость движения воды.

Диаметр труб выбирается с учетом наиболее экономичных скоростей движения воды в них, при которых строительные и эксплуатационные затраты будут минимальными. Величина этих скоростей при нормальном режиме работы водопровода составляет: 0,7–1,2 м/с для труб малых диаметров; 1–1,5 м/с — больших диаметров; 2–2,5 м/с при пропуске расходов на пожаротушение.

При выборе диаметра труб можно воспользоваться табл. 41, в которой указаны значения наиболее экономичных скоростей.

5. Определяют потери напора на участках сети, пользуясь формулами  $h = A l Q^2$   $h = S Q^2$ .

Значения удельного сопротивления  $S$  приведены в табл. 42.

Потери напора в местных сопротивлениях наружной водопроводной сети составляют  $\approx 5\%$  от потерь по длине трубопровода, поэтому общие потери  $h_{\text{общ}} = 1,05h$

## § 60. Гидравлический расчет разветвленной сети

Разветвленные водопроводные сети рассчитывают как систему последовательно соединенных трубопроводов. Для расчета прежде всего составляется схема водопровода, на которой в местах расположения водопотребителей сосредоточиваются расчетные (узловые) расходы (рис. 94). Расчет начинают с основной (магистральной) сети, двигаясь против потока воды от диктующей точки\* к точке питания сети. Для указанной схемы расчетным направлением будет: 6—4—1—0.

\* Диктующей точкой называется точка, относительно которой напор насоса при расчетах водопроводной сети получается наибольшим. Это, как правило, наиболее удаленная от насосной станции точка водопровода.

Вначале определяют расчетный расход воды на каждом из участков сети.

Подсчитав расходы и зная экономически целесообразные скорости, по табл. 41 подбирают диаметры труб и определяют потери напора для каждого участка сети. Потери напора по всей длине магистрали будут равны сумме потерь на отдельных участках

$$h = S_1 q_1^2 + S_2 q_2^2 + \dots + S_n q_n^2.$$

Для очень сильно разветвленных сетей иногда не сразу удается определить диктующую точку, а следовательно, и расположение основного расчетного направления. В этом случае рассматривают ряд вариантов. При этом основной (магистральной) линией является линия, при расчете которой в точке питания сети получается наибольший напор. После расчета основной линии приступают к расчету ответвлений.

Рассмотрим несколько примеров подобных расчетов.

**Пример.** Вода для производственных нужд в количестве 30 л/с поступает по разветвленной сети объединенного производственно-пожарного водопровода (см. рис. 94). К потребителям вода поступает по ответвлениям (вводам) в количестве, указанном на схеме. При пожаре вода с расходом 15 л/с отбирается от гидранта, установленного в точке 6. Определим диаметры труб сети и потери напора.

**Решение.** Определим расходы на отдельных участках магистральных линий 6—4—1—0;  $q_{6-4} = 8$  л/с;  $q_{4-1} = 8 + 12 = 20$  л/с;  $q_{1-0} = 20 + 10 = 30$  л/с; расходы воды в ответвлениях:  $q_{4-5} = 10$  л/с;  $q_{3-2} = 3,5$  л/с;  $q_{2-1} = 6 + 3,5 = 9,5$  л/с. Диаметры труб подбирают по расходу и скорости (табл. 42) при подаче воды на производственные нужды. Потери напора определяются по формуле  $h = S Q^2$ , в которой значение  $S$  находят по табл. 42.

Расчет сводят в табл. 43.

Как видно из табл. 43, при пропуске пожарных расходов скорость движения воды на участке 6—4 составляет 2,81 м/с, что больше допустимой 2,5 м/с. Поэтому предложено на этом участке трубы диаметром 100 мм заменить на трубы диаметром 150 мм.

За счет этого скорость движения воды на участке стала меньше допустимой. Суммарные потери напора в магистрали составляют:

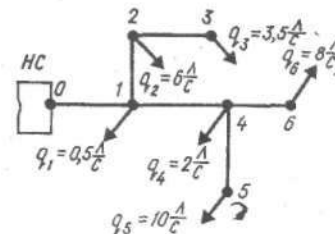


Рис. 94. Расчетная схема тупиковой сети

1—6 — точки отбора воды

Таблица 43. Расчетные данные тупиковой сети

Номер участков	Длина $l$ , м	$Q$ , л/с		Диаметр, $d$ мм	$v$ , м/с		Сопротивление $S$	$h = SQ^2$ , м	
		до пожара	при пожаре		до пожара	при пожаре		до пожара	при пожаре
Магистраль 6—4—1—0									
6—4	200	8	23	100 (150)	0,98 (0,44)	2,81 (1,26)	0,0623 (0,0074)	3,99 (0,47)	32,96 (3,91)
4—1	400	20	35	150	1,1	1,92	0,0148	5,92	18,13
1—0	300	30	45	100	0,93	1,4	0,0024	2,16	4,86
Всего	900	30	45	—	—	—	—	12,07	55,96
Ответвления									
4—5	70	10	—	195	0,79	—	0,0072	0,72	—
3—2	100	3,5	—	80	0,7	—	$9,5 \cdot 10^{-4}$	0,02	—
2—1	40	9,5	—	100	1,1	—	0,0156	0,15	—

до пожара

$$h = 0,47 + 5,92 + 2,16 = 8,55 \text{ м};$$

при пожаре

$$h' = 3,91 + 18,13 + 4,86 = 26,9 \text{ м}.$$

Общие потери (с учетом потерь напора в местных сопротивлениях) будут равны

$$h_{\text{общ}} = 1,05 h = 1,05 \cdot 8,55 = 8,98 \text{ м};$$

$$h'_{\text{общ}} = 1,05 h' = 1,05 \cdot 26,9 = 28,25 \text{ м}.$$

### § 61. Гидравлический расчет кольцевой сети

Расчет кольцевых водопроводных сетей сложнее расчета тупиковых, так как искомые диаметры труб должны определяться по расходу воды, которая в них протекает, а эти расходы неизвестны, как неизвестно и направление потоков воды на участках сети; оно в свою очередь зависит от диаметра труб. Поэтому расчет кольцевых водопроводных сетей производится методом последовательного приближения. Рассмотрим водопроводную сеть, состоящую из одного кольца (см. рис. 95). В начале расчета намечаем точку встречи потоков воды и тем самым задаемся вероятным направлением потоков. Точка встречи потоков обычно совпадает с точкой одного из максимальных и наиболее удаленных расходов. Предположим, что точкой встречи потоков будет точка 0, к ней от точки 1 притекает расход  $q_{0-1}$ , а от точки 2 — расход  $q_{0-2}$ . Тогда соотношение расходов воды в кольце может быть выражено следующими уравнениями:

$$\left. \begin{aligned} q_0 &= q_{0-1} + q_{0-2}; & q_{2-3} &= q_{0-2} + q_2; \\ q_{1-3} &= q_{0-1} + q_1; & q_{3-1} &= q_{1-3} + q_{2-3}. \end{aligned} \right\} \quad (80)$$

Из соотношений (80) следует, что сумма расходов, притекающих к точке, равна сумме расходов уходящих от этой точки плюс расход в самой точке. Или, считая условно количество воды, подходящей к точке, положительным, а уходящей, включая отдачу воды потребителю, отрицательным, можно условие баланса расхода воды в каждой точке сети выразить равенством

$$\sum q = 0. \quad (81)$$

Равенство (81) является первым основным

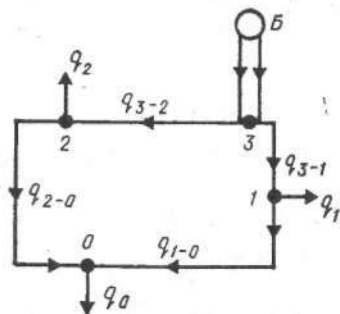


Рис. 95. Схема к расчету однокольцевой водопроводной сети  
0—3 — точки отбора воды

условием гидравлического расчета кольцевой сети.

По предварительно распределенным расходам и экономически целесообразным скоростям (табл. 42) выбирают диаметры труб и определяют потери напора на участках  $h_{0-1}$ ,  $h_{1-3}$ ;  $h_{0-2}$ ,  $h_{2-3}$ . Затем подсчитывают суммарные потери напора по направлениям движения потоков воды от нулевой точки до точки питания кольца (точка 3)

$$\Sigma h_{0-1-3} = h_{0-1} + h_{1-3};$$

$$\Sigma h_{0-2-3} = h_{0-2} + h_{2-3}. \quad (82)$$

Суммарные потери левой и правой линии кольца должны быть одинаковы, так как только при этом условии точкой встречи потоков может точка 0, т. е.

$$\Sigma h_{0-1-3} - \Sigma h_{0-2-3} = 0. \quad (83)$$

Условно считая положительные величины потери напора в линиях, где вода идет по часовой стрелке, и отрицательными в линиях, где вода идет против часовой стрелки, уравнение (81) может быть записано в таком виде

$$\Sigma h = 0. \quad (84)$$

Равенство (84) является вторым основным гидравлическим условием расчета кольцевой сети. Если такого равенства нет, то расходы, протекающие к нулевой точке, заданы не верно. В этом случае необходимо уменьшить величину расходов на  $\Delta q$  в той линии кольца, где потери напора больше, и увеличить на  $\Delta q$  в линии кольца, где потери меньше, после чего вновь выполнить расчет (вторая попытка). Этот процесс последовательного приближения называют увязкой сети, а расход  $\Delta q$  — увязочным расходом.

Последовательным приближением можно добиться соблюдения условия (84).

Однако практически при расчетах водопроводов допускается некоторая разница в суммарных потерях

напора отдельных колец, погрешность, называемая невязкой,  $\Delta h$ , т. е.

$$\Sigma h = \Delta h. \quad (85)$$

Допустимая величина невязки при расчете отдельного кольца водопроводной сети составляет 0,5 м (при пропуске пожарных расходов допустимая величина невязки возрастает до 1 м). При большем значении ее необходимо перераспределить расходы в полукольцах, используя увязочный расход  $\Delta q$ , величину которого определяют следующим образом.

Допустим, что при расчете сети, состоящей из одного кольца, при первоначальном распределении расходов  $q_1 = q_{3-2}$  и  $q_2 = q_{3-1}$  по двум направлениям получена невязка, равная

$$\Delta h = h_1 - h_2 = S_1 q_1^2 - S_2 q_2^2.$$

Для устранения невязки уменьшим  $q_1$  на  $\Delta q$ ,  $q_2$  увеличим на  $\Delta q$ . Тогда можем записать  $S_1(q_1 - \Delta q)^2 = S_2(q_2 + \Delta q)^2$ .  $S_1(q_1^2 - 2q_1\Delta q + \Delta q^2) = S_2(q_2^2 + 2q_2\Delta q + \Delta q^2)$ .

Величиной  $\Delta q^2$  ввиду ее малости по сравнению с другими можно пренебречь. После чего будем иметь

$$\Delta q = \frac{S_1 q_1^2 - S_2 q_2^2}{2(S_1 q_1 + S_2 q_2)} = \frac{\Delta h}{2(S_1 q_1 + S_2 q_2)}, \quad (86)$$

тогда

$$\Delta q = \frac{\Delta h}{2 \Sigma S q}.$$

Таким же способом производится увязка сети при работе водопровода во время пожара.

## § 62. Пример расчета наружного противопожарного водопровода промышленного объекта

Предположим, что необходимо произвести расчет объединенного (хозяйственно-противопожарного) водопровода высокого давления, обслуживающего текстильную фабрику. При этом надлежит исходить из следующих данных:

1. Источник водоснабжения — река.
2. Характеристика основных зданий приведена в табл. 44.



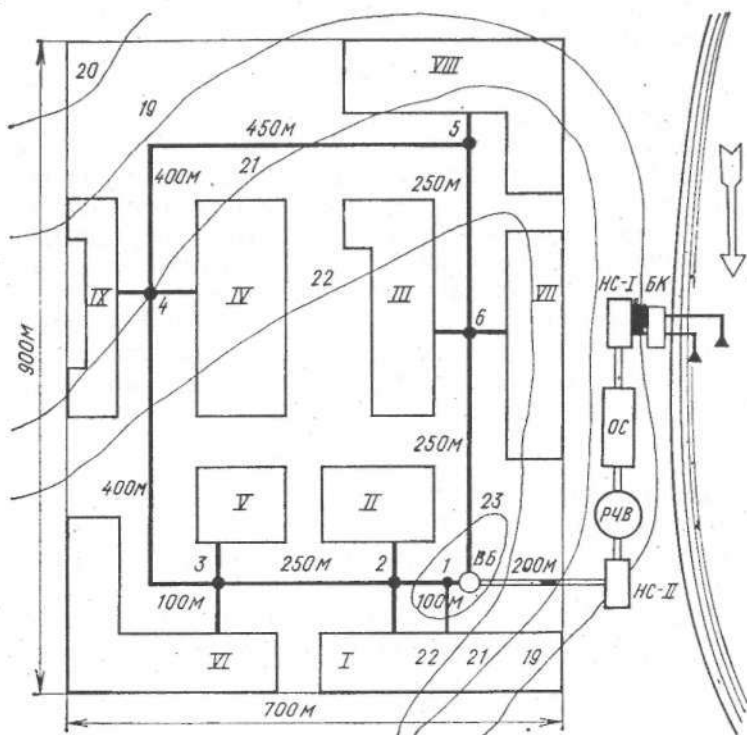


Рис. 96. Генплан текстильной фабрики с водопроводной сетью  
БК — береговой колодец; НС-I — насосная станция первого подъема; ОС — очистные сооружения; РЧВ — резервуары чистой воды; НС-II — насосная станция второго подъема; ВБ — водонапорная башня; I—IX — номера цехов; 1—6 — точки ввода в здания

3. Генеральный план объекта с водопроводной сетью дан на рис. 96.

4. Внутреннее противопожарное водоснабжение в производственных зданиях осуществляется с помощью пожарных кранов.

5. Высота расположения внутренних пожарных кранов в верхних этажах наиболее высоких производственных зданий составляет 9—12 м от уровня земли.

6. Водонапорная башня, установленная в начале сети, обеспечивает создание постоянного давления в наружной сети и во внутреннем водопроводе.

7. Рассчитывать нагрузку (расход) следует по наиболее многочисленной смене. Число работающих и

принимающих душ в этой смене, а также производственный расход воды указаны в табл. 45.

#### Решение

##### 1. Определение расчетных расходов воды.

Определим расход воды для каждого производственного здания при работе водопровода до пожара, т. е. вычислим все величины, входящие в уравнение (77). Данные расчета сведем в табл. 45. Так как суммарный пожарный расход зависит от площади предприятия, то установим количество одновременно возможных пожаров в зависимости от площади предприятия.

В соответствии с генеральным планом площадь фабрики составляет:

$$S = 900 \cdot 700 = 630\,000 \text{ м}^2 = 63 \text{ га.}$$

При такой площади (см. СНиП II-31-74) допускается возможность возникновения в определенный промежуток времени одного пожара. Для определения при этом общего пожарного расхода воды необходимо установить его величину для каждого производственного здания.

Расход воды на внутреннее пожаротушение определяем по табл. 55.

Как видно из табл. 44, наибольший пожарный расход потребуется для ткацкого цеха (IV), он равен:

$$Q_{\text{пож}} = Q_{\text{нар}} + Q_{\text{вн}} = 30 + 10 = 40 \text{ л/с.}$$

##### 2. Гидравлический расчет водопроводной сети

Этот расчет включает ряд этапов.

**Подготовительный период.** Составляем расчетную схему наружной водопроводной сети (рис. 97) с нанесением на нее точек отбора воды производственными зданиями (см. рис. 96). Величины узловых расходов определены по данным табл. 44 (гр. 16).

Выбираем точку встречи потоков. В нашем примере это точка 4, к которой от точки питания сети 1 вода движется по двум направлениям: 1—2—3—4 и 1—6—5—4. В точке 4 отбирается 12,57 л/с. Начиная от точки 4 распределяем узловые расходы по участкам, соблюдая условие баланса расходов (81), предполагая, что к этой точке по участку 3—4 поступает 8 л/с, а с участка 5—4 — остальное количество воды 4,57 л/с. Тогда расходы воды на отдельных расчетных участках будут, л/с:

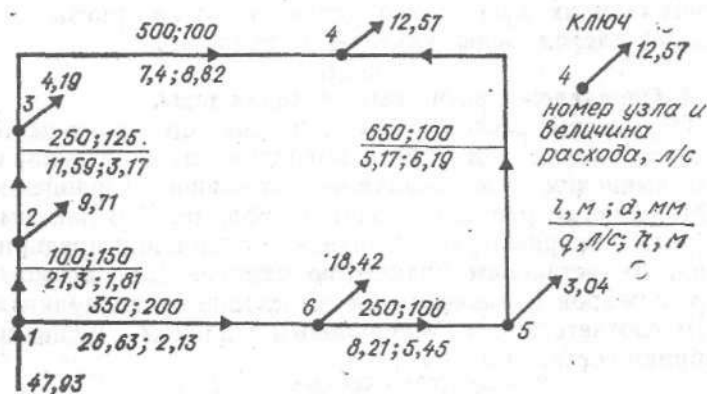


Рис. 97. Расчетная схема наружной водопроводной сети до пожара  
1—6 — точки отбора воды

на участке 4—3	0.8
> 3—2	0.8+4.19=12.19
> 2—1	12.19+9.71=21.9
> 4—5	4.57
> 5—6	4.57+3.04=7.61
> 6—1	7.61+18.42=26.03

Всего 21.9+26.03=47.93

Суммарный расход 47,93 л/с обязательно должен быть равен расходу воды в точке питания 1.

По величине предварительно распределенных расходов на участках и экономически целесообразным скоростям движения воды подбираем диаметры труб (табл. 42). Исходные данные для расчета наносим на расчетную схему (см. рис. 97).

**Увязка водопроводной сети.** Исходные и расчетные данные сводим в табл. 45, в которой сопротивление для чугунных труб принимаем по табл. 43, а значения поправочного коэффициента  $K_p$  — по табл. 5.

Как видно из табл. 45, суммарные потери напора в полуколонках равны

$$h_{4-3-2-1} = 15,79 \text{ м}; \quad h_{4-5-6-1} = 11,49 \text{ м}.$$

При этом невязка  $\Delta h = 15,79 - 11,49 = 4,3 \text{ м} > 0,5 \text{ м}$  превышает допустимую.

Определим поправочный расход по формуле (86)

$$\Delta q = \frac{\Delta h}{2 \sum S q} = \frac{4,3}{2 \cdot 3,409} = 0,6 \text{ л/с}.$$

Таблица 44. Исходные данные для расчета водопроводной сети

Цех, службы, административные здания	Степень огнестойкости	Объем здания, тыс. м³	Категория производства	Высота здания, м	Количество работающих в смену, чел.	Норма хозяйственно-питьевого водопотребления на одного человека, л/смену	Средний хозяйственный расход $q_{ср}$ , л/с	Часовой коэффициент неравномерного водопотребления
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Склад хлопка	III	15	B	5	—	—	—	—
Приготовительный цех	II	10	B	10	200	25	0,17	3
Прядильный цех	II	25	B	15	800	25	0,7	3
Ткацкий цех	III	40	B	15	600	25	0,52	3
Отделочный цех	II	8	B	10	100	25	0,09	3
Склад готовой продукции	III	8	B	5	50	25	0,04	3
Котельная	II	7	Г	7	30	45	0,05	2,5
Механическая мастерская	III	15	Д	10	100	25	0,08	3
Административное здание	III	18	B	15	200	25	0,17	3
Итого	—	—	—	—	2080	—	1,82	—

Продолжение табл. 44

Цехи, службы, административные здания	Максимальный хозяйственный расход $Q_{\text{макс.х.р.}}$ , л/с	Число человек, принявших душ $N_g$	Расход на одну душевую сетку $q_d$ , л/с	Число человек на одну душевую сетку, л	Душевой расход $Q_d$ , л/с	Производственный расход $Q_{\text{пр.}}$ , л/с	Пожарный расход $Q_{\text{пож.}}$ , л/с	Расход до пожара $Q_{\text{расч.}}$ , л/с	Расход при пожаре $Q_{\text{расч.}}$ , л/с
1	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Склад хлопка	—	—	—	—	—	—	20+5	—	—
Приготовительный цех	0,51	200	500	3	9,2	—	15+5	9,71	0,51
Прядильный цех	2,1	700	500	7	13,9	0,5	20+5	16,5	2,6
Ткацкий цех	1,56	500	500	7	10	0,5	30+10	12,06	42,06
Отделочный цех	0,27	100	500	5	2,8	1	15+5	4,07	1,27
Склад готовой продукции	0,12	—	—	—	—	—	20+5	0,12	0,12
Котельная	0,12	30	500	5	0,8	1	10	1,92	1,12
Механическая мастерская	0,24	100	500	5	2,8	—	15+5	3,04	0,24
Административное здание	0,51	—	—	—	—	—	20+5	0,51	0,51
Итого	5,43	1630	—	—	39,5	3	40	47,93	48,43

Примечание: 1. Данные гр. 2; 3; 5; 6; 11; 15 — задаются.

2. Данные гр. 4 устанавливаются по СНиП II-90-81 «Производственные здания промышленных предприятий».

3. Данные гр. 7, 9, 12, 13 определяют по СНиП II-31-74.

Таблица 45. Данные узелки сети до пожара

Участок	$l$ , м	$q$ , л/с	$d$ , мм	$v$ , м/с	$S = A \cdot v$	$S_1 = K \cdot S$	$h = S_1 \cdot q^2$ , м	$\Delta q$ , л/с	$q_1$ , л/с	$h_2 = S_1 \cdot q_1^2$ , м
4-3	500	8	100	0,98	0,15585	0,161	10,3	-0,6	7,4	8,82
3-2	250	12,19	125	0,96	0,02418	0,024	3,57	-0,6	11,59	3,17
2-1	100	21,9	150	1,2	0,00371	0,004	1,92	-0,6	21,3	1,81
Всего	—	—	—	—	—	—	15,79	—	—	13,8
4-5	650	4,57	100	0,56	0,2026	0,228	4,78	+0,6	5,17	6,19
5-6	250	7,61	100	0,93	0,07792	0,081	4,69	+0,6	8,21	5,45
6-1	350	26,03	200	0,82	0,00283	0,003	2,02	+0,6	26,63	2,13
Всего	2100	47,93	—	—	—	—	11,49	—	47,93	13,77

Введя увязочный расход и подсчитав потери напора на участках, находим значение невязки  $\Delta h = 13,8 - 13,77 = 0,03$ , что меньше допустимой величины.

Тогда потери напора в сети при работе водопровода до пожара будут равны:

$$h_c = \frac{13,8 + 13,77}{2} = 13,79 \text{ м.}$$

### 3. Расчет водопроводной сети при пропуске пожарных расходов

Расчет водопроводной сети на случай пожара проводится с целью определения возможности пропуска по трубам увеличенного расхода воды (77).

Проверочный расчет ведется в том же порядке, что и основной. Составляется расчетная схема (рис. 98), на которую наносятся точки отбора воды с расходом, определяемым по данным гр. 17 табл. 45, а также расчетные данные пожарного расхода воды, поступающей через гидрант у здания.

Сосредоточив пожарный расход 40 л/с в точке отбора 5, будем считать ее точкой встречи потоков.

После распределения узловых расходов по участкам сети установлено, что на участках 4—3; 5—6; 6—7 скорость потоков превышает 2,5 м/с. Поэтому для схемы (рис. 98) трубы диаметром 100 мм должны быть заменены на трубы 150 мм.

Результаты увязки сети сведены в табл. 46, из которой следует, что невязка  $\Delta h = 20,75 - 20,65 = 0,10$  меньше допустимой, равной 1 м.

Потери напора в сети составят

$$h'_c = \frac{20,75 + 20,55}{2} = 20,65 \text{ м.}$$

Так как предложена замена труб с большим диаметром на отдельных участках водопроводной

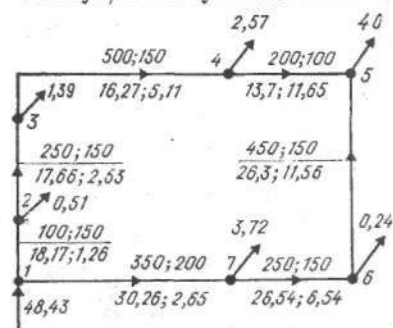


Рис. 98. Расчетная схема наружной водопроводной сети при пожаре  
1—7 — точки отбора воды

Таблица 46. Данные увязки сети при пожаре

Участок	$l$ , м	$Q$ , л/с	$d$ , мм	$v$ , м/с	$S = Al$	$S_1 = KS$	$h = S_1 Q^2$ , м
5—4	200	13,7	100	1,10	0,0623	0,0633	11,65
4—3	500	16,27	150	0,88	0,0186	0,0193	5,11
3—2	250	17,66	150	0,90	0,0093	0,0096	2,53
2—1	100	18,17	150	1,01	0,0037	0,0038	1,26
Всего	—	—	—	—	—	—	20,55
5—6	450	26,3	150	1,45	0,0167	0,0167	11,56
6—7	250	26,54	150	1,50	0,0093	0,0093	6,54
7—1	350	30,26	200	0,95	0,0028	0,0029	2,65
Всего	2100	48,43	—	—	—	—	20,75

сети, то необходимо сделать пересчет ее при работе водопровода до пожара.

Расчет ведется в том же порядке: составляется расчетная схема (рис. 99) и табл. 47, в которой представлены результаты увязки. За диктующую точку, как и при первом расчете, принята точка 4. По данным табл. 47 находим, что невязка  $\Delta h = 4,69 - 4,62 = 0,07 \text{ м} < 0,5$ . Следовательно, сеть увязана, а потери напора в ней составляют  $h_c = \frac{4,69 + 4,62}{2} = 4,66 \text{ м}$ .

Таким образом, при дальнейших расчетах водопроводных сооружений необходимо использовать следующие потери напора в сети: при работе водопровода до пожара  $h_c = 4,66 \text{ м}$ ; при работе водопровода во время пожара  $h'_c = 20,65 \text{ м}$ .

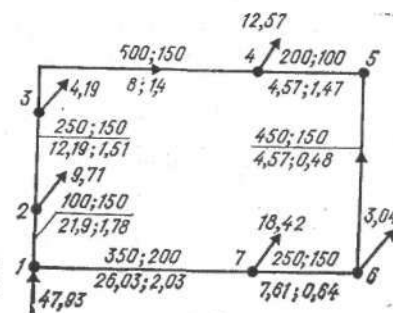


Рис. 99. Расчетная схема наружной водопроводной сети до пожара  
1—7 — точки отбора воды



Таблица 47. Данные увязки сети до пожара

Участок	$L, м$	$Q, л/с$	$d, мм$	$v, м/с$	$S = AI$	$S_1 = KS$	$h = S_1 Q^2, м$
4—3	500	8	150	0,44	0,01855	0,0218	1,4
3—2	250	12,19	150	0,67	0,00928	0,0102	1,51
2—1	100	21,9	150	1,2	0,00371	0,0037	1,78
Всего	—	—	—	—	—	—	4,69
4—5	200	4,57	100	0,56	0,06234	0,0705	1,47
5—6	450	4,57	150	0,23	0,0167	0,0227	0,48
6—7	250	7,61	150	0,42	0,00928	0,011	0,64
7—1	350	26,03	200	0,82	0,00283	0,003	2,03
Всего	2100	47,93	—	—	—	—	4,62

#### 4. Определение расчетных расходов воды с учетом режима водопотребления

Для выбора режима работы насосной станции, определения вместимости бака водонапорной башни и резервуаров чистой воды необходимо знать, какое количество воды расходуется за каждый час смены.

При этом следует учитывать три обстоятельства.

Производственный расход распределяется по часам смены равномерно и его величина для 8-часовой смены каждого производственного цеха может быть определена по формуле

$$Q_{см.пр} = \frac{8 \cdot 3600 Q_{пр}}{1000}, м^3/см, \dots$$

где  $Q_{пр}$  — производственный расход, л/с, указанный в гр. 15 табл. 44.

Расход воды на душевые нужды учитывается в течение 45 мин первого часа каждой смены, так как в этот час моется предыдущая смена; его величина определяется таким образом

$$Q_{см.д} = \frac{45 \cdot 60 Q_d}{1000}, м^3/см,$$

где  $Q_d$  — расход воды на душ, л/с, значение которого находим в гр. 14 табл. 44.

Величина сменного хозяйственно-питьевого расхода определяется по формуле

$$Q_{см.х-п} = \frac{q_{см} N_{см}}{1000}, м^3/см,$$

где значения  $N_{см}$  и  $q_{см}$  находят в гр. 6 и 7 табл. 44.

Распределение  $Q_{см.х-п}$  по часам смены приведено в табл. 48.

Таблица 48. Распределение расхода воды по часам смены

В горячих цехах $K=2,5$		В холодных цехах $K=3$	
часы смены	расход воды от полного расхода за смену, %	часы смены	расход воды от полного расхода за смену, %
1	Расходуется предыдущей сменой	1	Расходуется предыдущей сменой
2	15,65	2	18,75
3	12,05	3	6,25
4	12,05	4	12,50
5	12,05	5	12,50
6	12,05	6	18,75
7	12,05	7	6,25
8	12,05	8	12,50
Следующая смена	В течение 1/2 ч 31,3	Следующая смена	В течение 1/2 ч 37,5
За смену	100	За смену	100

Используя данные табл. 44 и учитывая режим водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды (табл. 48), составим таблицу почасового водопотребления (табл. 49) всеми производственными цехами фабрики.

Из табл. 49 следует, что расход воды на все нужды в смену составляет 245,65 м<sup>3</sup>, из них:

хозяйственно-питьевой	52,6
душевой	106,65
производственный	86,4

Расчетный расход воды без душевого расхода 139 м<sup>3</sup>.

Максимальный водоразбор на фабрике происходит в первый час после окончания каждой смены и составляет 51,8% сменного расхода (гр. 22 табл. 49).

#### 5. Расчет водонапорной башни.

Определение емкости бака водонапорной башни. Емкость бака водонапорной башни рассчитывается по формуле (70)

$$W_6 = W_{рег} + W_{н.з.}$$

Таблица 49. Часовое водопотребление в цехах

Холодные цехи, К=3									
Часы смены	приготовительный цех			пряделный цех			ткацкий цех		
	% сменного расхода		$Q_{\text{хоз}}, \text{м}^3$	$Q_{\text{душ}}, \text{м}^3$		$Q_{\text{хоз}}, \text{м}^3$	$Q_{\text{душ}}, \text{м}^3$		$Q_{\text{произ}}, \text{м}^3$
	2	3		4	5		6	7	
1									
2	0	—	—	—	—	—	—	1,8	1,8
3	6,25	0,31	—	—	1,25	—	—	0,94	1,8
4	12,5	0,62	—	—	2,5	—	—	1,88	1,8
5	12,5	0,62	—	—	2,5	—	—	1,88	1,8
6	18,75	0,94	—	—	3,75	—	—	2,81	1,8
7	6,25	0,31	—	—	1,25	—	—	0,94	1,8
8	12,5	0,63	—	—	2,5	—	—	1,87	1,8
По оконча-	12,5	0,63	—	—	2,5	—	—	1,87	1,8
нии смены	18,75	0,94	24,84	—	3,75	37,53	27	2,81	—
Итого	100	5	24,84	20	37,53	14,4	15	27	14,4

Продолжение таблицы 49

Горячие цехи, К=2,5												
Часы смены	отделочный цех				механический цех			административное здание			котельная	
	% сменного расхода		$Q_{\text{душ}}, \text{м}^3$	$Q_{\text{произ}}, \text{м}^3$	$Q_{\text{хоз}}, \text{м}^3$		$Q_{\text{душ}}, \text{м}^3$	$Q_{\text{хоз}}, \text{м}^3$		% сменного расхода	$Q_{\text{душ}}, \text{м}^3$	
	11	12			15	16		17	18		19	20
1	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—
2	0,16	—	—	0,08	0,16	—	—	0,31	12,05	0,16	—	—
3	0,31	—	—	0,16	0,31	—	—	0,62	12,05	0,16	—	—
4	0,31	—	—	0,16	0,31	—	—	0,62	12,05	0,16	—	—
5	0,47	—	—	0,23	0,47	—	—	0,94	12,05	0,17	—	—
6	0,16	—	—	0,08	0,16	—	—	0,31	12,05	0,16	—	—
7	0,31	—	—	0,15	0,31	—	—	0,63	12,05	0,16	—	—
8	0,31	—	—	0,16	0,31	—	—	0,63	12,05	0,16	—	—
По оконча-	0,47	7,56	—	0,23	0,47	7,56	—	0,94	15,65	0,22	2,16	—
нии смены												
Итого	2,5	7,56	28,8	1,25	2,5	7,56	5	100	1,35	2,16	28,8	245,65
												100

Так как регулирующий объем определяется на основании анализа работы насосной станции II подъема и водопотребления на фабрике, то необходимо установить режим работы насосной станции и объем подачи воды в течение смены.

Принимаем, что один насос работает равномерно и подает в час 8% сменного расхода, другой включается в час максимального водопотребления, т. е. в первый час каждой смены, обеспечивая расход воды на душевые нужды, и подает 44% всего водопотребления за смену.

Для определения регулирующего объема бака водонапорной башни составим табл. 50.

Таблица 50. Определение регулирующего объема воды в баке водонапорной башни

Часы смены	Расход воды, % от сменного (гр. 22 табл. 49)	Объем расхода, м³	Подача воды НС-II, %	Расход воды из бака, %	Поступление воды в бак, %	Остаток воды в баке, %
1	51,8	127,28	44	7,8	—	0
2	5,77	14,17	8	—	2,23	2,23
3	7,07	17,36	8	—	0,93	3,16
4	7,07	17,36	8	—	0,93	4,09
5	8,38	20,58	8	0,38	—	3,71
6	5,77	14,17	8	—	2,23	5,94
7	7,07	17,36	8	—	0,93	6,87
8	7,07	17,37	8	—	0,93	7,8
Всего	100	245,65	100	—	—	7,8

Как видно из табл. 50, регулирующий объем бака составляет 7,8% сменного расхода, чтобы получить его цифровое выражение, умножим общий расход за смену (245,65) на эту цифру и разделим на 100%.

$$W_{\text{рег}} = \frac{245,65 \cdot 7,8}{100} = 19,16 \text{ м}^3,$$

Неприкосновенный запас воды рассчитывается по формуле (71)

$$W_{\text{н.з}} = W_{\text{пож}} + W_{\text{хоз}},$$

где  $W_{\text{пож}}$  — пожарный запас воды определяется исходя из условия, что необходимо потушить один пожар при использовании внутренних пожарных кранов в течение 10 мин. Для нашего примера этот запас составит

$$W_{\text{пож}} = \frac{10 \cdot 10 \cdot 60}{1000} = 6 \text{ м}^3.$$

$W_{\text{хоз}}$  — неприкосновенный хозяйственно-производственный запас воды при 10-минутном тушении пожара — может быть определен по максимальному часовому расходу, равному 127,28 м³/ч (табл. 50), без учета расхода воды на душ — 106,65 м³/ч (табл. 49). Тогда  $W_{\text{хоз}}$  в данных условиях будет равно

$$W_{\text{хоз}} = \frac{(127,28 - 106,65) 10}{60} = 3,4 \text{ м}^3.$$

Рассчитаем, исходя из полученных данных, полный объем воды в баке водонапорной башни

$$W_{\text{б}} = 19,16 + 6 + 3,4 = 28,56 \text{ м}^3.$$

По табл. 37 найдем типовой проект (901-5-21/70), удовлетворяющий этому требованию: бак водонапорной башни будет иметь объем 50 м³.

**Определение высоты водонапорной башни.** Высота водонапорной башни определяется по формуле (73):

$$H_{\text{в.б}} = 1,05 h_c + H_{\text{св}} + (z_{\text{д.т}} - z_{\text{в.б}}),$$

где  $h_c$  — потери напора в наружной сети, при работе водопровода до пожара  $h_c = 4,66$  м (см. «Расчет водопроводной сети» п. 3);  $z_{\text{д.т}}$  — отметка диктующей точки (см. ткацкий цех IV, рис. 96), составляющая 21 м,  $z_{\text{в.б}}$  — отметка места установки водонапорной башни, равная 23 м (рис. 96);  $H_{\text{св}}$  — свободный напор у ввода в здание ткацкого цеха, величина которого определяется из условия обеспечения работы пожарных кранов.

Величина свободного напора в данном примере определится таким образом

$$H_{\text{св}} = h_{\text{вн}} + H_{\text{кр}} + z_{\text{кр}}.$$

Потери напора во внутренней сети  $h_{\text{вн}}$  можно принять равными  $\approx 2$  м.

Высота здания ткацкого цеха 15 м (см. табл. 44). Если считать здание 3-этажным, то наибольшая высота расположения пожарных кранов  $z_{\text{кр}} = 12$  м. Напор у пожарного крана  $H_{\text{кр}} = 10$  м (находим по табл. 56) при условии подачи пожарной струи с радиусом компактной части 6 м (так как высота помещения  $\approx 5$  м), по непрорезиненным рукавам диаметром 51 мм, длиной 20 м, через стволы с насадками диаметром 16 мм.

Тогда свободный напор, который необходимо поддерживать у ввода в здание, для работы пожарных кранов должен быть равен

$$H_{\text{св}} = 2 + 10 + 12 = 24 \text{ м}.$$

Для данных условий при таком напоре башня должна иметь высоту

$$H_{в.б} = 1,05 \cdot 4,66 + 24 + (21 - 23) = 26,89 \text{ м.}$$

Принимаем  $H_{в.б} = 27,2 \text{ м}$  в соответствии с типовым проектом (табл. 37).

## 6. Определение объема резервуаров чистой воды

Объем резервуаров чистой воды определяется по формуле (67)

$$W_{р.ч.в} = W_{рег} + W_{н.з.}$$

Для определения регулирующего объема воды  $W_{рег}$  необходимо проанализировать режим работы насосных станций I и II подъемов. Режим работы насосной станции II подъема представлен в табл. 50. Для рассматриваемого примера подача насосной I подъема при равномерном режиме работы составит  $100:8 = 12,5\%$  в час от сменного расхода.

Для определения регулирующего объема воды в резервуарах составим табл. 51, в которой остаток воды определяется как разность подачи насосной станции первого подъема и расхода воды насосной станцией второго подъема. Наибольшая величина этого остатка и представляет регулирующий объем воды в резервуарах.

Таблица 51. Определение регулирующего объема воды в резервуарах

Часы смены	Забор воды НС-II, %	Подача воды НС-I, %	Расход воды из резервуара, %	Поступление воды в резервуаре, %	Остаток воды в резервуаре, %
1	44	12,5	31,5	—	0
2	8	12,5	—	4,5	4,5
3	8	12,5	—	4,5	9
4	8	12,5	—	4,5	13,5
5	8	12,5	—	4,5	18
6	8	12,5	—	4,5	22,5
7	8	12,5	—	4,5	27
8	8	12,5	—	4,5	31,5
Всего	100	100	—	—	31,5

Как видно из табл. 51, регулирующий объем резервуаров чистой воды составляет 31,5% сменного расхода.

Регулирующий объем определяется по формуле

$$W_{рег} = \frac{Q_{см} \cdot 31,5}{100} = \frac{245,65 \cdot 31,5}{100} = 77,4 \text{ м}^3,$$

где  $Q_{см}$  — расход воды за смену ( $Q_{см} = 245,65 \text{ м}^3/\text{см}$ ).

Неприкосновенный противопожарный запас воды определяется как сумма пожарного и хозяйственно-питьевого объемов:

$$W_{н.з.} = W_{пож} + W_{хоз.}$$

Объем необходимой для тушения пожара в течение 3 ч воды с подачей  $Q_{пож} = 40 \text{ л/с}$  должен быть равен

$$W_{пож} = \frac{40 \cdot 3 \cdot 3600}{1000} = 432 \text{ м}^3.$$

Неприкосновенный запас воды для хозяйственно-производственных нужд на время тушения пожара может быть подсчитан по количеству потребляемой воды в три смежных часа максимального водопотребления, исключая расход воды на душ. Из табл. 50 следует, что

$$W_{хоз} = 7,07 + 7,07 + 8,38 = 22,52 \%$$

или

$$W_{хоз} = \frac{Q'_{см} \cdot 22,52}{100} = \frac{139 \cdot 22,52}{100} = 31,3 \text{ м}^3,$$

где  $Q'_{см}$  — расход воды за смену без учета расхода на душ ( $Q'_{см} = 139 \text{ м}^3/\text{см}$ ) (см. табл. 49 и с. 205).

В резервуарах чистой воды должен быть запас и на собственные нужды водопровода (промывка фильтров водопроводных сетей и т. п.). Он составляет 3% сменного расхода и будет равен

$$W_{сн} = \frac{245,65 \cdot 3}{100} = 7,4 \text{ м}^3.$$

Следовательно, полный объем резервуаров чистой воды составит

$$W_{р.ч.в} = W_{рег} + W_{пож} + W_{хоз} + W_{сн} = 77,4 + 432 + 31,3 + 7,4 = 548,1 \text{ м}^3.$$

Значит, необходимы два типовых резервуара — на  $150 \text{ м}^3$  и  $400 \text{ м}^3$  (см. табл. 35).



## 7. Расчет водоводов

От насосной станции до водопроводной сети проложено два водовода длиной 200 м каждый (см. рис. 96).

В часы максимального водопотребления насосная станция II подъема подает в час 44% сменного расхода (см. табл. 50), что составит:

$$Q_{\text{вод}} = \frac{245,65 \cdot 44}{100} = 108,08 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ (30 л/с)}.$$

При аварии одного из водоводов и пожаре на объекте должна быть обеспечена подача полного пожарного расхода и 70% хозяйственно-питьевого расхода, т. е.

$$Q_{\text{вод}} = \frac{30 \cdot 70}{100} + 40 = 61 \text{ л/с}.$$

По расходу 61 л/с и данным табл. 41 подбираем для прокладки каждого из водоводов трубы диаметром 200 мм. ( $v \approx 1,55 \text{ м/с}$ ).

Потери напора в одном водоводе при работе водопровода до пожара определяются в зависимости от расхода  $Q_{\text{вод1}} = \frac{Q_{\text{пол}}}{2} = \frac{30}{2} = 15 \text{ л/с} = 0,015 \text{ м}^3/\text{с}$ , так как водоводы проложены в две линии. Отсюда

$$h_{\text{вод1}} = A I Q_{\text{вод1}}^2 = 6,959 \cdot 200 \cdot 0,015^2 = 0,31 \text{ м},$$

где  $A = 6,959$  (см. табл. 4).

Потери напора в одном водоводе при пожаре будут равны:

$$h_{\text{вод}} = A I Q_{\text{вод}}^2 = 6,959 \cdot 200 \cdot 0,061^2 = 5,15 \text{ м}.$$

## 8. Определение марки и количества насосов на насосной станции II подъема

При определении объема регулирующего бака водонапорной башни был принят следующий режим работы хозяйственно-производственных насосов: в первый час смены работает один насос, обеспечивая подачу в час 44% сменного объема; в остальные 7 ч. смены работает другой насос и подает в час 8% сменного объема.

Таким образом, подбираемые насосы должны иметь подачу:

первый  $Q_1 = 30 \text{ л/с}$  (см. расчет водоводов);

второй  $Q_2 = \frac{245,65 \cdot 8}{100} = 19,65 \text{ м}^3/\text{ч}$ , т. е. 5,5 л/с.

Напор хозяйственно-производственных насосов определяется по формуле:

$$H_{\text{х-п}} = 1,05 h_{\text{вод}} + H_{\text{в.б}} + H_{\text{б}} + (z_{\text{в.б}} - z_{\text{н}}) + z_{\text{в}} + h_{\text{вс}}.$$

где  $h_{\text{вод}}$  — потери напора в водоводе 0,31 м;  $H_{\text{в.б}}$  — высота водонапорной башни 27,2 м;  $H_{\text{б}}$  — высота напорного бака башни 2 м;  $z_{\text{в.б}}$  — отметка места установки водонапорной башни 23 м;  $z_{\text{н}}$  — отметка оси насоса 19 м;  $z_{\text{в}}$  — геометрическая высота всасывания, равная глубине резервуара чистой воды ( $z_{\text{в}} = 3 \text{ м}$ );  $h_{\text{вс}}$  — потери напора во всасывающей линии насосов, принимаем 2,5 м.

Следовательно, хозяйственно-производственные насосы должны создавать напор, равный

$$H_{\text{х-п}} = 1,05 \cdot 0,31 + 27,2 + 2 + (23 - 19) + 3 + 2,5 = 39,02 \text{ м}.$$

Таким образом, на насосной станции должны быть установлены хозяйственно-производственные насосы с рабочими параметрами: подачей  $Q_1 = 30 \text{ л/с}$  и  $Q_2 = 5,5 \text{ л/с}$  и напором 39,02 м каждый. Стационарные противопожарные насосы при пожаре должны обеспечить подачу необходимого количества воды, равного:  $Q_{\text{расч}} = 48,43 \text{ л/с}$  (см. гр. 18, табл. 44), хозяйственно-производственные насосы на время пожара отключаются.

Напор противопожарных насосов определяется по формуле

$$H_{\text{пож}} = 1,05 (h'_{\text{вод}} + h'_c) + (z_{\text{д.т}} - z_{\text{н}}) + H_{\text{св}} + z_{\text{вс}} + h_{\text{вс}},$$

где  $h_{\text{вод}}$  — потери напора в водоводе 5,15 м;  $h_c$  — потери напора в наружной сети при пожаре 20,65 м;  $z_{\text{д.т}}$  — отметка диктующей точки (ввод в здание ткацкого цеха IV) 21 м (рис. 96);  $z_{\text{н}}$  — отметка оси насоса 19 м;  $z_{\text{вс}}$  — геометрическая высота всасывания насоса, равная глубине резервуара 3 м;  $h_{\text{вс}}$  — потери напора во всасывающей линии насоса, принимаем 3,5 м;  $H_{\text{св}}$  — свободный напор в диктующей точке.

Для водопроводов высокого давления свободный напор определяется по формуле

$$H_{\text{св}} = 28 + T,$$

где  $T$  — высота ткацкого цеха; по исходным данным рассматриваемого примера  $T = 15 \text{ м}$ .

При этом  $H_{\text{св}} = 28 + 15 = 43 \text{ м}$ .

Тогда напор противопожарных насосов будет равен

$$H_{\text{пож}} = 1,05 (5,15 + 20,65) + (21 - 19) + 43 + 3 + 2,5 = 77,59 \text{ м.}$$

Следовательно, пожарный насос должен обладать следующими рабочими параметрами:

подачей  $Q_{\text{пож}} = 48,43 \text{ л/с}$ ;

напором  $H_{\text{пож}} = 77,59 \text{ м.}$

По каталогу (см. табл. 38) выбираем марку насосов, результаты расчетов сводим в табл. 52

Т а б л и ц а 52. Результаты расчета насосной станции

Вид насоса	Расчетные рабочие параметры		Рабочие параметры насоса		Марка насоса	Количество	
	Q, л/с	H, м	Q, л/с	H, м		основных	резервных
Хозяйственно-производственный	30	39,02	17,5—32,5	60—44,5	4К-8	1	2
	5,5	39,02	7—18	46,2—30	ЗК-6а	1	1
Пожарный	48,43	77,59	57—92	80—64	6НДС	1	1