

Противопожарное водоснабжение

Кафедра «Безопасность жизнедеятельности»

Лекционный курс

Авторы

Абросимов Ю.Г.

Жучков В.В.

Рамазанов Р.Н.

Мереняшев В.Е.

Аннотация

Лекционный курс предназначен для студентов специальностей 280705 и 280104 «Пожарная безопасность»

Авторы

Абросимов Юрий Григорьевич, д.т.н., проф.

Жучков Виталий Вячеславович, к.т.н., доцент

Рамазанов Рамиль Набиуллинович, доцент

Мереняшев Виталий Евгеньевич, к.в.н., доцент

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	6
ЛЕКЦИЯ № 1, 2	7
ТЕМА 1: Основы теории насосов	7
1. Краткие сведения о насосах и их классификация	7
2. Насосная установка	10
3. Рабочие параметры насосов.....	11
3.3. Явление кавитации и высота всасывания насоса	18
4. Принцип действия и классификация центробежного насоса.....	22
5. Рабочие характеристики центробежных насосов.	23
6. Работа насоса на сеть. Рабочая точка.	28
7. Регулирование работы насоса.	31
8. Параллельная работа насосов.	34
9. Последовательная работа насосов	38
ЛЕКЦИЯ № 3, 4	41
ТЕМА 2: Насосно - рукавные системы (подача воды к месту пожара)	41
1. Насосно-рукавные системы и их виды.	41
2. Расчет насосно-рукавных систем с ручными стволами.	43
3. Последовательная работа насосов.	47
4. Параллельная работа насосов (подача воды на лафетные стволы).....	51
5. Подача воды на тушение пожара при помощи гидроэлеваторных систем.....	54
ЛЕКЦИЯ № 5, 6	57
ТЕМА 4: Противопожарное водоснабжение городов, промышленных предприятий, сельских населённых пунктов. Безводопроводное противопожарное водоснабжение	57
1. Классификация систем водоснабжения.	57
2. Схемы водоснабжения городов.	59
3. Особенности схем противопожарного водоснабжения промышленных предприятий.	65

Противопожарное водоснабжение

4. Схемы противопожарного водоснабжения малых населенных мест.....	70
ЛЕКЦИЯ № 7, 8.....	74
ТЕМА 4: Расходы и напоры воды в противопожарных водопроводах.	
Гидравлический расчёт водоводов, сетей, головных сооружений водопровода.....	74
1. Основные категории водопотребителей.	74
2. Расход воды для целей пожаротушения.....	74
3. Обоснование нормативных расходов воды для целей пожаротушения.....	80
4. Расходы воды на хозяйственно-питьевые, производственные и другие нужды.	81
5. Режим водопотребления.	83
6. Противопожарные водопроводы низкого и высокого давления. свободные напоры.	87
7. Гидравлический расчет водопроводной сети.	88
8. Напорно-регулирующие емкости.	92
ЛЕКЦИЯ № 9, 10.....	101
ТЕМА 5: Обеспечение надёжности подачи воды на пожаротушение.....	101
1. Обеспечение надёжности работы водоводов.	101
2. Устройство и обеспечение надёжности работы водопроводной сети.	107
3. Пожарные гидранты и колонки.....	116
4. Размещение пожарных гидрантов на водопроводных сетях.....	121
5. Обеспечение надёжности работы насосных станций.	123
ЛЕКЦИЯ № 11, 12.....	133
ТЕМА 6: Внутренний противопожарный водопровод.....	133
1. Классификация и основные элементы внутреннего водопровода.....	133
2. Схемы внутренних водопроводов.....	135
3. Расходы воды на хозяйственные и производственные нужды.....	140
4. Напоры и пожарные расходы воды для внутренних водопроводов.....	141
5. Пожарные шкафы, классификация и основные параметры.	143
6. Насосные станции и водонапорные баки.	146

Противопожарное водоснабжение

7. Трассировка внутренних противопожарных водопроводов.	148
8. Гидравлический расчет внутренних водопроводов.	151
ЛЕКЦИЯ № 13, 14	157
ТЕМА 7: Специальные наружные противопожарные водопроводы высокого давления	157
1. Область применения и устройство противопожарных водопроводов высокого давления.	157
2. Расход воды на пожаротушение.	162
3. Гидравлический расчет водопроводов с лафетными стволами и систем орошения.	165
4. Противопожарные водопроводы с пенными установками пожаротушения...	171
ЛЕКЦИЯ № 15	173
ТЕМА 8: Специальные внутренние противопожарные водопроводы	173
1. Противопожарные водопроводы зданий повышенной этажности.....	173
2. Противопожарное водоснабжение театров.	188
ЛЕКЦИЯ № 16, 17	191
ТЕМА 9: Обследование систем противопожарного водоснабжения	191
1. Методика обследования наружных противопожарных водопроводов.	191
2. Методика обследования внутренних противопожарных водопроводов.	193
3. Аналитическое определение водоотдачи.	194
4. Практическое определение водоотдачи внутренних водопроводов.	198
5. Практическое определение водоотдачи наружных водопроводов.	201
6. Причины снижения водоотдачи и способы улучшения противопожарного водоснабжения.	210

Введение.

Для борьбы с неконтролируемым процессом горения, сопровождающимся уничтожением материальных ценностей и создающим опасность для жизни людей – пожаром, человечество издавна использовало воду. Поэтому вопросы противопожарного водоснабжения всегда были в центре внимания при борьбе с этой грозной стихией.

История водоснабжения насчитывает несколько тысячелетий. За предшествующие 4000 лет до н. э. на территории Малой Азии, в Месопотамии (междуречье Тигра и Евфрата), были построены многочисленные гидротехнические сооружения: каналы, плотины, водопроводные и оросительные системы. В этот период в Египте строили весьма глубокие колодцы для получения подземных вод. Использовались механизмы для подъёма воды, гончарные, деревянные, медные и свинцовые трубы для передачи воды на расстояния. Древнегреческий конструктор и изобретатель Ктесибий (жил около 2 – 1 века до новой эры) изготовил насос, который применялся при тушении пожаров. В пожарном насосе имелось два цилиндра. При подъёме поршня в одном из них в другом цилиндре поршень опускался, и подача воды происходила достаточно равномерно. В пожарном насосе Ктесибия имелся специальный резервуар, в котором давление воздуха доводилось до величины достаточной для работы пожарных стволов. Такие насосы применялись при тушении пожаров в течение двух тысяч лет.

В Москве часто происходили пожары. Для тушения пожаров изготавливались пожарные насосы (помпы), или как тогда их называли, водолейные (или заливные) трубы. Если в начале XVII века их изготавливали отдельные мастера, то в конце XVII века в с. Коломенском была создана фабрика, выпускавшая водолейные медные трубы для дворцового комплекса.

Развитию водоснабжению способствовало развитие насосостроения. В 1754 г. действительный член академии наук Л. Эйлер разработал основы теории центробежных машин, позволивший проектировать и строить центробежные машины с высоким коэффициентом полезного действия. Однако практическое использование машин до начала XX века задерживалось ввиду отсутствия быстроходного приводного двигателя. В последней четверти XVIII века в России появляются, а в начале XIX века начинается систематическое производство паровых машин и распространение с их приводом поршневых насосов в водопроводном деле. Появление электродвигателя и паровой турбины дало резкий толчок широкому применению центробежных насосов в начале XX века и развитию водоснабжения, в том числе и противопожарного. Н.Е. Жуковский и

С. А. Чаплыгин, создав основы теории лопастей рабочих колес и направляющих аппаратов, значительно расширили и углубили теорию центробежных машин. Последующие работы И. И. Кукалевского, И. Н. Вознесенского, И. Г. Есьмана, Г. Ф. Проскуры, С. С. Руднева позволили значительно усовершенствовать центробежные насосы.

ЛЕКЦИЯ № 1, 2

ТЕМА 1: Основы теории насосов

1. Краткие сведения о насосах и их классификация

Насосами называются гидравлические машины, предназначенные для перемещения жидкостей и сообщения им механической энергии.

Насосы являются одной из самых распространенных разновидностей гидравлических машин. Они применяются для наружного водоснабжения (в том числе и противопожарного) населенных пунктов и предприятий, внутреннего водоснабжения жилых, общественных и производственных зданий, для подачи воды на пожаротушение автономными, мотопомпами, для подачи воды и огнетушащих составов в установках пожаротушения, в системах смазки, топливоподачи и гидропривода пожарных автомобилей и для многих других целей. Насосы подразделяются на две основные группы: *объемные* и *динамические*. *Объемными* называются насосы, в которых жидкость перемещается путем периодического изменения объема камеры, попеременно сообщаемой со входом и выходом насоса. *Динамическими* называются насосы, в которых под воздействием гидродинамических сил перемещается с камерой (незамкнутом объеме) жидкость, постоянно сообщаемой со входом и выходом насоса. К ним относятся *струйные* и *лопастные* насосы.

Весьма наглядной является классификация насосов по принципу действия, вне зависимости от вида перемещаемой жидкости (рис. 1).

Действие объемных насосов основано на изменении потенциальной энергии перемещаемой жидкости, а струйных и лопастных - на изменении кинетической энергии.



Рис. 1. Классификация насосов

Насосы классифицируются не только по принципу действия, но и по конструктивному исполнению, назначению, отраслевому применению, величине подачи и напора и т.д.

Противопожарное водоснабжение

Рассмотрим основные схемы насосов.

Поршневой насос (рис. 2) в простейшем виде представляет собой расположенный в цилиндрическом кожухе поршень, при движении которого в одну сторону жидкость через всасывающий клапан поступает в рабочую камеру, а при движении в другую сжимается и затем выталкивается через нагнетательный клапан.

Положительными качествами поршневых насосов являются: высокий КПД, возможность получения больших давлений, независимость подачи от создаваемого давления, запуск без предварительной заливки всасывающих линий (самовсасывающие). Недостатками - громоздкость и затруднительность непосредственного соединения с электродвигателем, наличие клапанов, неравномерность подачи, вызывающая вибрацию, сложность регулировки. Скорость поршня таких насосов ограничена действием инерционных сил.

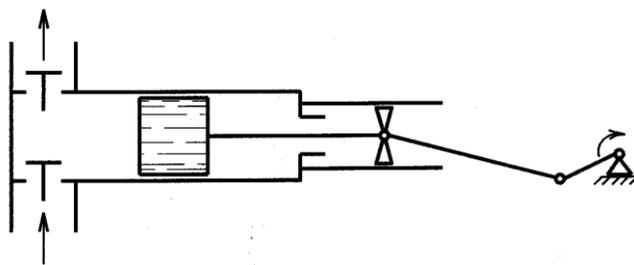


Рис. 2. Поршневой насос.

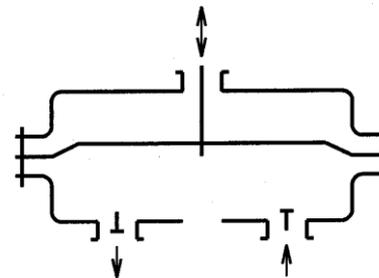


Рис. 3. Мембранный насос

К насосам возвратно-поступательного действия, кроме поршневых относятся также *мембранные (диафрагменные) насосы* (рис. 3), которые нашли распространение в системах топливоподачи автомобилей (в том числе и пожарных).

К *роторным насосам* относятся пластинчатые, зубчатые (шестеренные), винтовые, червячные и др. Они представляют собой объемные насосы с вращающимся ротором без всасывающих и напорных клапанов и вследствие отсутствия возвратно-поступательного движения их можно непосредственно соединять с высокооборотными электродвигателями.

Типичным представителем роторных насосов является пластинчатый насос (рис. 4).

В простейшем виде он представляет собой эксцентрично расположенный в цилиндрическом корпусе 2 ротор 1, в пазах которого находятся пластины 3, отжимаемые от центра к периферии действием центробежной силы. При вращении цилиндра 1 пластины 3 производят всасывание жидкости через приемный патрубок 4, сжатие ее и нагнетание через напорный патрубок 5. Насос является реверсивным: при изменении направления вращения его вала изменяется направление движения жидкости в трубопроводах, присоединенных к насосу.

Противопожарное водоснабжение

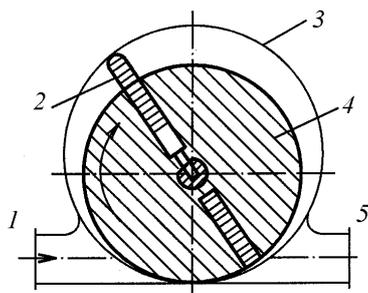


Рис. 4. Пластинчатый насос роторного типа

Зубчатый насос состоит из пары сцепленных между собой шестерен, расположенных в открытом с двух сторон кожухе (рис. 5), с минимальным зазором между зубьями и кожухом. Зубья при вращении захватывают жидкость и переносят её со стороны всасывания в сторону нагнетания. Эти насосы получили распространение в системах смазки при перекачке вязких жидкостей (масел).

Струйные насосы используются в пожарной охране для заполнения всасывающих линий пожарных насосов, для подачи воды на пожар при расположении насоса более 7 м над уровнем воды, для уборки воды из помещений после тушения пожара. В противопожарном водоснабжении наиболее распространены центробежные насосы. В дальнейшем мы подробно рассмотрим устройство и принцип действия центробежных насосов (рис. 12), их классификацию.

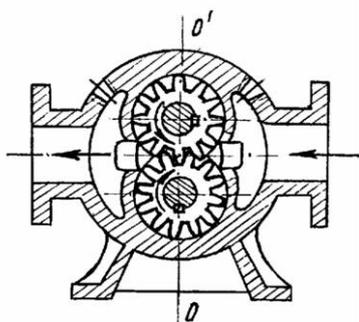


Рис. 5. Зубчатый насос

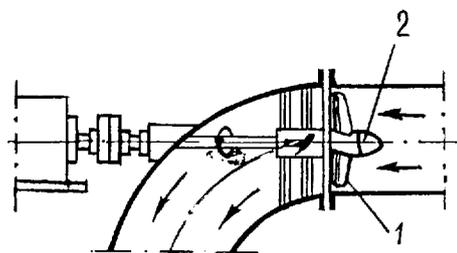


Рис. 6. Осевой насос

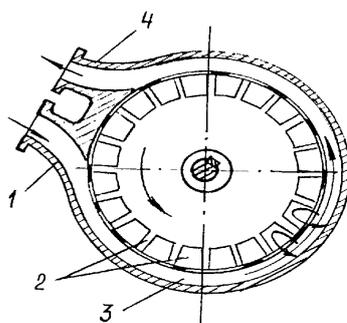


Рис. 7. Вихревой лопастной насос

Противопожарное водоснабжение

Отметим только, что их широкое распространение объясняется высоким КПД, компактностью и сравнительной простотой в конструктивном отношении, ремонтпригодностью и удобством эксплуатации. Их можно непосредственно соединять с электродвигателями, легко регулировать, они имеют плавную, без толчков, подачу.

У *осевых насосов* (рис. 6) лопасти 1 закреплены на втулке 2 под некоторым углом к плоскости, нормальной к оси. При вращении лопасти взаимодействуют с потоком жидкости, сообщая ей энергию и перемещая её вдоль оси насоса.

На рис. 7 дана схема *вихревого насоса*. Жидкость поступает через патрубок 1 на периферию рабочего колеса с лопастями 2 и, получая от них энергию при движении по концентрическому каналу 3, отводится в напорный патрубок 4.

Характерной особенностью вихревого насоса являются подвод и отвод жидкости на периферии рабочего колеса по касательной к нему. Недостаток вихревых насосов - невысокий КПД. Осевые и вихревые насосы обладают реверсивностью, т.е. способностью изменять направление подачи при изменении направления вращения.

2. Насосная установка

На рис. 8 показана схема насосной установки.

Насос 1 забирает воду из водоема 10 и подает в напорный резервуар 11. Всасывающая сетка 2 предотвращает попадание мусора, твердых частиц в насос. При расположении насоса выше уровня воды в водоеме устанавливается всасывающая сетка с обратным клапаном. При выключении насоса обратный клапан перекрывается, удерживая столб воды во всасывающем трубопроводе 3 и насосе. На всасывающем 3 и напорном 6 трубопроводах устанавливаются задвижки 4, позволяющие отключить насос 1 при его замене и ремонте. Для контроля за работой насоса устанавливаются на напорном трубопроводе манометр 7 и на всасывающем – вакуумметр 5. Если насос расположен ниже уровня воды в водоеме или забирает воду из водопроводной сети, то на всасывающей линии устанавливается мановакуумметр. Обратный клапан 8 предотвращает обратный ток жидкости при выключенном насосе и защищает насос от гидравлического удара. На напорном трубопроводе устанавливается расходомер 9, позволяющий определить подачу насоса и вести контроль за использованием воды.

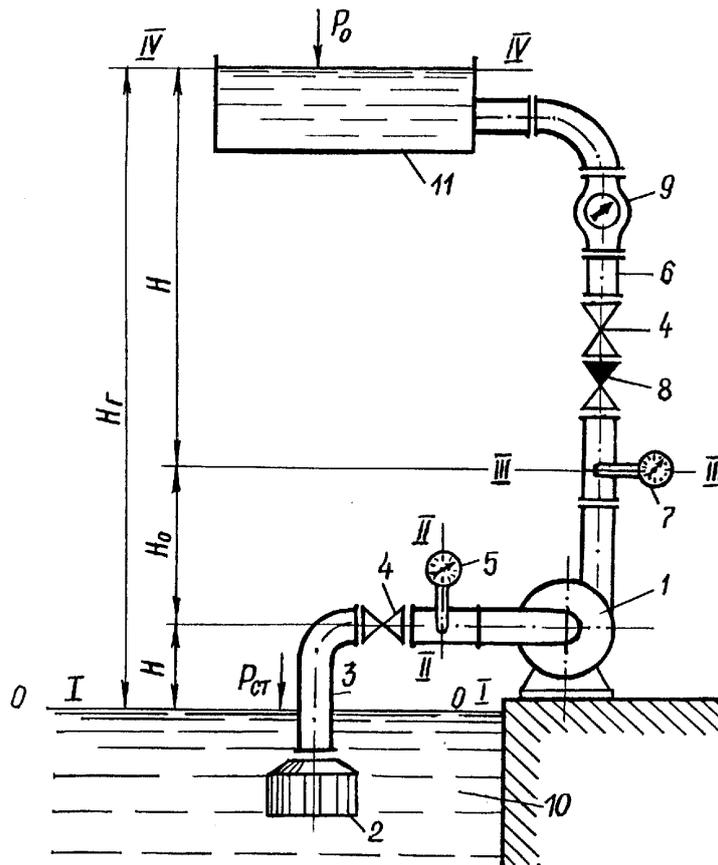


Рис. 8. Схема насосной установки

3. Рабочие параметры насосов

Работа насоса характеризуется следующими параметрами: подачей Q , м³/с (л/с); напором H , м; потребляемой мощностью N , Вт (кВт); полным коэффициентом полезного действия и высотой всасывания $H_{вс}$, м.

3.1. Подача и напор насоса

Подачей насоса называется объем жидкости, перемещаемой насосом за единицу времени. Способы определения - объемный (с использованием тарированной емкости), крыльчатые, турбинные, индукционные расходомеры, дроссельные устройства и т.д.

Напором насоса называется полная удельная энергия, сообщаемая им единице веса перемещаемой жидкости, т.е. напор насоса – это разность полных удельных энергий потока жидкости на выходе и на входе в насос.

Напомним, что удельная энергия - это энергия, отнесенная к единице веса перекачиваемой жидкости. Выберем плоскость сравнения 0-0, совпадающую с

Противопожарное водоснабжение

уровнем воды в водоеме (сечением I-I). Тогда полная удельная энергия потока

жидкости перед насосом (в сечении II-II) будет равна: $E_{II} = H_{вс} + \frac{p_{вс}}{\rho g} + \frac{V_{вс}^2}{2g}$,

где $H_{вс}$ - высота всасывания (высота установки насоса над уровнем воды в водоеме), м; $p_{вс}$ - абсолютное давление во всасывающем трубопроводе перед насосом в месте установки вакуумметра (мановакуумметра) в сечении II-II, Па; $V_{вс}$ - средняя скорость жидкости во всасывающем трубопроводе, м/с; ρ - плотность жидкости, кг/м³; g - ускорение свободного падения, м/с². Полная удельная энергия потока жидкости после насоса в сечении III-III:

$$E_{III} = H_{вс} + H_0 + \frac{p_H}{\rho g} + \frac{V_H^2}{2g},$$

где H_0 - разность высот мест установки манометра и вакуумметра, м; p_H - абсолютное давление в напорном трубопроводе на выходе из насоса в сечении III-III в месте установки манометра, Па; V_H - средняя скорость жидкости в напорном трубопроводе, м/с. В соответствии с определением напор в насосе будет равен:

$$H = E_{III} - E_{II} \quad \text{или} \quad H = H_0 + \frac{p_H - p_{вс}}{\rho g} + \frac{V_H^2 - V_{вс}^2}{2g}. \quad (1)$$

3.1.1. Определение напора насоса по показанию приборов.

Манометр показывает превышение давления над атмосферным:

$$p_{ман} = p_H - p_{ат},$$

а вакуумметр недостаток давления до атмосферного:

$$p_{вак} = p_{ат} - p_{вс}.$$

Абсолютные значения давления связаны с показанием приборов соотношениями:

$$p_H = p_{ман} + p_{атм}; \quad p_{вс} = p_{атм} - p_{вак}.$$

С учетом соотношения (9.1) и выражений для p_H и $p_{вс}$ формула для определения напора работающего насоса по показаниям манометра и вакуумметра имеет вид:

$$H = H_0 + \frac{p_{н.ман} + p_{вак}}{\rho g} + \frac{V_H^2 - V_{вс}^2}{2g}. \quad (2)$$

При заборе воды насосом из водопроводной сети (при подаче воды во внутренний противопожарный водопровод, в автоматические установки пожаротушения, заборе воды пожарными насосами из гидрантов) или при перекачке воды пожарными насосами во всасывающем патрубке перед насосом

Противопожарное водоснабжение

может быть избыточное давление, а не вакуум. Тогда абсолютное значение давления во всасывающем трубопроводе перед насосом связано с показанием манометра или мановакуумметра соотношением:

$$p_{\text{вс}} = p_{\text{вс.ман}} + p_{\text{атм}}.$$

Подставляя значения $p_{\text{вс}}$ и $p_{\text{атм}} = p_{\text{н.ман}} + p_{\text{атм}}$ в уравнение (1), получаем формулу (3) для определения напора насоса по показаниям манометра на всасывающем и напорном патрубке:

$$H = H_0 + \frac{p_{\text{н.ман}} - p_{\text{вс.ман}}}{\rho g} + \frac{V_{\text{н}}^2 - V_{\text{вс}}^2}{2g}. \quad (3)$$

Уравнения (2) и (3) используют для определения напора при испытании насоса и при проведении пожарно-технического обследования насосных станций.

Если манометр и вакуумметр находятся на одной высоте $H_0 = 0$, диаметры всасывающего и напорного патрубков одинаковы $V_{\text{н}} = V_{\text{вс}}$, то

$$H = \frac{p_{\text{ман}} + p_{\text{вак}}}{\rho g} \text{ или } H = \frac{p_{\text{н.ман}} - p_{\text{вс.ман}}}{\rho g}. \quad (4)$$

При атмосферном давлении на входе в насос $p_{\text{вак}} = 0$ ($p_{\text{вс.ман}} = 0$), формула для определения напора насоса имеет самый простой вид:

$$H = \frac{p_{\text{ман}}}{\rho g} \quad (5)$$

и определить напор насоса только по показанию манометра можно в единственном случае, когда давление на входе атмосферное, диаметры всасывающего и напорного патрубков равны и приборы находятся на одном уровне. Следует отметить, что обычно первый и третий члены в правой части уравнения (3) малы, и в большинстве случаев с достаточной для практики точностью напор насоса может быть определен по формулам (4).

3.1.2. Определение напора насоса расчетом по элементам насосной установки.

При экспертизе проектов насосных станций систем противопожарного водоснабжения требуется установить правильность определения требуемых подачи и напора насосов и подбора их марок, т.е. определить напор пожарного насоса расчетом по элементам насосной установки. Для вывода требуемой формулы воспользуемся уравнением Бернулли, которое запишем для сечений I-I и II-II, III-III и IV-IV (см. рис. 8).

Противопожарное водоснабжение

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_{1-2}; \quad (6)$$

$$z_3 + \frac{p_3}{\rho g} + \frac{\alpha_3 V_3^2}{2g} = z_4 + \frac{p_4}{\rho g} + \frac{\alpha_4 V_4^2}{2g} + h_{3-4}.$$

Так как движение жидкости перед насосом и после него, как правило, турбулентное, то α_1 и α_2 можно положить равными единице. Выберем плоскость сравнения – поверхность воды в водоеме. Тогда значение величин, входящих в уравнения:

$z_1 = 0$; $z_2 = H_{\text{вс}}$; $z_3 = H_{\text{вс}} + H_0$; $z_4 = H_{\text{вс}} + H_0 + H_{\text{н}} = H_{\text{г}}$ -геометрическая высота подъема жидкости (см. рис. 9.8).

$p_1 = p_{\text{атм}}$; $p_2 = p_{\text{вс}}$; $p_3 = p_{\text{н}}$; $p_4 = p_0$; $V_1 = 0$; $V_2 = V_{\text{вс}}$; $\alpha_2 = 1$; $V_3 = V_{\text{н}}$; $\alpha_3 = 1$; $V_4 = 0$; $h_{1-2} = h_{\text{вс}}$; $h_{3-4} = h_{\text{н}}$ - потери напора во всасывающем и напорном трубопроводах (водоводах, сети до мест использования воды). Подставляя значения указанных выше величин в уравнение (6), получаем:

$$\frac{p_{\text{вс}}}{\rho g} = \frac{p_{\text{атм}}}{\rho g} - H_{\text{вс}} - \frac{V_{\text{вс}}^2}{2g} - h_{\text{вс}}; \quad (7)$$

$$\frac{p_{\text{н}}}{\rho g} = \frac{p_0}{\rho g} + H_{\text{н}} - \frac{V_{\text{н}}^2}{2g} - h_{\text{н}}.$$

В формуле (1) вместо $\frac{p_{\text{н}}}{\rho g}$ и $\frac{p_{\text{вс}}}{\rho g}$ подставим их значения (7).

$$H = \frac{p_0}{\rho g} - \frac{p_{\text{атм}}}{\rho g} + H_0 + H_{\text{вс}} + H_{\text{н}} + h_{\text{вс}} + h_{\text{н}}, \quad (8)$$

где $\frac{p_0 - p_{\text{атм}}}{\rho g} = \frac{p_{\text{изб}}}{\rho g} = H_{\text{св}}$ - свободный напор, необходимый, например, для работы хозяйственных водоразборных приборов, пожарных кранов, для подачи воды в гидропневмобаки, для работы пожарных стволов и т.д.

Если водонапорный бак открытый, то $H_{\text{св}} = 0$ ($p_0 = p_{\text{атм}}$; $p_{\text{изб}} = 0$).

$H_0 + H_{\text{вс}} + H_{\text{н}} = H_{\text{г}}$ - высота подъема жидкости от уровня воды в резервуаре или водоеме.

С учетом приведенных соотношений формула для определения напора насоса (8) примет вид:

$$H = H_{\text{г}} + H_{\text{св}} + h_{\text{вс}} + h_{\text{н}}. \quad (9)$$

Противопожарное водоснабжение

Таким образом, напор, создаваемый насосом (9), расходуется на подъем жидкости на высоту H_r , преодоление сопротивлений во всасывающем и напорном трубопроводах ($h_{вс}$, h_n) и на создание свободного напора $H_{св}$. Выражение (9) используется для определения требуемого напора насоса.

3.2. Мощность насоса. Баланс энергии и КПД насоса.

Напор насоса H равен полной энергии, сообщаемой им каждой единице веса перекачиваемой жидкости. За единицу времени из насоса в напорный трубопровод поступает жидкость весом $Q \cdot g$. Следовательно, энергия, передаваемая насосом жидкости за единицу времени, или полезная (эффективная) мощность насоса равна:

$$N_e = Q \rho g H, \tag{10}$$

где Q - подача насоса, м³/с; ρ - плотность жидкости, кг/м³; g - ускорение свободного падения, м/с²; H - напор насоса, м; N_e - полезная (эффективная) мощность, Вт.

Потребляемая насосом мощность N (мощность на валу насоса) больше полезной мощности N_e на величину потерь в насосе. Эти потери мощности оцениваются полным коэффициентом полезного действия η насоса, который равен отношению полезной мощности насоса к потребляемой им мощности:

$$\eta = \frac{N_e}{N}. \tag{11}$$

Отсюда потребляемая насосом мощность

$$N = \frac{\rho g Q H}{\eta}. \tag{12}$$

Рассмотрим баланс энергии в насосе (рис. 9). К насосу подводится мощность N . Часть этой мощности теряется (превращается в тепло). Потери мощности в насосе делятся на *механические*, *гидравлические* и *объемные*.

Механические потери - потери на трение в подшипниках, сальниках, уплотняющих колец, цилиндров поршневых насосов о стенки, потери на трение наружной поверхности рабочих колес лопастных насосов о жидкость (дисковое трение) и т.д. Мощность, остающаяся за вычитом механических потерь, передается жидкости. Принято называть эту мощность *гидравлической* (N_r). Величина механических потерь оценивается механическим КПД:

$$\eta_{мех} = \frac{N_r}{N}. \tag{13}$$

Противопожарное водоснабжение

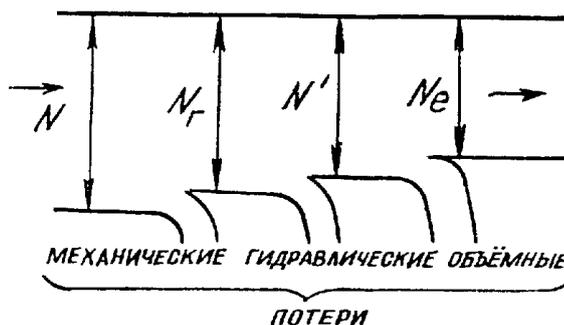


Рис. 9. Энергетический баланс в насосе

Механический КПД характеризует качество изготовления и рациональность конструкции подшипников, сальников и других узлов, где происходит трение деталей.

Гидравлические потери. Энергия, передаваемая рабочим органам насоса единице веса жидкости, называется *теоретическим напором* H_T . Он больше напора H насоса на величину гидравлических потерь h при течении жидкости в рабочих органах насоса:

$$H_T = H + h. \quad (14)$$

Через рабочий орган насоса в единицу времени протекает жидкость объемом Q_k , имеющая вес $Q_k g$. Следовательно, гидравлическая мощность насоса, т.е. мощность, сообщаемая жидкости рабочим органом:

$$N_r = \rho g Q_k H_T. \quad (15)$$

С учетом потерь напора при движении жидкости в насосе мощность (N'), полученная жидкостью объемом Q_k , будет равна:

$$N' = \rho g Q_k H \quad (16)$$

и тогда гидравлический КПД насоса определится из соотношения:

$$\eta_r = \frac{N'}{N_r} \quad (17)$$

$$\text{или с учетом соотношений (14) - (17): } \eta_r = \frac{H}{H_T} = \frac{H}{H + h}. \quad (18)$$

Гидравлический КПД характеризует правильность проектирования и качество изготовления насоса, в частности правильность выбора формы и количества лопастей рабочего колеса центробежного насоса, правильность выбора формы и размеров подводящей и отводящей камер и патрубков, качество изготовления лопастей и патрубков и т.д.

Противопожарное водоснабжение

Объемные потери. Жидкость, выходящая из рабочего органа насоса объемом Q_k , в основном поступает в напорный патрубок насоса Q , но некоторая часть её возвращается в подвод через зазоры в уплотнении между рабочим колесом и корпусом насоса (рис. 10).

Энергия жидкости, возвращающейся в подвод, теряется. Эти потери называются *объемными*. Утечки обусловлены тем, что давление на выходе из рабочего колеса больше, чем в подводе. Утечки тем больше, чем больше зазор в уплотнении между рабочим колесом и корпусом насоса, поэтому зазоры стараются делать минимальными.

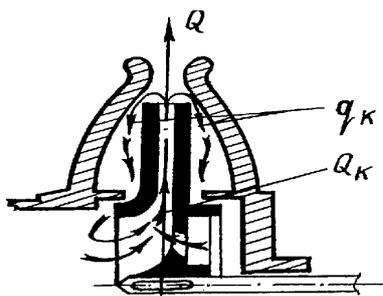


Рис. 10. Объемные потери в уплотнениях рабочего колеса.

Кроме того, могут быть утечки через сальники насоса, но они обычно малы. Объемные потери оцениваются объемным КПД, равным отношению полезной мощности N_e к мощности N' , полученной жидкостью Q_k :

$$\eta_0 = \frac{N_e}{N'} \quad (19)$$

Так как $Q_k = Q + q$ и с учетом формул (10) и (16),

$$\eta_0 = \frac{Q}{Q + q_k} \quad (20)$$

Объемный КПД насоса представляет отношение количества жидкости, подаваемой в напорный трубопровод, к количеству жидкости, протекающей через рабочее колесо, т.е. объемный КПД характеризует качество уплотнений и условия работы насоса.

Как было показано ранее (11), полный КПД насоса равен:

$$\eta = \frac{N_e}{N} = \frac{N_r}{N'} \frac{N'}{N_r} \frac{N_e}{N'} = \eta_{\text{мех}} \eta_r \eta_0 \quad (21)$$

Противопожарное водоснабжение

т.е. полный КПД насоса равен произведению механического, гидравлического и объемного КПД и характеризует совершенство конструкции и качество изготовления насоса. Диапазон численных значений КПД лопастных насосов приведен в табл. 1.

Таблица 1

Лопастные насосы	$\eta_{\text{мех}}$	$\eta_{\text{г}}$	$\eta_{\text{о}}$	η
Насос большой подачи	0,95-0,97	0,95	0,95-0,98	0,85-0,9
Насос низконапорный малой подачи	0,90-0,95	0,85-0,9	0,9-0,95	0,68-0,81
Насос высоконапорный малой подачи	0,9	0,80-0,85	0,85-0,9	0,61-0,69

3.3. Явление кавитации и высота всасывания насоса

Нарушение сплошности потока жидкости, обусловленное появлением в ней пузырьков или полостей, заполненных паром, называется *кавитацией*. Кавитация возникает в насосе при снижении давления до давления насыщенных паров $p_{\text{н.п}}$ перекачиваемой жидкости. В лопастном насосе кавитация возникает обычно вблизи входной кромки лопасти рабочего колеса. Давление здесь значительно ниже давления во всасывающем патрубке насоса из-за местного возрастания скорости при натекании на лопасть и из-за гидравлических потерь в подводе. Кавитация может возникнуть в насосе при больших геометрических высотах всасывания, при высокой температуре перекачиваемой жидкости, при большом сопротивлении всасывающей линии насоса (забита всасывающая сетка, большая длина и малый диаметр подводящего трубопровода и т.д.). Кавитацию сопровождают следующие основные явления.

1. Конденсация пузырьков пара, которые увлекаются потоком жидкости в область повышенного давления.

2. Эрозия материала стенок межлопастного канала в рабочем колесе насоса.

При конденсации пузырьков пара давление внутри пузырька остается постоянным и равным $p_{\text{н.п}}$, давление же в потоке жидкости повышается по мере продвижения пузырька к выходу из межлопастного канала рабочего колеса. Частицы жидкости, окружающие пузырек, находятся под действием все возрастающей разности давления жидкости и давления внутри пузырька и движутся к его центру ускоренно. При полной конденсации пузырька происходит столкновение частиц жидкости, сопровождающееся мгновенным местным повышением давления, достигающего тысяч атмосфер. Это приводит к выщербливанию материала стенок каналов. Описанный процесс разрушения

Противопожарное водоснабжение

стенок каналов называется *эрозией* и является наиболее опасным следствием кавитации.

3. Звуковые явления (шум, треск, удары) и вибрация насоса, являющиеся следствием конденсации пузырьков пара, приводящей к мгновенным местным повышениям давления и ударам жидкости о стенки каналов.

4. В лопастных насосах кавитация сопровождается падением подачи, напора, мощности КПД.

Уравнение Бернулли, записанное для сечений I-I и II-II (см. рис. 8), в таком виде:

$$\frac{p_{\text{вс}}}{\rho g} = \frac{p_{\text{атм}}}{\rho g} - H_{\text{вс}} - \frac{V_{\text{вс}}^2}{2g} - h_{\text{вс}}.$$

Так как $\frac{p_{\text{атм}} - p_{\text{вс}}}{\rho g} = \frac{p_{\text{вак}}}{\rho g} = H_{\text{вак}}$, то $H_{\text{вак}} = H_{\text{вс}} + \frac{V_{\text{вс}}^2}{2g} + h_{\text{вс}}$,

(22)

где $H_{\text{вак}}$ - вакуумметрическая высота всасывания, которая характеризует разрежение, возникающее у входа в насос; $H_{\text{вс}}$ - геометрическая высота всасывания, которая определяет высоту установки насоса над уровнем жидкости. Допустимая вакуумметрическая высота всасывания $H_{\text{вак}}$ дается в каталоге или паспорте насоса. Она зависит от вида перекачиваемой жидкости, её температуры (т.е. $\rho_{\text{н.п}}$), атмосферного давления, конструктивных особенностей насоса и др. Обычно допустимая вакуумметрическая высота всасывания указывается при атмосферном давлении 10^5 Па и температуре жидкости 20 °С. Если давление отличается от атмосферного, то $H_{\text{вак}}$ должна быть изменена по сравнению с данными каталога (паспорта) на величину отклонения давления от атмосферного (от 10 м вод. ст.). Допустимая геометрическая высота $H_{\text{вс}}$ всасывания (22) меньше вакуумметрической на величину скоростного напора во всасывающем патрубке и на величину потерь напора во всасывающей линии (потери в сетке с обратным клапаном, задвижке, линейные потери в трубопроводах, повороты, соединения и т.д.). Давление у входа в насос (7), (22) и, следовательно, в рабочем колесе насоса тем меньше, чем больше высота всасывания, гидравлическое сопротивление всасывающей линии и чем меньше давление в приемном резервуаре или чем ниже атмосферное давление. При снижении давления до давления насыщенных паров $\rho_{\text{н.п}}$ перекачиваемой жидкости в насосе возникает кавитация, которая и ограничивает допустимую высоту всасывания. *Кавитационным запасом* $\square h$ называется превышение полного напора жидкости во всасывающем патрубке насоса над $\frac{p_{\text{н.п}}}{\rho g}$, т.е. напором соответствующим давлению насыщения

Противопожарное водоснабжение

$$\Delta h = \frac{P_{\text{вс}}}{\rho g} + \frac{V_{\text{вс}}^2}{2g} - \frac{P_{\text{н.п.}}}{\rho g}. \quad (23)$$

Если весь кавитационный запас преобразуется в кинетическую энергию жидкости и израсходуется на преодоление гидравлического сопротивления подвода насоса, то давление понизится до $p_{\text{н.п}}$ и возникнет кавитация. Кавитационный запас, при котором происходит кавитация, называется *критическим*. Для определения критического кавитационного запаса производят кавитационные испытания насоса на установке, показанной на рис. 19, в результате которого для каждого режима работы насоса получают кавитационную характеристику (рис. 11).

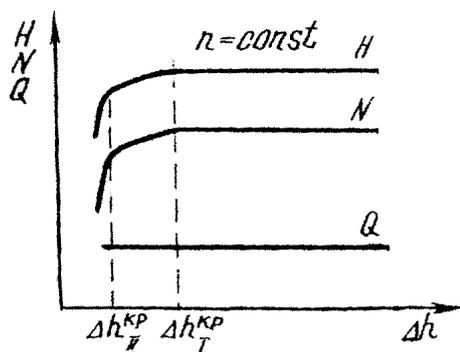


Рис. 11. Кавитационная характеристика работы насосов

Она представляет собой зависимость напора и мощности от кавитационного запаса при постоянной подаче и числе оборотов. При больших кавитационных запасах кавитационные явления отсутствуют и величины напора и мощности от кавитационного запаса не зависят.

Возникновение кавитации приводит к уменьшению напора и мощности насоса. Для того чтобы насос не работал в режиме кавитации, назначают небольшое превышение допустимого кавитационного запаса над критическим

$$\Delta h_{\text{доп}} = \varphi \Delta h_{\text{кр}}, \quad (24)$$

где $\varphi = 1,2 - 1,4$.

Зная допустимый кавитационный запас, можно найти из уравнений (7) и (23) для данной насосной установки допустимую геометрическую высоту всасывания

$$H_{\text{вс}}^{\text{д}} = \frac{P_{\text{атм}} - P_{\text{н.п.}}}{\rho g} - h_{\text{вс}} - \Delta h_{\text{доп}} \quad (25)$$

или
$$H_{\text{вс}}^{\text{д}} = h_{\text{атм}} - h_{\text{н.п.}} - h_{\text{вс}} - \Delta h_{\text{доп}}, \quad (26)$$

где $h_{\text{атм}}$ - напор, соответствующий атмосферному давлению, м ст. перекачиваемой жидкости; $h_{\text{н.п.}}$ - напор, соответствующий давлению насыщенных паров

Противопожарное водоснабжение

перекачиваемой жидкости, м ст. жидкости. При перекачке холодной воды $t < 20\text{ }^\circ\text{C}$
 $h_{\text{атм}} = 10\text{ м}$; $h_{\text{н.п}} \approx 0$

$$H_{\text{вс}}^{\text{д}} = 10 - h_{\text{вс}} - \Delta h_{\text{доп}}. \quad (27)$$

Из уравнения (9.23) допустимая вакуумметрическая высота всасывания

$$H_{\text{вак}}^{\text{д}} = \frac{p_{\text{атм}} - p_{\text{н.п}}}{\rho g} + \frac{V_{\text{вс}}^2}{2g} - \Delta h_{\text{доп}}. \quad (28)$$

При перекачке холодной воды $\frac{p_{\text{атм}} - p_{\text{н.п}}}{\rho g} \approx 10\text{ м вод. ст.}$

Величина $\frac{V_{\text{вс}}^2}{2g}$ обычно много меньше 10 м. С учетом этого допустимая

вакуумметрическая высота всасывания при перекачке холодной воды достаточно точно определится соотношением

$$H_{\text{вак}}^{\text{д}} \approx 10 - \Delta h_{\text{доп}}. \quad (29)$$

Величина $h_{\text{кр}}$ зависит от типа и конструкции насоса и устанавливается экспериментально. Условились за величину $h_{\text{кр}}$ принимать тот кавитационный запас, при котором снижение напора насоса при его кавитационном испытании достигает 2 % номинального, т.е. при отсутствии явления кавитации. На основании обобщения опытных данных С.С. Рудневым получена формула для определения критического кавитационного запаса центробежных насосов:

$$\Delta h_{\text{кр}} = 10 \left(\frac{n\sqrt{Q}}{C_{\text{кр}}} \right)^{4/3}, \quad (30)$$

где $C_{\text{кр}}$ - постоянная, зависящая от конструктивных особенностей насоса и называемая кавитационным коэффициентом быстроходности; Q - подача в $\text{м}^3/\text{с}$ (для рабочих колес двухстороннего входа в формулу (30) следует подставить $Q/2$); n - число оборотов в минуту рабочего колеса; $\Delta h_{\text{кр}}$, м.

Значение $C_{\text{кр}}$ зависит от быстроходности насоса n_s (см. формулу (75) и табл. 2):

Таблица 2

n_s	50-70	71-80	81-150	151-250
$C_{\text{кр}}$	600-750	800	800-1000	1000-1200

Таким образом, критический кавитационный запас может быть определен опытным путем или по формуле (30). С увеличением подачи насоса $\Delta h_{\text{кр}}$ увеличивается (30), а $H_{\text{вак}}^{\text{д}}$ и $H_{\text{вс}}^{\text{д}}$ уменьшаются.

4. Принцип действия и классификация центробежного насоса.

Схема центробежных насосов показана на рис. 12. Внутри корпуса, имеющего спиральную форму, на валу 2 жестко закреплено рабочее колесо 3. Рабочее колесо состоит из заднего и переднего дисков, между которыми установлены лопасти 4, отогнутые от радиального направления в сторону, противоположную направлению вращения рабочего колеса. С помощью патрубков 5 и 6 корпус насоса соединен со всасывающим и напорным трубопроводами. Если при наполненном жидкостью корпусе и всасывающем трубопроводе привести во вращение рабочее колесо, то жидкость, находящаяся в каналах рабочего колеса (между его лопастями), под действием центробежной силы будет отбрасываться от центра колеса к периферии. В результате этого в центральной части колеса создается разрежение, а на периферии - повышенное давление. Под действием этого давления жидкость из насоса поступает в напорный трубопровод, а через всасывающий трубопровод под действием разрежения жидкость одновременно поступает в насос. Для отвода жидкости корпус насоса имеет расширяющийся спиральный канал (в форме улитки), в который поступает жидкость, выбрасываемая из рабочего колеса. Спиральный канал (отвод) переходит в короткий диффузор, образующий напорный патрубок, соединенный обычно с напорным трубопроводом. В процессе обтекания лопастей рабочего колеса и их силового воздействия на поток жидкости происходит преобразование механической энергии двигателя в кинетическую энергию движущейся жидкости. На выходе из рабочего колеса в спиральной камере и диффузоре вследствие увеличения их сечения кинетическая энергия жидкости преобразуется в энергию давления. Поступает жидкость в насос через всасывающий трубопровод, всасывающий патрубок и входное отверстие, сделанное в переднем диске. Задний (ведущий) диск жестко крепится на валу.

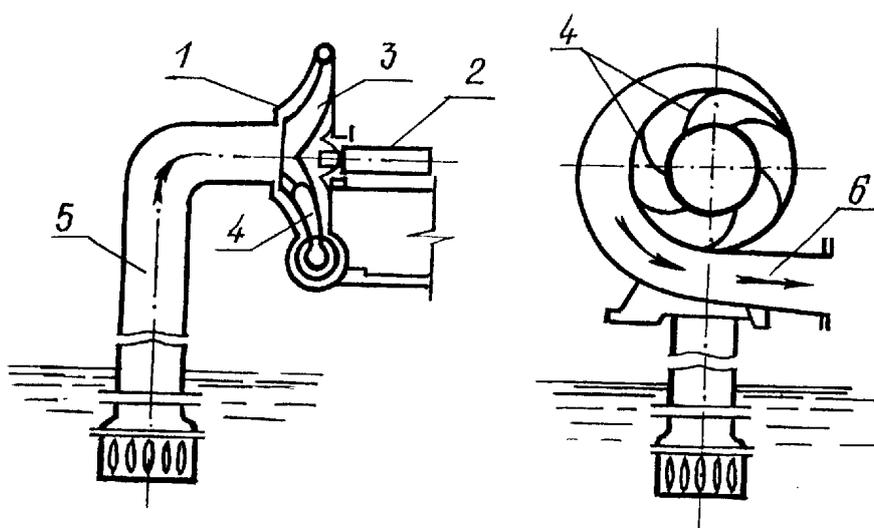


Рис. 12. Лопастные насосы (одноступенчатый насос консольного типа)

Противопожарное водоснабжение

Рабочее колесо у этих насосов закреплено на конце (консоли) вала. Вал не проходит через область всасывания, что дает возможность избежать сложных форм подводов к насосу. В одноступенчатых насосах двухстороннего входа жидкость входит в рабочее колесо с двух сторон двумя потоками через раздвоенный полуспиральный подвод. Лопастей имеются с двух сторон ведущего диска, а в обоих ведомых дисках имеются входные отверстия. На выходе оба потока соединяются и выходят в общий отвод и диффузор. Одноступенчатые насосы имеют ограниченный напор. Для повышения напора применяют многоступенчатые насосы, в которых жидкость проходит последовательно через несколько рабочих колес, закрепленных на одном валу. При этом пропорционально числу колес повышается напор насоса. Центробежные насосы можно классифицировать по следующим основным признакам:

создаваемому напору - низконапорные (до 20 м), средненапорные (20 - 60 м), высоконапорные (свыше 60 м);

числу рабочих колес - на одноступенчатые и многоступенчатые;

способу подвода жидкости к рабочему колесу - с односторонним и двусторонним входом;

способу отвода жидкости из рабочего колеса - с направляющим аппаратом, спиральным или кольцевым отводами;

расположению вала - с горизонтальным и вертикальным валом;

направлению потока на выходе из рабочего колеса - на насосы радиального, диагонального типов и осевые;

назначению - водопроводные, канализационные, специальные.

Кроме того, насосы подразделяются по способу соединения с двигателем, по способу разъема корпуса и по ряду других признаков.

5. Рабочие характеристики центробежных насосов.

Графически изображённые зависимости $H = f_1(Q)$, $N = f_2(Q)$, $\eta = f_3(Q)$ при постоянном числе оборотов называются *рабочими характеристиками насоса*.

Основное уравнение центробежных насосов с радиальным входом жидкости можно представить в виде:

$$H_T = \frac{\rho D_2^2 n^2}{g} - \frac{\rho n c \operatorname{tg} \beta}{b g} Q_K \quad (31)$$

и тогда гидравлическая мощность (15) будет равна:

$$N_T = \rho \frac{\rho D_2^2 n^2}{g} Q_K - \frac{\rho n c \operatorname{tg} \beta}{b} Q_K^2 \quad (32)$$

Противопожарное водоснабжение

На рис. 13 изображены теоретические характеристики центробежных насосов с бесконечным числом лопастей для различных их форм, но с одинаковыми геометрическими размерами и $n = \text{const}$. Устойчивая работа насоса, благоприятные условия работы двигателя, ввиду сравнительно слабо изменяющейся гидравлической мощности, обеспечиваются только для рабочих колёс с лопастями, загнутыми назад ($\beta_2 < 90^\circ$, $\text{ctg}\beta_2 > 0^\circ$).

Действительные рабочие характеристики центробежных насосов отличаются от теоретических тем больше, чем больше подача насоса, ввиду увеличения потерь напора в проточной части насоса и отклонения картины течения от струйной модели.

Изготовленные насосы подвергаются стендовым испытаниям, в задачу которых входит определение действительной зависимости напора, потребляемой мощности, КПД насоса от его подачи, т.е. определение рабочих характеристик насоса.

Принципиальная схема установки для проведения испытаний показана на рис. 14.

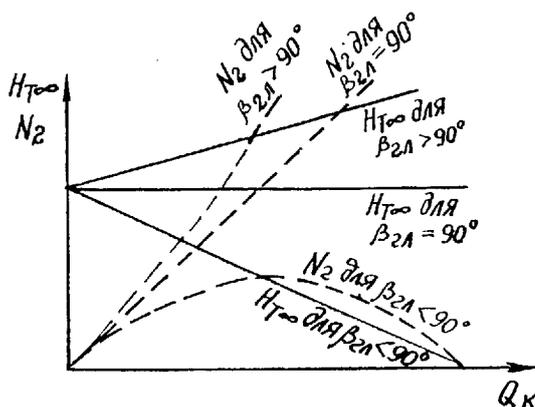


Рис. 13. Теоретические рабочие характеристики центробежных насосов для различных форм лопастей.

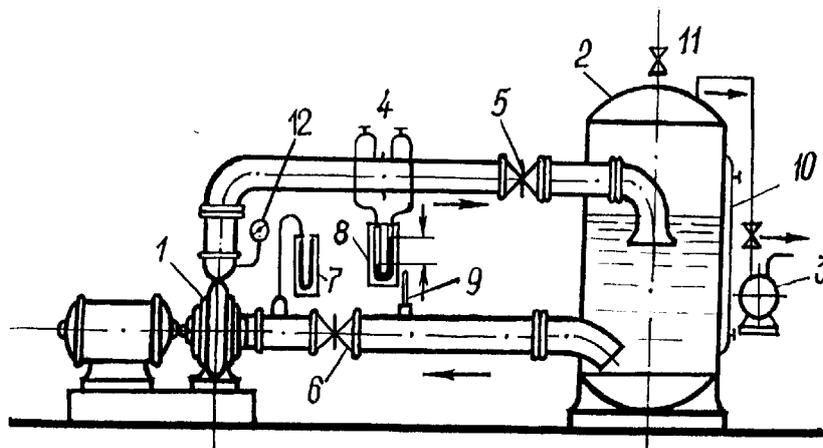


Рис. 14. Схема кавитационной установки.

Противопожарное водоснабжение

Насос 1 подаёт воду через водомерный узел 4, который в случае использования дроссельного устройства снабжён дифференциальным манометром 8, в бак 2 и забирает воду из того же бака. Задвижка 5 служит для регулирования подачи насоса, а 6 - для отключения его при замене. Манометр 12 и вакуумметр (или мановакуумметр) 7 используются для определения напора насоса. Температура воды контролируется термометром 9, а уровень воды в баке по водомерному стеклу 10. Для определения потребляемой мощности можно использовать мотор-весы, позволяющие определить момент на валу насоса и число оборотов (значит, и угловую скорость) вала. Если перекрыть кран 11 для сообщения бака с атмосферой, то, используя вакуум-насос 3 и создавая в баке разрежение, можно получить кавитационные характеристики насоса и зависимости $H_{\text{вак}}^A = f(Q)$ или $H_{\text{вс}}^A = f(Q)$, которые также являются рабочей характеристикой насоса.

Испытания начинаются при полностью закрытой задвижке 5, а затем проводят серию опытов при различной степени открытия задвижки 5, до тех пор, пока она не будет открыта полностью, т.е. насос практически будет работать на излив воды. В результате опытов получают серию значений подачи насоса и после обработки опытных данных по вышеприведённым формулам получают серию значений напора H , мощности N , КПД η , допустимой вакуумметрической высоты всасывания $H_{\text{вак}}^A$.

По полученным данным строят зависимости $H = f_1(Q)$; $N = f_2(Q)$; $\eta = f_3(Q)$ и $H_{\text{вак}}^A = f(Q)$, для $n = \text{const}$. В каталогах и паспортах насосов их обычно представляют как показано на рис. 20, а. Для всех приведённых кривых масштаб по оси абсцисс Q одинаков, а по оси ординат масштаб H , N , η и $H_{\text{вак}}^A$ указан слева и справа от поля графика.

Точка А (см. рис. 15, а) характеристики насоса $Q - \eta$, отвечающая максимальному значению КПД, называется *оптимальной точкой* и насосы должны подбираться так, чтобы они работали в режиме, близком к оптимальной точке.

При закрытой задвижке ($Q = 0$) насос полезной работы не совершает и подводимая к нему мощность затрачивается на механические потери в подшипниках, сальниках и нагревание воды в корпусе насоса. Во избежание перегрева жидкости в насосе допускается кратковременная работа с закрытой задвижкой, но для облегчения пуска следует включать насос при закрытой задвижке. При подборе насосов используют графики полей насосов (рис. 15, б, в), на которых показаны области $Q = H$ всех предусмотренных типоразмеров центробежных консольных насосов (рис. 15, б) и насосов двухстороннего входа (рис. 15, в).

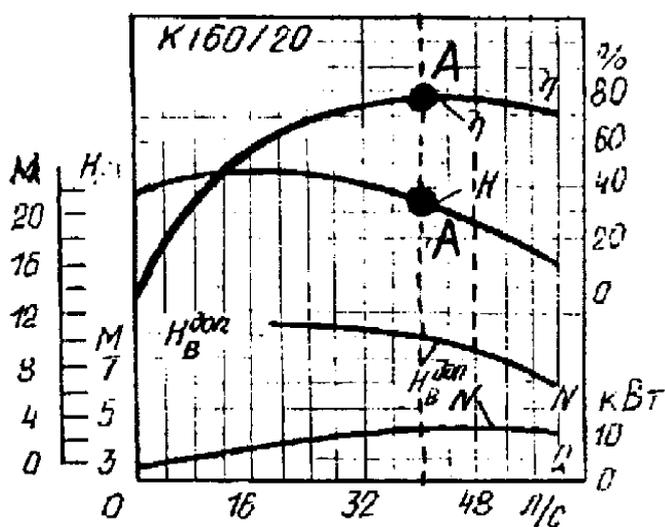
Характеристика $Q = H$ называется *главной рабочей характеристикой насоса*. Формы характеристик центробежных насосов (рис. 16) могут быть пологие 1, крутопадающие 2 и возрастающие (имеющие максимум - 3). Форма характеристики зависит от коэффициента быстроходности, числа лопастей,

Противопожарное водоснабжение

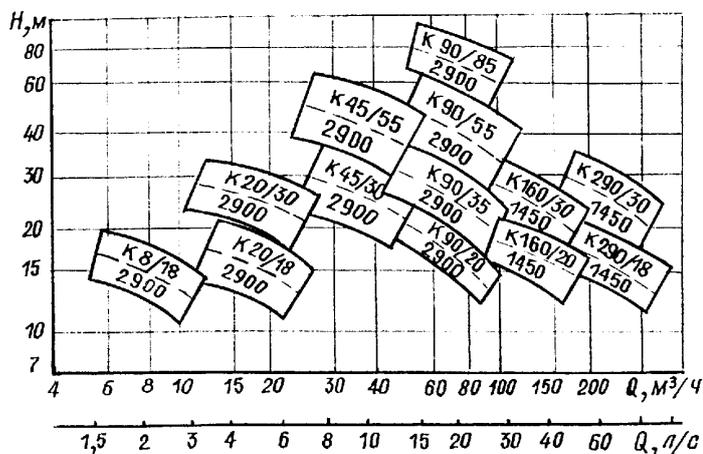
конструктивных особенностей насоса. Насосы с пологими характеристиками 1 (см. рис. 16) используются в тех случаях, когда по условиям работы должна существенно изменяться подача насоса при примерно одинаковом напоре. Такие требования должны обеспечить перевозные пожарные насосы, пожарные и хозяйственные насосы специальных и объединённых противопожарных водопроводов, насосы, подающие воду в установки пожаротушения.

Коэффициент быстроходности таких насосов лежит в пределах $80 < n_s < 200$ (об/мин).

Применение насосов с крутопадающей характеристикой 2 (см. рис. 16) целесообразно в тех случаях, когда желательно иметь малый диапазон колебания расходов при значительных колебаниях напора насосов, например, на насосных станциях первого подъёма при значительном колебании уровня воды в источнике. Крутопадающие характеристики имеют насосы с высоким значением коэффициента быстроходности ($n_s > 200$).

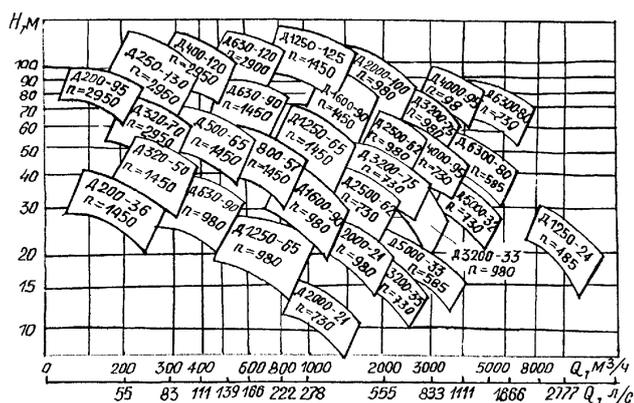


A



B

Противопожарное водоснабжение



С

Рис. 15. Рабочие характеристики насосов:

- а - рабочие характеристики насоса К 160/20;
- б - сводный график полей $Q - H$ центробежных консольных насосов типа К и КМ;
- в - сводный график полей $Q - H$ центробежных насосов входа типа Д

Возрастающие характеристики 3 (см. рис. 16) имеют вначале неустойчивый участок работы АД, так как одному значению напора соответствуют два значения подачи. Работа таких насосов допускается только с расходами, превышающими расход Q_D . Возрастающие характеристики имеют тихоходные центробежные насосы ($n_s < 80$).

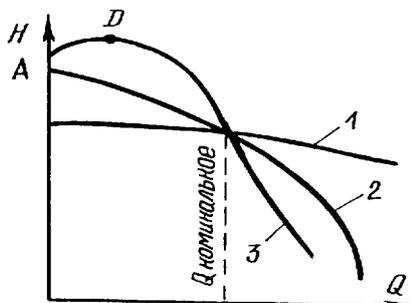


Рис. 16. Форма $Q - H$ характеристик центробежных насосов

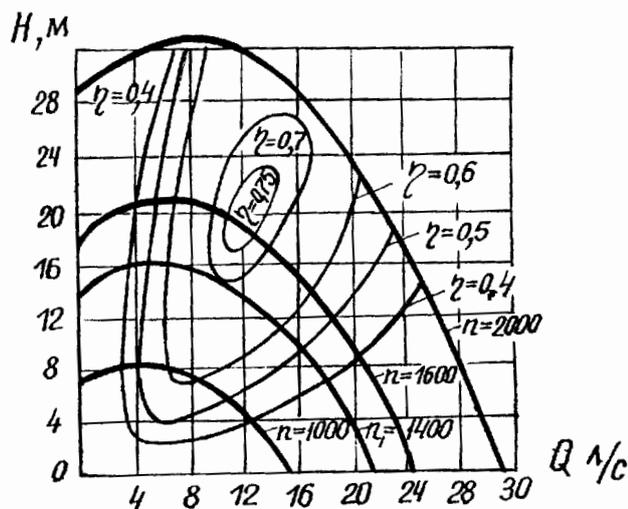


Рис. 17. Универсальная характеристика насоса

Для выбора рабочего режима насоса и соответствующего числа оборотов пользуются универсальными характеристиками (рис. 17), представляющими собой графики зависимостей напора от подачи для различных чисел оборотов.

На поле характеристики наносятся также кривые равных КПД и зависимости мощности от подачи. Для построения универсальных характеристик проводятся испытания насоса при различных числах оборотов и построение серии рабочих характеристик для каждого числа оборотов рабочего колеса. Иногда приводятся безразмерные универсальные характеристики, в которых значения подачи, напора и КПД отнесены к их оптимальным значениям, т.е. к их значениям при максимуме КПД. При расчёте насосно-рукавных систем удобно пользоваться аналитическими характеристиками, которые с точностью вполне приемлемой для практических расчётов можно представить в виде:

$$H = a - bQ^2, \quad (33)$$

где численные значения параметров a и b для главных характеристик $Q-H$ пожарных насосов приведены в задачнике. Более точное аналитическое описание главной характеристики $Q - H$ можно сделать, используя полином с большим числом членов, более высокой степени, но при этом сильно усложняется расчёт насосно-рукавных систем при несущественном повышении его точности.

6. Работа насоса на сеть. Рабочая точка.

Насос и внешняя сеть образуют единую систему, равновесное состояние которой определяется материальным и энергетическим балансом. Материальный баланс выражается условием равенства подачи насоса расходу во внешней сети. Энергетический баланс - равенством напора насоса напору, используемому в сети, который определяется по соотношению (9):

Противопожарное водоснабжение

$$H = H_{\Gamma} + H_{\text{св}} + h_{\text{вс}} + h_{\text{н}}.$$

Как известно из курса гидравлики, потери напора во всасывающем $h_{\text{вс}}$ и напорном $h_{\text{н}}$ трубопроводах могут быть выражены:

$$h = h_{\text{вс}} + h_{\text{н}} = SQ^2, \quad (34)$$

где S - сопротивление системы трубопроводов заданных длин и диаметров; Q - расход воды через трубопроводы.

При работе насоса на конкретную сеть фиксированы не только длина и диаметр трубопроводов, но и высота подъёма H_{Γ} и свободный напор $H_{\text{св}}$, а значит, $A = H_{\Gamma} + H_{\text{св}}$ - величина для данной сети постоянная. Следовательно, напор насоса может быть представлен функцией расхода:

$$H = A + SQ^2. \quad (35)$$

Выражение (35), представляющее уравнение параболы, называется *характеристикой системы трубопроводов (сети)* или *характеристикой насосной установки*. Построим главную рабочую характеристику насоса Q - H и характеристику системы трубопроводов на одном и том же графике в одинаковом масштабе (рис. 18). В силу условий равенства Q и H для насоса и сети напор и подача определяются однозначно точкой A пересечения характеристик насоса и сети, т.е. графически условие материального и энергетического баланса системы выражается точкой A пересечения характеристик насоса и сети (см. рис. 18). Эта точка A называется *рабочей точкой*. Если рабочая точка отвечает оптимальному режиму работы насоса (т.е. максимальному КПД), то насос подобран правильно. На практике выбирают область оптимальной работы насоса, т.е. область изменения подачи, в которой отклонение КПД от максимальных значений не более 5 %. Следует отметить, что для насосов с пологой характеристикой это достаточно широкая область и это ещё одна из причин использования таких насосов в противопожарном водоснабжении. Покажем, что насос не может работать в режиме, отличном от режима, определённого рабочей точкой A . Предположим, что насос работает в режиме B . В этом случае напор, сообщаемый насосом жидкости, равен H_B , а напор, расходуемый при движении жидкости по трубопроводу, равен $H_B' < H_B$. Избыток удельной энергии $H_B - H_B'$ идёт на приращение кинетической энергии жидкости, скорости движения её. Увеличение скорости приведёт к увеличению расхода, который будет расти до тех пор, пока не сравняется с Q_A . Если подача насоса больше Q_A (режим C , рис. 18), то сообщаемый насосом напор H_C меньше требуемого H_C' .

Противопожарное водоснабжение

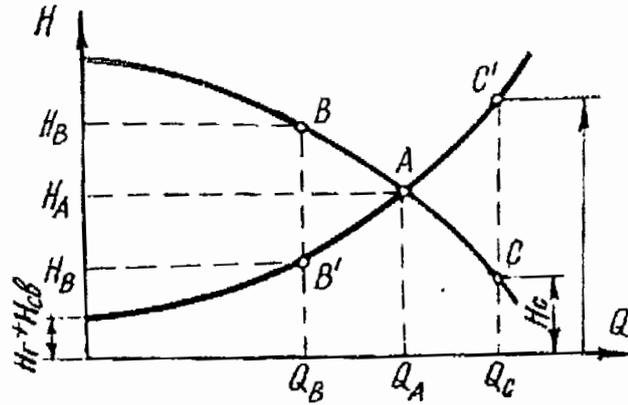


Рис. 18. Определение рабочей точки насоса.

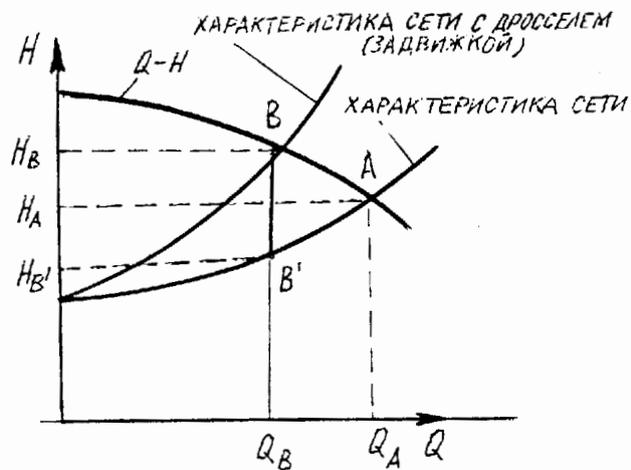


Рис. 19. Дроссельное регулирование работы насоса.

Недостаток сообщаемой жидкости удельной энергии $H_{C'} - H_C$ определит уменьшение скорости движения жидкости и, следовательно, уменьшение расхода Q_A .

Таким образом, для данной системы (сети) и данного насоса существует единственная рабочая точка - точка А.

7. Регулирование работы насоса.

Из рис. 18 следует, что для изменения подачи и напора насоса надо изменить или характеристику системы или характеристику насоса. **Дроссельное регулирование (регулирование задвижкой)**

Предположим, что насос должен иметь подачу не Q_A , соответствующую рабочей точке A пересечения характеристики насоса с характеристикой системы, а Q_B . Пусть $Q_B < Q_A$. Подаче Q_B должна соответствовать точка B характеристики насоса. Если на напорном трубопроводе прикрыть задвижку, то появится дополнительное местное сопротивление и увеличится сопротивление S внешней системы, т.е. сопротивление сети и в соответствии с уравнением (80)

$$H = A + SQ^2$$

характеристика системы пойдёт круче (рис. 19), а подача насоса уменьшится. Задвижку надо прикрывать до тех пор, пока подача насоса не станет равной Q_B , а, следовательно, характеристика системы пересечёт характеристику насоса в точке B . При этом режиме напор насоса H_B складывается из полезно используемого напора H_B' (т.е. напора, затрачиваемого на прокачку воды через трубопроводы, подъём воды и создание требуемых свободных напоров) и потерь напора в задвижке $h_3 = H_B - H_B'$. При этом бесполезно затрачивается мощность

$$N_3 = \frac{\rho g Q_B (H_B - H_B')}{\eta}$$

Таким образом, регулирование работы насоса дросселированием вызывает дополнительные потери энергии и этот способ регулирования не экономичен. Однако, благодаря исключительной простоте, регулирование дросселированием получило большое распространение. Отметим, что при изменении диаметра трубопроводов будет изменяться характеристика системы и положение рабочей точки.

Регулирование путём изменения числа оборотов рабочего колеса насоса

Рабочая характеристика насоса при числе оборотов n_1 представлена на рис. 20. Точка пересечения A характеристики системы и характеристики насоса определит подачу Q_A и напор H_A насоса. Если изменить число оборотов рабочего колеса насоса, то изменится и его характеристика.

Пересчёт характеристики насоса на новое число оборотов n должен выполняться по формулам:

$$Q_2 = Q_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right); \quad (36)$$

Противопожарное водоснабжение

$$H_2 = H_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 ; \tag{37}$$

$$N_2 = N_1 \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3 . \tag{38}$$

Задавшись на характеристике $Q - H$ при числе оборотов n_1 рядом точек и подставив их значения в формулы (36), (37), получим координаты точек Q_2, H_2 новой характеристики насоса при числе оборотов рабочего колеса n_2 .

Нанеся эти точки на график и соединив их плавной кривой, получим рабочую характеристику насоса при числе оборотов n_2 (см. рис. 20). Также строится и кривая мощности. Изменение характеристики насоса обусловит и изменение положения рабочей точки B , а следовательно, подачи Q_B и напора H_B насоса.

Регулирование работы насоса изменением числа оборотов рабочего колеса более экономично, чем регулирование дросселированием. Этот способ используется для регулирования подачи пожарных насосов, установленных на пожарных автомобилях, мотопомп, т.е. там, где для привода используется двигатель внутреннего сгорания. На насосных станциях используются асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, изменение числа оборотов которых весьма сложно, и поэтому этот способ регулирования подачи насосных станций пока не нашёл применения. Весьма перспективными являются разработки по применению частотного регулируемого привода для хозяйственно-пожарных насосов.

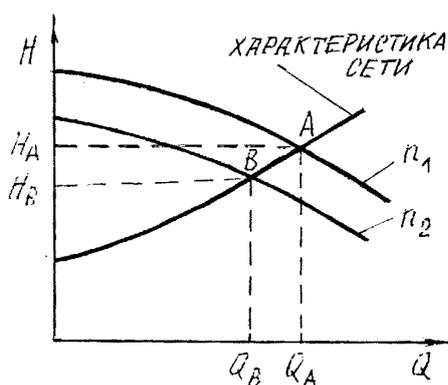


Рис. 20. Регулирование работы насоса путем изменения числа оборотов рабочего колеса

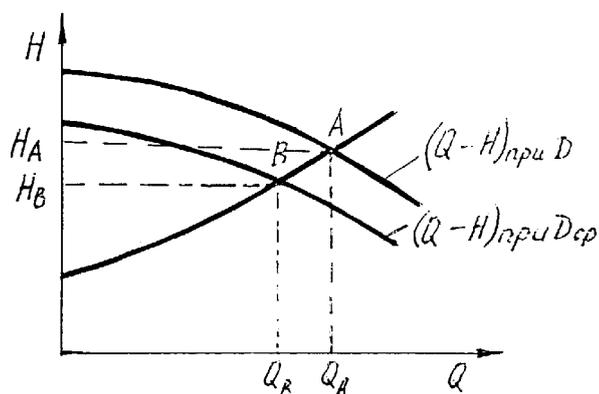


Рис. 21. Регулирование работы насоса путем обточки рабочего колеса.

Регулирование путём обточки рабочего колеса

Если число оборотов изменить нельзя, то изменение рабочей характеристики насоса можно осуществить путём обрезки (обточки) рабочего колеса, т.е. уменьшением его наружного диаметра D_2 . При этом геометрическое подобие нарушается, изменяются B_2 и D_2 и формулы пропорциональности для пересчёта рабочих параметров при обточке колеса применять нельзя. Как показывает опыт, пересчёт рабочих характеристик может быть выполнен по формулам:

$$\frac{Q_{\text{сп}}}{Q} = \frac{D_{\text{сп}}}{D}, \quad (39)$$

$$\frac{H_{\text{сп}}}{H} = \left(\frac{D_{\text{сп}}}{D} \right)^2, \quad (40)$$

$$\eta_{\text{сп}} = 1 - \left(1 - \eta \right) \left(\frac{D}{D_{\text{сп}}} \right)^{0,45}. \quad (41)$$

Практически установлено, что при срезке колеса КПД изменяется незначительно, если срезка не превышает 15 %.

При работе насоса на заданную сеть (систему) положение рабочей точки A определяет подачу Q_A и напор H_A (рис. 16). После обрезки рабочего колеса характеристика насоса изменяется и подача его на эту же сеть становится равной Q_B , а напор H_B (см. рис. 16). Следует отметить, что регулирование подачи насосных станций может осуществляться ступенчато за счёт включения дополнительных насосов и их совместной работы.

8. Параллельная работа насосов.

Насосы в насосных станциях и крупных установках, как правило, работают совместно, т.е. несколько насосов подают жидкость в одну систему. При этом насосы могут быть включены в систему последовательно (последовательная работа) или параллельно (параллельная работа). Параллельной называют совместную одновременную работу нескольких насосов, присоединённых напорными патрубками к общей системе (напорному коллектору и водоводам, водосборнику). Параллельная работа используется при подаче воды на пожар насосными станциями объединённых водопроводов, при подаче воды к лафетным стволам.

8.1. Параллельная работа центробежных насосов с одинаковыми характеристиками.

На рис. 22, а изображена характеристика $Q - H$ каждого из двух одинаковых насосов. При параллельной работе насосов расход воды в общем водоводе (рис. 22) будет равен сумме подач насосов, а напоры насосов при их симметричном включении будут одинаковы, так как в общей точке в месте подсоединения водовода может быть в данный момент только одно значение напора.

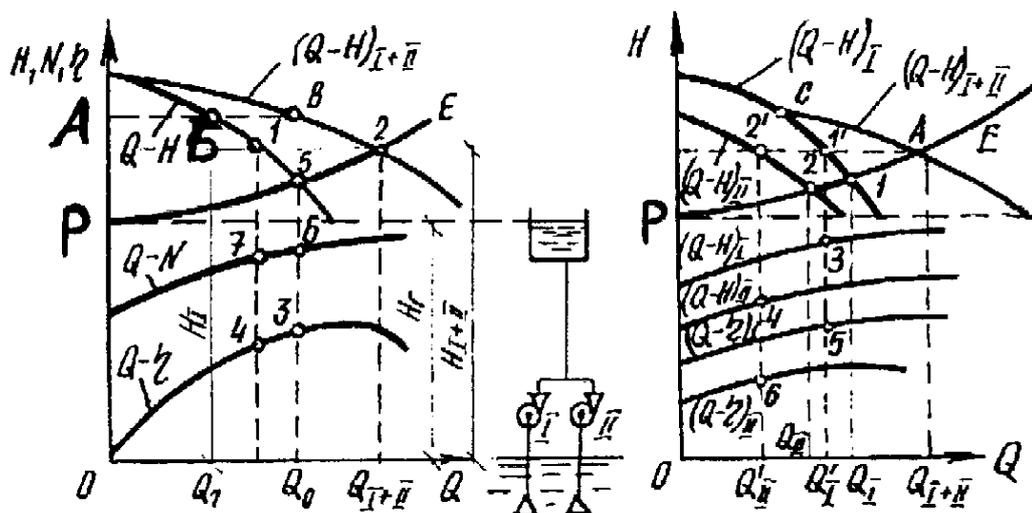


Рис. 22. Характеристики параллельной работы двух центробежных насосов на одну сеть:

а - насосы с одинаковыми характеристиками;

б - насосы с разными характеристиками

Для того чтобы построить суммарную характеристику этих двух насосов при параллельной работе, необходимо удвоить абсциссы (подачи) кривой $Q - H$

Противопожарное водоснабжение

одного насоса при одинаковых ординатах (напорах). Например, для нахождения точки *Б* суммарной характеристики $Q - H$ необходимо удвоить отрезок *АБ*. Таким образом, отрезок $AB = 2AB$. Так же находят и другие точки суммарной характеристики $(Q - H)_{I+II}$. Такое построение можно сделать для насосной установки, если потерями напора в коллекторе до общего водовода можно пренебречь.

Для определения режима совместной работы насосов характеристику $P - E$ системы нужно построить также, как при работе одного насоса. Рабочая точка 2 в этом случае будет находиться на пересечении суммарной характеристики насосов с характеристикой сети. Общая подача двух насосов характеризуется абсциссой точки 2 и равна Q_{I+II} , напор соответствует ординате точки 2, равной H_{I+II} . Чтобы установить, в каком режиме работает каждый из двух насосов, необходимо провести из точки 2 линию, параллельную оси абсцисс. Абсцисса, соответствующая точке пересечения этой линии с кривой QH насоса (точка 1), определит подачу Q , а ордината – напор H каждого из параллельно работающих насосов. Если бы в данную сеть жидкость подавал только один насос, то режим его работы характеризовался бы напором и подачей в точке 5. Как видно из рис. 22, а, его подача Q_0 была бы больше, чем в случае параллельной работы со вторым насосом. Таким образом, суммарная подача насосов, работающих параллельно на одну общую сеть или систему, меньше, чем сумма подачи этих же насосов при их раздельной работе. Это происходит из-за того, что при увеличении общего расхода жидкости, подаваемой в систему, возрастают потери напора, а следовательно, увеличивается и напор, необходимый для подачи данного расхода, что влечёт за собой уменьшение подачи каждого насоса. КПД каждого из параллельно работающих насосов характеризуется точкой 4 на пересечении кривой $Q - \eta$ с перпендикуляром, опущенным из точки 1. Как видно из рис. 22, а, КПД каждого из параллельно работающих насосов отличается от КПД насоса при раздельной работе, который характеризуется КПД в точке 3 на кривой $Q - \eta$. Мощность каждого из параллельно работающих насосов характеризуется мощностью в точке 7 на кривой $Q - N$, тогда как мощность отдельно работающего насоса определяется мощностью в точке 6 на рис. 22, а.

При построении суммарной характеристики некоторого числа m параллельно работающих насосов необходимо в m раз увеличить абсциссы Q характеристики каждого насоса при постоянных ординатах (H). При увеличении числа параллельно работающих насосов или при увеличении сопротивления системы, например при выключении одного из участков параллельно работающих водоводов при аварии, подача каждого насоса в отдельности уменьшается.

Параллельная работа одинаковых насосов на одну систему (водоводы, сеть и т.д.) эффективна при пологой характеристике $P - E$ системы. При крутой характеристике $P - E$, например при малом диаметре напорных трубопроводов, параллельная работа может оказаться неэффективной, так как при подключении к одному насосу второго или третьего насоса подача возрастёт незначительно. Одинаковые насосы при параллельной работе следует подбирать по каталогам так, чтобы оптимальная точка рабочей характеристики каждого из насосов

Противопожарное водоснабжение

соответствовала напору, вычисленному для подачи всего расхода в систему, и подаче, равной общему расходу, делённому на число одинаковых насосов.

8.2. Параллельная работа центробежных насосов с разными характеристиками.

Насосы с разными характеристиками могут параллельно работать только при определённых условиях в зависимости от соотношения характеристик этих насосов.

Проанализировать возможность и целесообразность параллельной работы насосов с разными характеристиками можно, совмещая характеристики насосов и системы. На рис. 22, б, показаны характеристики насосов I и II. Как видно из рисунка, насос II развивает меньший напор, чем насос I. Поэтому насос II может работать параллельно с насосом I только начиная с точки, где развиваемые ими напоры равны (точка С на рис. 22, б). Характеристика совместной работы насосов (суммарная характеристика) строится начиная с точки С путём сложения абсцисс (подач) характеристик насосов I и II при одинаковых ординатах (напорах).

Для определения суммарной подачи необходимо построить характеристику системы (кривая $P - E$ на рис. 22. б). Затем через рабочую точку А - точку пересечения характеристики системы с суммарной характеристикой совместной работы насосов I и II - следует провести линию, параллельную оси ординат, которая отсечёт на оси абсцисс отрезок, соответствующих расходу Q_{I+II} , подаваемому в систему обоими насосами. Подачу каждого из совместно работающих насосов можно найти, проведя из точки А прямую, параллельную оси абсцисс. Пересечение этой прямой с характеристикой насосов I и II даёт соответствующие точкам 1' и 2' значения подач Q'_I и Q'_{II} .

При работе только I насоса на эту же систему его режим определится рабочей точкой 1, а только II - рабочей точкой 2.

Как и в случае параллельной работы двух насосов с одинаковыми характеристиками, суммарная подача двух насосов на данную сеть меньше суммы подач каждого из насосов в отдельности $Q_{I+II} < Q_I + Q_{II}$. Мощность, потребляемая I насосом при совместной работе на систему с характеристикой $P - E$, определяется точкой 3, а II - точкой 4 (рис. 22. б). КПД I насоса для этих условий определяется точкой 5, а II - точкой 6. Принцип построения характеристики параллельной работы разных насосов применяют для построения характеристики параллельной работы нескольких одинаковых насосов, работающих с разными числами оборотов рабочего колеса.

8.3. Параллельная работа центробежных насосов, расположенных на значительном расстоянии друг от друга.

В практике работы водопроводных систем встречаются случаи, когда в параллельную работу вступают насосы, расположенные на значительном

Противопожарное водоснабжение

расстоянии друг от друга и включённые не симметрично. Например, при подаче воды к лафетному стволу насосами, забирающими воду из разных водоисточников.

Рассмотрим параллельную работу насосов, подключенных к напорному трубопроводу так, как показано на рис. 23. Для того чтобы правильно оценить параллельную работу насосов в этом случае, необходимо привести их характеристики к одной точке *B* (на рис. 23 справа).

Для приведения характеристики насоса 1 к точке *B* необходимо построить его приведённую характеристику путём вычитания из ординат (напоров) заводской характеристики насоса потерь напора на участке от насоса 1 до точки *B*. Для этого задаются рядом значений *Q* в диапазоне подачи насоса 1 и для этих *Q* вычисляют потери напора *h* на участке от насоса 1 до точки *B*. При этих же *Q* определяют напор насоса *H* по его заводской характеристике. Напор в точке *B* будет равен $H - h$ и по этим значениям и соответствующим величинам подачи строят приведённую характеристику $(Q - H)_{1A}$ на рис. 23.

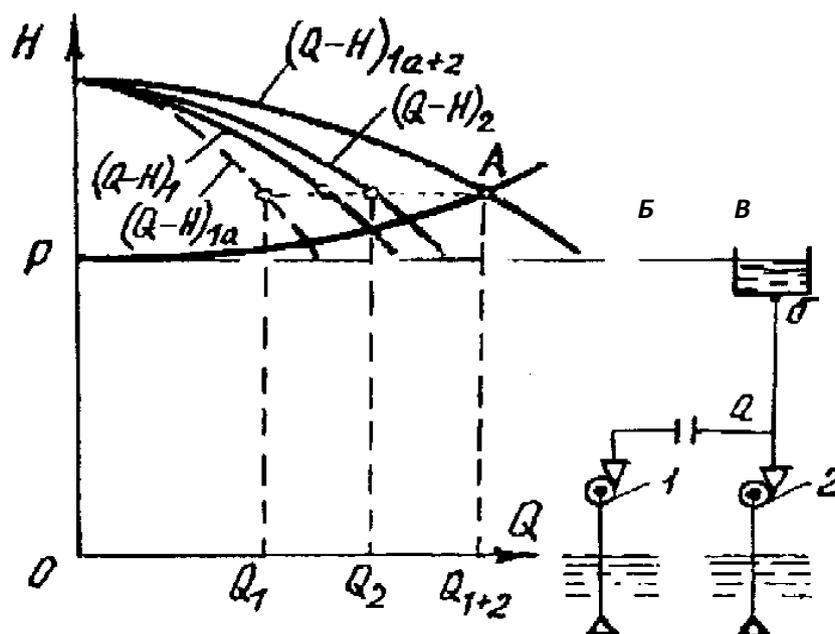


Рис. 23. Характеристика параллельной работы в один трубопровод двух насосов, установленных на значительном расстоянии один от другого

Для второго насоса следует поступить таким же образом. В простейшем случае при непосредственном включении насоса 2 в точку *A* потерями напора на участке от насоса 2 до точки *B* можно пренебречь.

При построении характеристики насосов 1 и 2 (кривая $(Q - H)_{1A+2}$) необходимо суммировать абсциссы (подачи) кривых $(Q - H)_{1A}$ и $(Q - H)_2$ при одинаковых ординатах (напорах), т.е. сложить характеристики насосов, приведённые к одной точке *B*. При этом характеристика системы (кривая *P-A*) строится для участка *B-B*.

Противопожарное водоснабжение

По такому же принципу можно построить характеристики трех и более насосов, расположенных на значительных расстояниях один от другого и подающих жидкость в один общий напорный трубопровод или в водосборник.

Методикой построения приведенных характеристик насосов следует пользоваться не только при определении режима параллельной работы насосов, расположенных на значительном расстоянии друг от друга, но и при построении характеристик параллельно работающих насосов в одной насосной станции со сложными коммуникациями трубопроводов. В этом случае характеристику каждого из насосов следует приводить к одной точке, например к выходу напорного трубопровода из здания станции, учитывая при этом все потери на местные сопротивления и по длине труб внутри насосной станции (потери в клапанах, задвижках, при поворотах потока и т.д.). Таким образом, при построении характеристики параллельной работы насосов будут суммироваться приведенные характеристики каждого из числа работающих насосов, а не их паспортные характеристики.

Если в точках 1 и 2 (см. рис. 23) расположены не отдельные насосы, а насосные станции с несколькими насосами, то характеристика совместной работы этих насосных станций строится таким же способом, только вместо характеристик $Q-H$ насоса принимают характеристики параллельно работающих насосов соответственно в точках 1 и 2. Таким образом можно получить характеристику совместной работы двух и более насосных станций, работающих в одной системе.

9. Последовательная работа насосов

При последовательной работе напорный патрубок одного насоса подключают к всасывающему патрубку второго (рис. 24.). Последовательная работа используется в тех случаях, когда напор, развиваемый одним насосом, недостаточен, например для подачи воды на заданную высоту для пожаротушения зданий повышенной этажности, при перекачке воды на большие расстояния.

При построении схем с последовательно включенными насосами следует обязательно выяснить, на какое допустимое давление рассчитан второй по ходу движения жидкости насос. Если допустимое давление меньше суммарного давления, развиваемого двумя насосами, то данный насос устанавливать сразу после первого нельзя. При последовательной работе подача всех насосов одинакова, а общий напор равен сумме напоров насосов, взятых при одной и той же подаче. Для построения суммарной характеристики последовательно работающих насосов (см. рис. 24) необходимо сложить ординаты (напоры) характеристик $Q-H$ этих насосов при одном и том же значении абсциссы (подачи).

Характеристика (см. рис. 24) последовательной работы двух одинаковых насосов (кривая CE) получена путём удвоения ординат характеристики каждого насоса (кривой DB), например ординаты H_6 в точке $б$ при подаче Q_6 . Рабочая точка последовательно включённых насосов (точка A на рис. 24, а) лежит на пересечении кривой совместной работы насосов с характеристикой системы $P-A$.

Противопожарное водоснабжение

Насосы могут включать последовательно и в тех случаях, когда один насос в состоянии подать воду в систему, но не обеспечивает заданной подачи ($H_r < H_c$). Построение суммарной характеристики двух одинаковых насосов CE и характеристики системы $P-A$ показано на рис. 24, б. Как видно из этого рисунка, последовательное включение насосов позволяет увеличить не только напор, но и подачу воды (рабочая точка A). Если бы работал только один насос, то его подача была бы Q_1 , а рабочая точка заняла положение 1. Так как совместная характеристика CE строилась путём удвоения ординат характеристики каждого насоса $ДВ$, то это означает, что можно обеспечить подачу воды двумя насосами с расходом Q_1 на вдвое большую высоту ($2H_r$) с учётом удвоения потерь напора за счёт увеличения длины напорного трубопровода.

В случае последовательного включения двух насосов с неодинаковыми характеристиками суммарная кривая их совместной работы строится путём сложения ординат (напоров) характеристик каждого из последовательно работающих насосов при одинаковых подачах.

При подаче воды на большие расстояния и при больших уклонах местности насосы или насосные станции располагают на значительных расстояниях друг от друга. Характеристику совместной работы насосов в этом случае строят следующим образом (рис. 25). При заданных характеристиках насосов или насосных станций 1 (кривая ab) и 2 (кривая $вг$) вначале строят приведённую характеристику насоса 1, отнеся её к точке $Д$ (точке присоединения трубопровода к насосу 2). Для этого из ординат кривой ab вычитают гидравлические потери на участке $1-Д$, пользуясь характеристикой этого трубопровода (кривая $еж$). Полученные таким образом ординаты приведённой характеристики насоса 1 (кривая au) складывают с ординатами характеристики насоса 2 и получают суммарную характеристику совместной работы насосов 1 и 2 (кривая KL). Построив из точки 3, определяющей высоту подъёма воды от уровня водоисточника до уровня резервуара, характеристику напорного трубопровода от насоса 2 до резервуара (кривая $ЗМ$), находят рабочую точку A данной системы трубопроводов и насосов. Если в точках 1 и 2 размещены насосные станции с несколькими параллельно работающими насосами, то вместо характеристик одиночных насосов (кривые ab и $вг$) наносят характеристики параллельно работающих в данной точке насосных установок и далее поступают так же, как и в случае последовательной работы двух одиночных насосов, т.е. суммируют ординаты приведённых характеристик.

Противопожарное водоснабжение

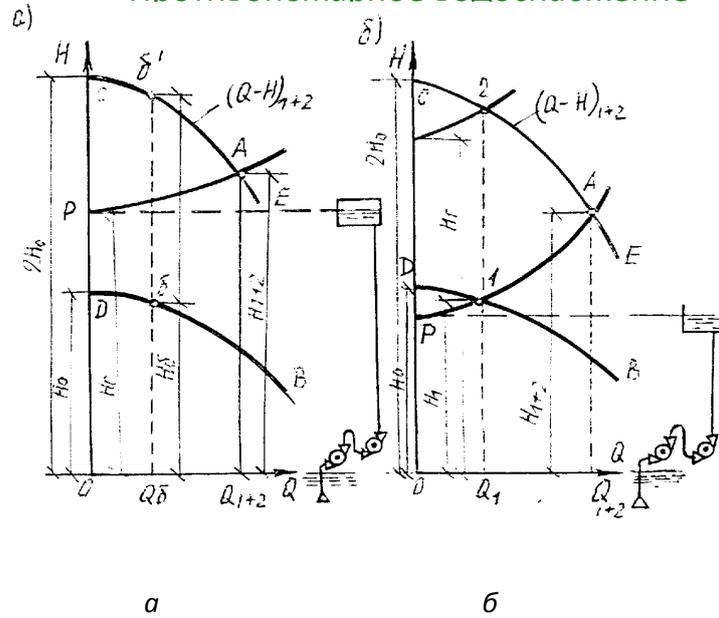


Рис. 24. Характеристика последовательной работы двух одинаковых насосов.

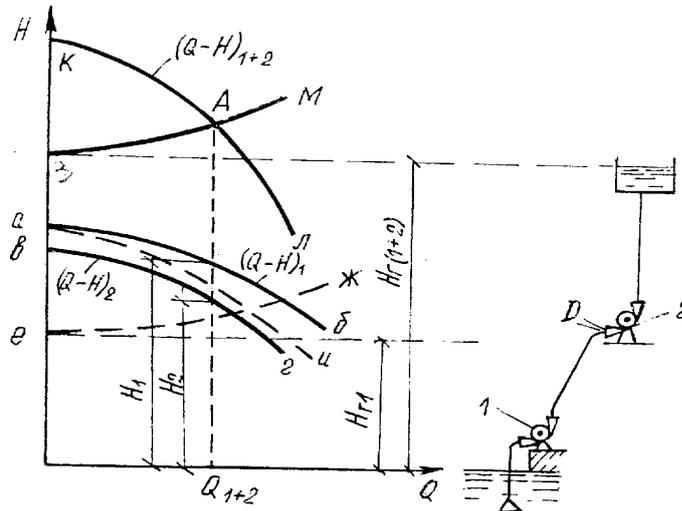


Рис. 25. Характеристика последовательной работы двух насосов, установленных на значительном расстоянии друг от друга.

ЛЕКЦИЯ № 3, 4

ТЕМА 2: Насосно - рукавные системы (подача воды к месту пожара)

1. Насосно-рукавные системы и их виды.

Воду на тушение пожара отбирают из наружных водопроводных сетей через пожарные гидранты передвижной пожарной техникой или непосредственно от гидрантов через колонку и рукава ее подают на стволы (водопровод высокого давления). В случае отсутствия водопровода или недостаточного количества воды используют естественные (реки, озера и др.) и искусственные (резервуары, баки и др.) водоемы, оборудованные специальными устройствами и сооружениями для забора воды пожарной техникой. Подача воды во время тушения осуществляется насосно-рукавными системами, вид которых определяется характером развития пожара и требованиями обеспечения быстрого и надежного его тушения. Основные схемы насосно-рукавных систем, используемых в практике пожаротушения, приведены на рис. 1.

Локализация и тушение небольших очагов загорания при достаточном запасе воды в автоцистерне (АЦ) или немедленное введение огнетушащих средств для обеспечения работы по спасанию людей, предотвращению взрывов, аварий, обрушений конструкций и т.д. производится по схеме, показанной на рис. 1, а. В этом случае используется АЦ, устанавливаемая у очага пожара, от насоса которой прокладывается рукавная линия, обеспечивающая работу пожарного ствола.

Если запаса воды в АЦ для тушения пожара недостаточно, то передвижные пожарные насосы устанавливаются на водоисточник, прокладывается магистральная рукавная линия, а рабочие рукава подсоединяются к ней через рукавное разветвление, устанавливаемое вблизи очага пожара (рис. 1, б). Этот вид насосно-рукавной системы называется *последовательным соединением*.

При тушении крупных пожаров применяются лафетные стволы (диаметр насадка ствола 25 мм и более). При этом используют несколько магистральных линий, подсоединенных через рукавный водосборник к стволу (рис. 1, в). Такая насосно-рукавная система называется *параллельным соединением*.

В практике пожаротушения часто возникает необходимость подачи нескольких стволов, работа которых обеспечивается самостоятельными рабочими рукавными линиями, подсоединенными через разветвление к магистральной рукавной линии (рис. 1, г). Такой вид насосно-рукавной системы называется *смешанным соединением*.

В малых населенных пунктах, особенно в сельской местности, часто отбор воды для пожаротушения производится непосредственно из естественных или искусственных водоемов. При этом возникает необходимость забора воды с глубин, превышающих допустимую высоту всасывания центробежных насосов, часто подъезд к водоисточнику затруднен. Кроме того, при работе насоса возможны аварии всасывающих линий, что приводит к невозможности подачи воды на пожаротушение.

Противопожарное водоснабжение

Одним из способов решения этих проблем является применение гидроэлеваторных систем. Схема забора воды гидроэлеваторной системой показана на рис. 26, д. В качестве струйного насоса в этих системах используются гидроэлеваторы Г - 600 или Г - 600А.

Гидроэлеваторными системами можно забирать воду с глубин до 20 м или по горизонтали от гидроэлеватора до насоса на расстояние до 100 м.

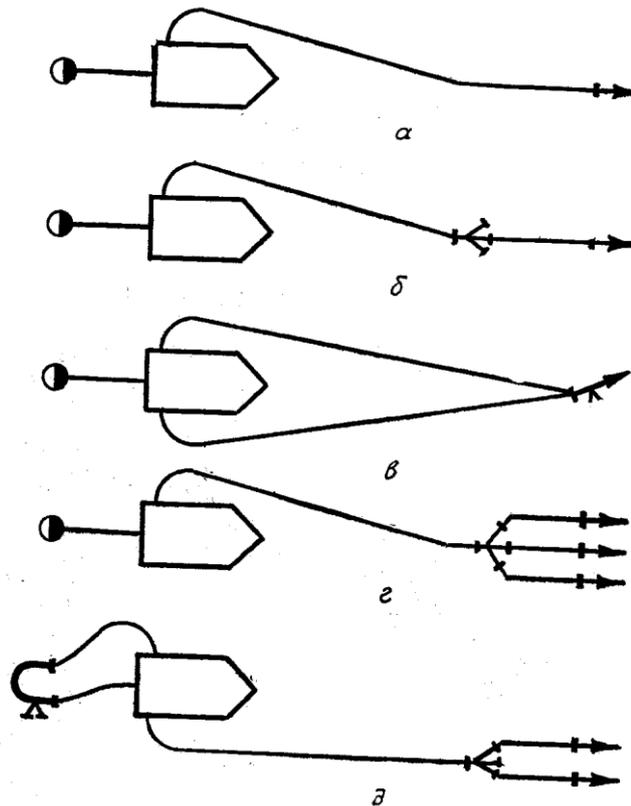


Рис. 1. Виды насосно-рукавных систем:
 а - простое соединение;
 б - последовательное соединение;
 в - параллельное соединение;
 г - смешанное соединение;
 д - гидроэлеваторная система

2. Расчет насосно-рукавных систем с ручными стволами.

Гидравлический расчет насосно-рукавных систем сводится к решению следующих основных задач:

1. Определение максимального расхода через рукавную систему, геометрические параметры которой известны (т.е. известны диаметры рукавов и насадков стволов высота превышения стволов по вертикали над осью насоса), известна также характеристика насоса.

2. Определение напора насоса, если заданы расчетный расход воды (напор перед стволом), вид насосно-рукавной системы, а также диаметр и длина рукавных линий.

3. Определение предельной длины насосно-рукавной системы по расчетному расходу воды и напору насоса.

При определении расхода воды Q по заданному напору насоса (задача 1) необходимо учитывать характеристику рукавной системы и характеристику насоса, т.е.

$$a - bQ^2 = S_c Q^2 + z, \quad (10.1)$$

где S_c - сопротивление рукавной системы, зависящее от ее вида и диаметра установленных на ней пожарных стволов; z - высота подъема пожарных стволов над осью насоса; $H_H = a - bQ^2$ - характеристика используемого насоса.

Тогда максимальный расчетный расход воды, подаваемый насосно-рукавной системой, составит

$$Q = \sqrt{\frac{a - z}{b + S_c}} \quad (10.2)$$

Для рукавной системы (см. рис. 26, а), состоящей из одного рукава, сопротивление вычисляют по формуле

$$S_c = S_p + S_{ст}, \quad (10.3)$$

где S_p - сопротивление рукава заданного диаметра длиной $L = 20$ м; $S_{ст}$ - сопротивление насадка пожарного ствола.

При последовательном соединении рукавов (рис. 31, б) общее сопротивление системы составит

$$S_c = S_M n_M + S_p n_p + S_{ст}, \quad (10.4)$$

где S_M, S_p - соответственно сопротивление одного магистрального и рабочего рукава; n_M, n_p - количество рукавов в магистральной и рабочей линиях соответственно.

Сопротивление смешанной системы с тремя пожарными стволами, показанной на рис. 31, в, определяется как сумма сопротивлений магистральной и рабочих линий

Противопожарное водоснабжение

$$S_c = S_M n_M + \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{n_1 S_1 + S_{CT1}}} + \frac{1}{\sqrt{n_2 S_2 + S_{CT2}}} + \frac{1}{\sqrt{n_3 S_3 + S_{CT3}}} \right)^2}, \quad (10.5)$$

где: S_1, S_2, S_3 - сопротивление одного рукава соответственно в первой, второй и третьей линиях; n_1, n_2, n_3 - количество рукавов в линиях; $S_{CT1}, S_{CT2}, S_{CT3}$ - сопротивление насадков стволов.

Подставляя найденное значение Q (2) в характеристику насоса, находим максимальный напор H_H , который может создать насос, работая совместно с данной рукавной системой, т.е. рабочая точка насоса будет задана параметрами Q_H и H_H .

Для определения требуемого напора насоса в зависимости от расхода воды (задача 2), необходимо располагать всеми параметрами конкретной рукавной системы. В этом случае напор насоса определяется по формуле

$$H_H = h_p + H_{CB} + z_1 + z_2 + h_{BC}, \quad (10.6)$$

где h_p - потери напора в рукавной системе; H_{CB} - свободный напор перед стволом; z_1 - высота подъема стволов над осью насоса; z_2 - высота всасывания; h_{BC} - потери напора во всасывающей линии.

В практических расчетах напор насоса определяется по формуле

$$H_H = S_c Q^2 + z, \quad (10.7)$$

где S_c - сопротивление рукавной линии, зависящее от вида рукавной системы; Q - расчетный расход воды; z - высота подъема пожарных стволов над осью насоса.

Для примера рассмотрим решение этой задачи при использовании насосно-рукавной системы со смешанным соединением, показанной на рис. 2. Система включает пожарный автонасос, установленный на пожарном гидранте, магистральную рукавную линию из n_M стандартных рукавов диаметром d_M сопротивлением S_M одного рукава, трехходовое рукавное разветвление, расположенное на высоте z_A по вертикали относительно оси насоса (потери насоса в разветвлении составляют h_A), три рабочие рукавные линии с диаметром рукавов d_{p1}, d_{p2}, d_{p3} (сопротивление одного стандартного рукава S_1, S_2, S_3 соответственно) по n_1, n_2, n_3 рукавов в каждой линии, и три пожарных ствола диаметром $d_{CT1}, d_{CT2}, d_{CT3}$ с сопротивлениями $S_{CT1}, S_{CT2}, S_{CT3}$, поднятыми на высоту z_1, z_2, z_3 , по вертикали относительно рукавного разветвления.

Противопожарное водоснабжение

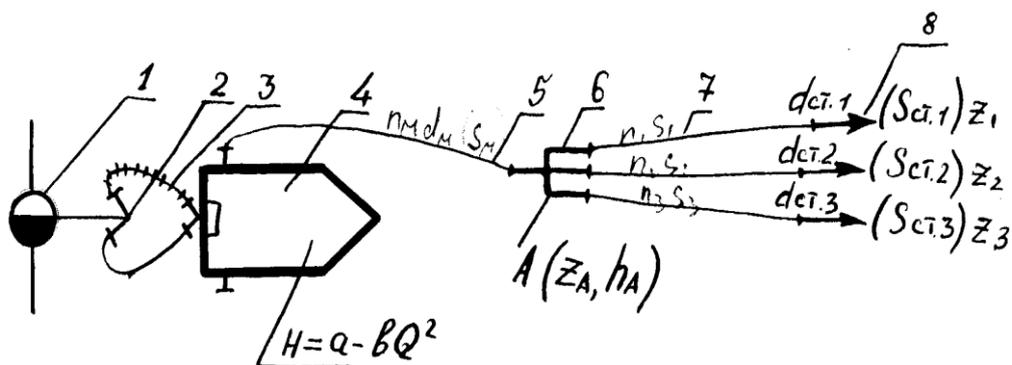


Рис. 2. Расчетная схема насосно-рукавной системы:
 1 - пожарный гидрант; 2 - колонка пожарная;
 3 - всасывающие рукава; 4 - пожарный автонасос;
 5 - магистральная рукавная линия; 6 - разветвление
 рукавное трехходовое; 7 - рабочие рукавные линии;
 8 - стволы пожарные ручные

Определим требующийся напор насоса при условии, что из первого ствола с диаметром насадки $d_{ст1}$ необходимо по условиям тушения пожара получить струю с расходом Q_1 (что соответствует радиусу компактной части R_k). В этом случае напор в точке A (на рукавном разветвлении) должен быть равен

$$H_{A1} = S_{p1} Q_1^2 + z_1 = (S_1 n_1 + S_{ст1}) Q_1^2 + z_1. \quad (10.8)$$

При этом напоре по двум другим рабочим рукавным линиям расход воды составят

$$Q_2^2 = \sqrt{\frac{H_{A1} - z_2}{n_2 S_2 + S_{ст2}}}; \quad Q_3^2 = \sqrt{\frac{H_{A1} - z_3}{n_3 S_3 + S_{ст3}}}.$$

По магистральной линии суммарный расход составит

$$Q_M = Q_1 + Q_2 + Q_3.$$

Напор на насосе составит

$$H^p_H = n_M S_M Q_M^2 + H_{A1} + z_A + h_A. \quad (10.9)$$

Если насосно-рукавная система симметрична, т.е. магистральные и рабочие рукавные линии включают одинаковое количество рукавов одного диаметра, одинаковые стволы подняты на одну и ту же высоту Z относительно оси насоса, то решение задачи несколько упрощается и напор определяется по формуле

$$H^p_H = S_c Q^2 + z + h_A. \quad (10.10)$$

Соппротивление рукавной системы вычисляют как

Противопожарное водоснабжение

$$S_c = \bar{S}_m + \bar{S}_p = \frac{n_m S_m}{\varepsilon^2} + \frac{n_1 S_1 + S_{ст1}}{\delta^2}, \quad (10.11)$$

где ε - количество магистральных линий; δ - количество рабочих линий.

Возможность подачи расчетного расхода воды на тушение пожара выбранной насосно-рукавной системы можно оценить расчетом, используя аналитический вид характеристики данного насоса. Для этого необходимо значение расхода Q подставить в уравнение характеристики насоса $H = a - bQ^2$ и определить максимальный напор H^{\max}_H , который может обеспечить насос при максимальном числе оборотов.

Если $H^{\max}_H \geq H^{\text{рп}}_H$, то подача расчетного расхода воды выбранной насосно-рукавной системы возможна. В других случаях, при $H^{\max}_H < H^{\text{рп}}_H$ система не выполнит поставленную задачу и потребуются принятие других технических решений, например уменьшение гидравлического сопротивления рукавной системы или использование другого более мощного насоса.

Предельная длина магистральной рукавной линии (задача 3), например для насосно-рукавной системы, показанной на рис. 27, определяется из выражения (10.9). При этом используется аналитический вид характеристики пожарного насоса, т.е.

$$a - bQ_H^2 = n_m S_m Q_m^2 + H_A + Z_A + h_A, \quad (10.12)$$

где Q_H - подача насоса; Q_m - расход воды в магистральной рукавной линии (причем $Q_H = Q_m$); H_A - напор в рукавном разветвлении для обеспечения расчетных расходов воды через пожарные стволы, Z_A - высота превышения (по вертикали) разветвления над осью насоса, h_A - потери напора в разветвлении.

Из выражения (10.12) предельная длина магистральной линии (в количестве 20 метровых стандартных рукавов) определится так:

$$n_m = \frac{a - bQ_H^2 - H_A - Z_A - h_A}{S_m Q_m^2}, \quad (10.13)$$

причем в случае получения дробного числа округление производится в сторону уменьшения.

3. Последовательная работа насосов.

Последовательная работа насосов используется при подаче воды на тушение пожара в здание повышенной этажности и при перекачке воды, если вблизи места пожара запас воды отсутствует или его недостаточно. Практика показывает, что воду можно перекачать на любые расстояния по любой пересеченной местности. Однако целесообразность организации перекачки воды определяется возможностью боевого развертывания в минимально короткие сроки, когда к моменту подачи огнетушащего средства пожар не достигает интенсивного развития. Поэтому перекачку организуют, как правило, при отдалении водоисточника от места пожара не более 2 км (в противном случае воду подвозят цистернами).

На рис. 3 показаны схемы перекачки воды на тушение пожара. Подача воды из насоса в насос требует наличия связи между автомобилями и постами контроля за состоянием и работой рукавных систем, четкой синхронности в работе всех насосов, так как напор у всасывающего патрубка последующего насоса для предотвращения сплющивания рукавов должен быть не менее 10 м. Повышать давление во всасывающих патрубках насосов также не допускается, так как это ведет к повышению давления во всей рукавной линии перекачки, что может привести к разрыву рукавов.

Подача воды с использованием емкости автоцистерны несколько упрощает процесс перекачки, однако требует постоянного наблюдения поступления воды в цистерну. Подача воды через промежуточную емкость еще более упрощает процесс перекачки. Здесь водитель самостоятельно осуществляет контроль за уровнем воды, при этом не требуется учитывать высоту цистерны, равную 2,5 м. Однако емкости не всегда имеются в достаточном количестве. Поэтому в практике пожаротушения часто используются комбинированные способы перекачки с одновременным применением различных схем подачи воды.

Противопожарное водоснабжение

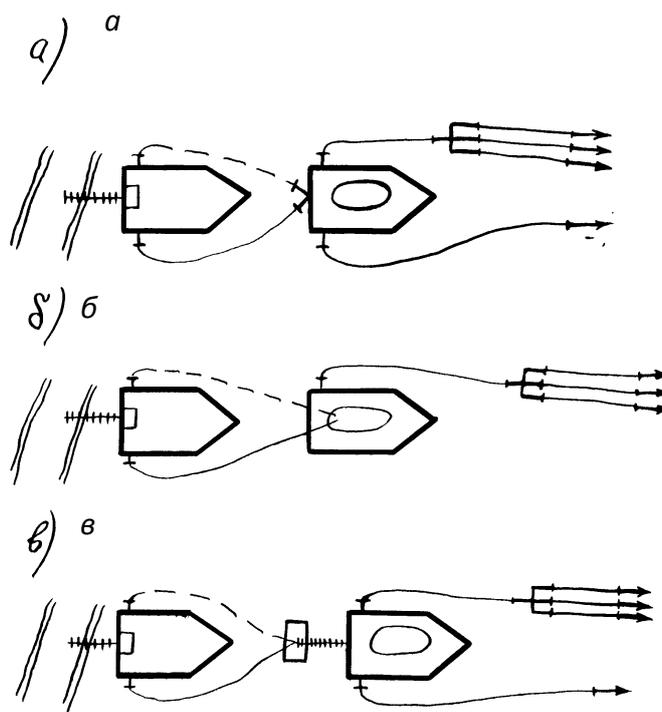


Рис. 3. Схемы подачи воды на тушение пожара автонасосами:

- а - подача воды из насоса в насос;
- б - подача воды через емкость автоцистерны;
- в - подача воды через промежуточную емкость

Расчет насосно-рукавных систем, осуществляющих перекачку воды на тушение пожара, включает две основные задачи: определение расстояния между насосами и количество автонасосов, участвующих в перекачке.

Расстояние между насосами (при равномерном уклоне местности) определяется из условия, что напор, создаваемый насосом, расходуется на преодоление сопротивления в рукавной линии h_c и на подъем воды на высоту z превышения одного насоса над другим (рис. 4), т.е.

$$\alpha H_H = h_c + z, \tag{10.14}$$

где $\alpha = 0,75$ - коэффициент режима работы насоса (отклонение расчетного режима работы насоса при перекачке воды от режима его работы при максимальных оборотах).

С учетом того, что $H_H = a - bQ_H^2$, а $h_c = S_c Q_H^2$, выражение (10.14) можно записать

$$\alpha(a - bQ_H^2) = S_c Q_H^2 + z. \tag{10.15}$$

При перекачке воды по одной рукавной линии, состоящей из n рукавов диаметром d , сопротивление ее составит $S_c = nS$.

При перекачке по двум одинаковым рукавным линиям $S_c = nS/4$.

Тогда расстояние между насосами (в рукавах) определяется из выражения

Противопожарное водоснабжение

(10.15): - при перекачке по одной рукавной линии

$$n = \frac{\alpha(a - bQ_H^2) - z}{S_c Q_H^2}, \quad (10.16)$$

- при перекачке по двум рукавным линиям

$$n = 4 \frac{\alpha(a - bQ_H^2) - z}{S_c Q_H^2}. \quad (10.17)$$

Из выражения (10.17) следует, что при перекачке воды по двум параллельным рукавным линиям расстояние между насосами увеличивается в 4 раза по сравнению с перекачкой по одной рукавной линии.

В случае использования в линиях рукавов различного диаметра $d_1(S_1)$ и $d_2(S_2)$, сопротивление рукавной системы определяется из выражения:

$$S = \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{n} S_1} + \frac{1}{\sqrt{n_2} S_2} \right)^2}, \quad (10.18)$$

где n_1, n_2 - количество рукавов в линиях (как правило $n_1 = n_2$).

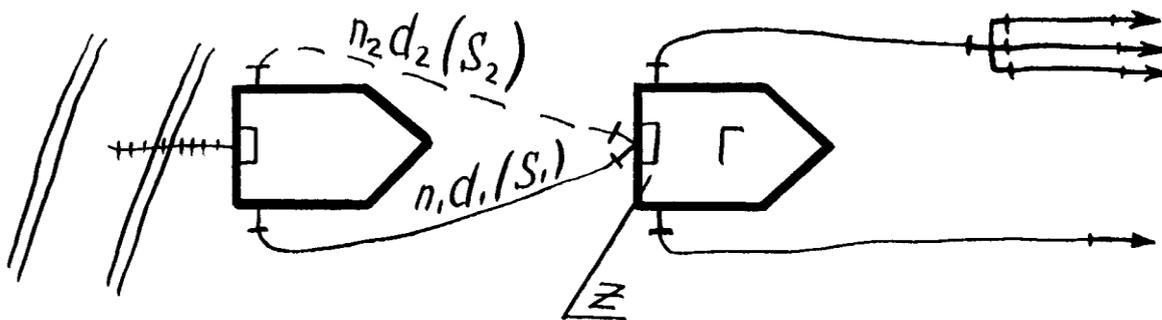


Рис. 4. К определению расстояния между насосами при перекачке воды на тушение пожара

Количество автонасосов K , необходимое для подачи воды в перекачку на расстояние, определяется из условия, что суммарный напор, создаваемый всеми насосами, расходуется на преодоление сопротивления всей рукавной линии, проложенной из m рукавов от первого до головного насосов, на подъем воды на высоту превышения головного насоса над первым, установленным и на водоисточник (рис. 5).

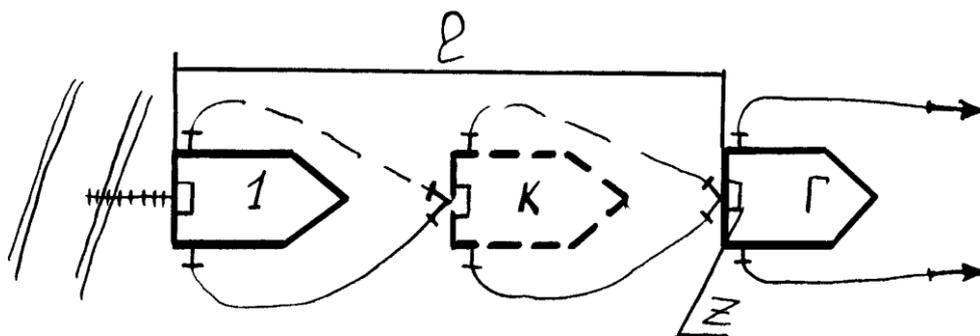


Рис. 5. К определению количества насосов, необходимого для подачи воды в перекачку

Аналитически это условие можно записать

$$K\alpha H_H = h_c + z \quad (10.19)$$

или
$$K\alpha(a - bQ_H^2) = S_c Q_H^2 + z. \quad (10.20)$$

При прокладке рукавов в одну рукавную линию $S_c = mS$; в две (в случае $m_1 = m_2$ и $d_1 = d_2$) $S_c = mS/4$.

Тогда количество автонасосов определяется из выражения (10.20):

- при перекачке по одной рукавной линии:

$$K = \frac{mSQ_H^2 + z}{\alpha(a - bQ_H^2)}, \quad (10.21)$$

- при перекачке по двум рукавным линиям:

$$K = \frac{\frac{mSQ_H^2}{4} + z}{\alpha(a - bQ_H^2)}. \quad (10.22)$$

Количество рукавов от водоисточника до головного насоса с учетом неравномерности местности определяется как

$$m = 1,2 \frac{L}{20}, \quad (10.23)$$

где L - расстояние от водоисточника до головного насоса, м; 20 - длина стандартного пожарного рукава, м; 1,2 - коэффициент, учитывающий неравномерность местности.

Зная необходимое количество автонасосов (в случае использования одинаковых насосов), можно оценить в рукавах расстояние между ними:

Противопожарное водоснабжение

$$n = m/K.$$

При перекачке воды по пересеченной местности (с переменным уклоном) необходимо расставить насосы так, чтобы каждый из них работал, по возможности, с одинаковой нагрузкой.

4. Параллельная работа насосов (подача воды на лафетные стволы).

Параллельная работа насосов (подача воды на лафетные стволы) применяется в тех случаях, когда подача одного насоса меньше расхода воды, требуемого по условиям тушения пожара. В пожарной практике такая необходимость возникает при крупных пожарах, например при тушении газовых и нефтяных фонтанов, лесобирж и т.д.

В зависимости от расхода воды на пожаротушение и дальности ее подачи применяют следующие схемы параллельной работы насосов (рис.6).

К основным задачам расчета насосно-рукавных систем, обеспечивающих работу лафетных стволов, относятся:

1. Определение подачи каждого из K работающих насосов при заданной рукавной системе;
2. Определение максимального расхода из лафетного ствола при K работающих насосов.
3. Определение количества параллельно работающих на ствол насосов.

В основе решения поставленных задач положено равенство

$$H_n = h_c + z, \tag{10.24}$$

где z - высота превышения (по вертикали) лафетного ствола над насосами.

С учетом того, что через рукавную систему проходит расход воды, равный расходу через лафетный ствол ($Q_{ств} = KQ_n$), можно выражение (10.24) записать в виде:

$$a - bQ_n^2 = S_c(KQ_n)^2 + z.$$

Противопожарное водоснабжение

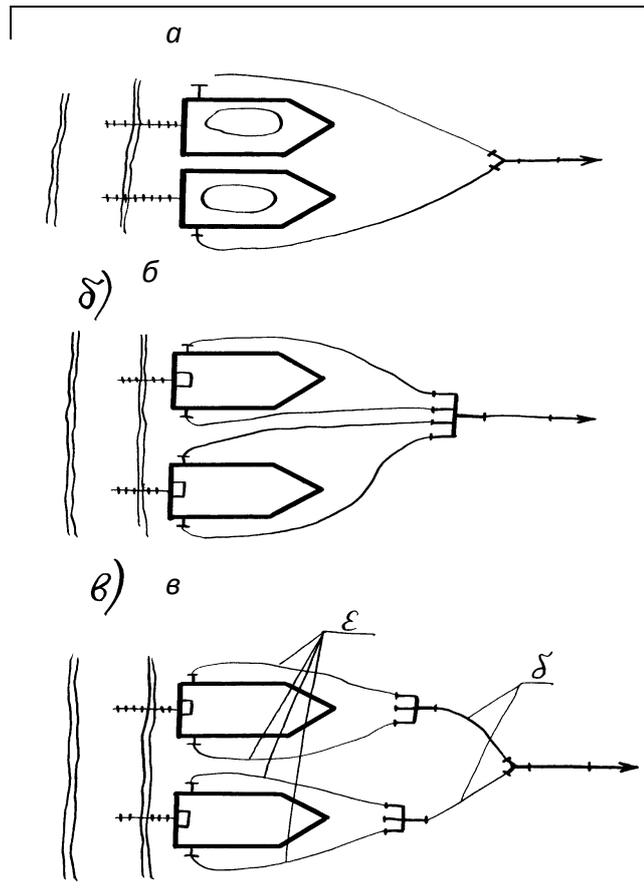


Рис. 6. Схема подачи воды на лафетные стволы:

а - по одной рукавной линии;

б - по двум рукавным линиям от каждого насоса;

в - по рабочим и магистральным линиям: ε - магистральные линии; δ - рабочие линии

Сопротивление системы в случае, если от каждого насоса проложено по одной рукавной линии к лафетному стволу, составит

$$S_c = \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{n_1 S_1}} + \frac{1}{\sqrt{n_2 S_2}} + \frac{1}{\sqrt{n_3 S_3}} \right)^2} + S_{\text{СТВ}}, \quad (10.25)$$

а при условии, что $n_1 = n_2 = \dots = n_k$, $S_1 = S_2 = \dots = S_k$,

$$S_c = \frac{n_1 S_1}{K^2} + S_{\text{СТВ}}. \quad (10.26)$$

Противопожарное водоснабжение

Для насосно-рукавной системы, в которой от каждого насоса проложено по две одинаковые рукавные линии, сопротивление определяется как

$$S_c = \frac{1}{\left(\frac{2K}{\sqrt{n_1 S_1}}\right)^2} + S_{CTB} = \frac{n_1 S_1}{4K^2} + S_{CTB}. \quad (10.27)$$

Таким образом, зная значение сопротивления системы и подставляя его в выражение (10.24), можно определить подачу каждого насоса, которая составит:

- при прокладке от каждого насоса по одной рукавной линии

$$Q^I_H = \sqrt{\frac{a-z}{n_1 S_1 + S_{CTB} K^2 + b}}; \quad (10.28)$$

- при прокладке от каждого насоса по двум рукавным линиям

$$Q^{II}_H = \sqrt{\frac{a-z}{n_1 S_1 + S_{CTB} K^2 + b}}. \quad (10.29)$$

Из выражений (10.28) и (10.29) видно, что с увеличением числа работающих на лафетный ствол насосов подача каждого насоса уменьшается.

Учитывая, что расход воды на лафетный ствол составляет $Q_{CT} = KQ_H$, при известном числе параллельно работающих насосов его можно определить как

$$Q^I_{CT} = K \sqrt{\frac{a-z}{n_1 S_1 + S_{CTB} K^2 + b}} \quad (10.30)$$

для схемы с подачей воды по одной рукавной линии от каждого насоса и

$$Q^{II}_{CT} = K \sqrt{\frac{a-z}{\frac{n_1 S_1}{4} + S_{CTB} K^2 + b}} \quad (10.31)$$

для схемы с подачей воды по двум рукавным линиям от каждого насоса.

Требуемое количество параллельно работающих на лафетный ствол насосов в зависимости от вида проложенной рукавной линии определяется путем подстановки в выражение (10.24) значения сопротивления системы S_c (формулы (10.26) или (10.27)) и решение его относительно K с учетом того, что

$$Q_H = \frac{Q_{CT}}{K}.$$

Для обеспечения необходимого расхода воды через лафетный ствол количество параллельно работающих насосов составит:

- при прокладке от каждого насоса по одной рукавной линии

$$K^I = Q_{CTB} \sqrt{\frac{b + n_1 S_1}{a - z - S_{CTB} Q_{CTB}^2}},$$

Противопожарное водоснабжение

- при прокладке от каждого насоса по две рукавные линии

$$K^{II} = Q_{CTB} \sqrt{\frac{b + \frac{n_1 S_1}{4}}{a - z - S_{CTB} Q_{CTB}^2}}$$

Для обеспечения работы мощных лафетных стволов, работы ГПС воду или раствор пенообразователя подают по схеме, показанной на рис. 31, в.

Для расчета таких насосно-рукавных систем используются полученные выше зависимости, а сопротивление системы определяется по формуле

$$S_C = \frac{n_P S_P}{\delta^2} + \frac{n_M S_M}{\epsilon^2} + S_{CTB},$$

где n_P, n_M - число рукавов в рабочих магистральных линиях; S_P, S_M - сопротивления одного рабочего и магистрального рукавов соответственно; δ - число рабочих линий; ϵ - число магистральных линий.

5. Подача воды на тушение пожара при помощи гидроэлеваторных систем.

Гидроэлеваторные системы для забора и подачи воды на пожаротушение с глубин, превышающих допустимую высоту всасывания центробежных насосов, или из водоисточников с неудовлетворительными подъездами к местам водозабора могут комплектоваться по различным схемам. В качестве примера рассмотрим гидроэлеваторную систему, показанную на рис. 7.

Всасывающий рукав 6, присоединенный к всасывающему патрубку насоса пожарной автоцистерны 1, опускается в цистерну. Подводящая рукавная линия 2 одним концом подсоединена к напорному патрубку насоса, а вторым - к входному соединению гидроэлеватора 4. Отводящая рукавная линия 5 подсоединяется к выходному соединению гидроэлеватора и опускается через люк в цистерну.

Напор перед гидроэлеватором H_1 (рис. 37) может быть определен из выражения

$$H_1 = H_n + H_r + H_{погр} - h_{подв}, \tag{10.32}$$

где H_n - напор на насосе; H_r - геометрическая высота подъема воды от уровня в водоеме до горловины цистерны; $H_{погр}$ - глубина погружения гидроэлеватора под уровень; $h_{подв}$ - потери напора в подводящих рукавах.

Напор на выходе гидроэлеватора H_2 (см. рис. 37) равен

$$H_2 = H_r + H_{погр} + h_{отв},$$

где $h_{отв}$ - потери напора в отводящих рукавах.

Из выражения (10.32) напор на насосе определяется как

Противопожарное водоснабжение

$$H_H = H_1 - H_{\text{ПОГР}} - H_{\Gamma} + h_{\text{ПОДВ}},$$

где H_{Γ} и $H_{\text{ПОГР}}$ для рассчитываемой гидроэлеваторной системы величины известные.

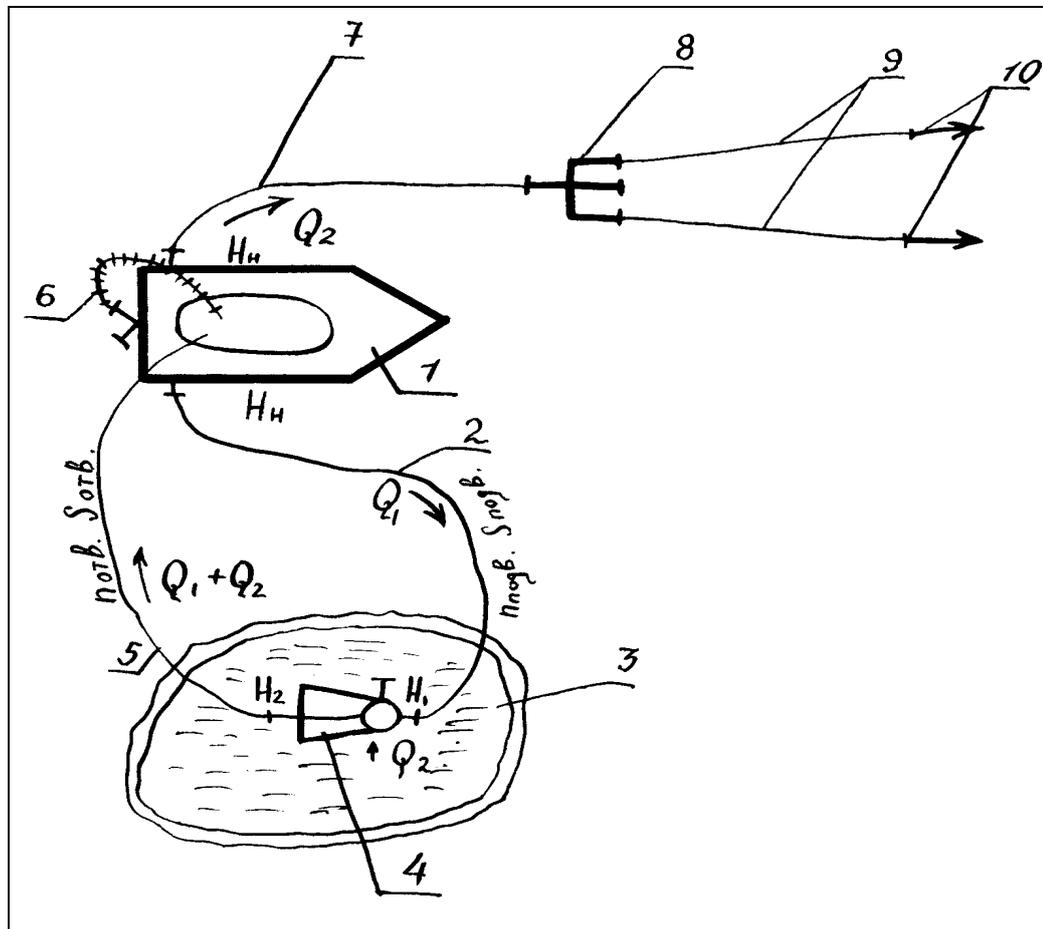


Рис. 7. Схема забора воды гидроэлеваторной системой из естественного водоема:

- | | |
|---------------------------------|--|
| 1 - автоцистерна пожарная; | 6 - рукав пожарный всасывающий; |
| 2 - подводящие пожарные рукава; | 7 - магистральная рукавная линия; |
| 3 - водоисточник; | 8 - разветвление рукавное трехходовое; |
| 4 - гидроэлеватор; | 9 - рабочие рукавные линии; |
| 5 - отводящие пожарные рукава; | 10 - стволы пожарные ручные |

От второго патрубка насоса прокладывается магистральная 7 и рабочие рукавные линии 9 к пожарным стволам 10. Насос приводится в действие и степень открытия вентилей на напорных патрубках насоса регулируется подача воды к пожарным стволам и гидроэлеватору таким образом, чтобы был обеспечен расчетный расход воды на пожаротушение через пожарные стволы Q_2 (эжектируемый расход), а рабочий расход воды, поступающий на гидроэлеватор,

Противопожарное водоснабжение

соответствовал величине Q_1 . При этом уровень воды в цистерне по истечении некоторого времени работы насоса и после дополнительной регулировки вентилей должен установиться и быть постоянным.

Одной из основных задач расчета гидроэлеваторной системы является определение напора на насосе при заданном расходе воды на пожаротушение, геометрических параметрах гидроэлеваторной системы и технических характеристиках используемого гидроэлеватора.

Напор перед гидроэлеватором можно выразить через величину напора на выходе из него, используя значение коэффициента подпора β , которое является величиной паспортной для каждого типа гидроэлеватора, т.е.

$$H_1 = \frac{H_2}{\beta}. \quad (10.33)$$

Для гидроэлеватора Г-600А коэффициент подпора $\beta = 0,21$.

Потери напора в подводящих рукавных линиях определяются из выражения

$$h_{\text{подв}} = n_{\text{подв}} S_{\text{подв}} Q_1^2, \quad (10.34)$$

где $n_{\text{подв}}$ - количество рукавов в подводящей линии; $S_{\text{подв}}$ - сопротивление одного рукава; Q_1 - расход воды, поступающий от насоса к гидроэлеватору.

Величина расхода воды Q_1 устанавливается в зависимости от эжектируемого гидроэлеватором расхода Q_2 , который необходимо подавать на стволы

$$Q_1 = \frac{Q_2}{\alpha},$$

где α - коэффициент эжекции (для гидроэлеватора Г-600А $\alpha = 1,1$).

Потери напора в отводящих рукавах составят

$$h_{\text{отв}} = n_{\text{отв}} S_{\text{отв}} Q_2^2, \quad (10.35)$$

где $n_{\text{отв}}$ - число рукавов в отводящей рукавной линии; $S_{\text{отв}}$ - сопротивление одного рукава; $Q_{\text{сист}} = Q_1 + Q_2$; Q_1, Q_2 соответственно рабочий и эжектируемый расходы воды, поступающей через отводящие от гидроэлеватора рукава в цистерну.

Таким образом, выражение (10.32) позволяет аналитически определить требуемый напор насоса пожарной автоцистерны для обеспечения расчетного расхода воды на пожаротушение выбранной гидроэлеваторной системой с учетом конкретных условий водозабора.

ЛЕКЦИЯ № 5, 6

ТЕМА 4: Противопожарное водоснабжение городов, промышленных предприятий, сельских населённых пунктов. Безводопроводное противопожарное водоснабжение

1. Классификация систем водоснабжения.

Система водоснабжения - это комплекс инженерно-технических сооружений, предназначенных для забора воды из природных источников, подъема её на высоту, очистки (в случае необходимости), хранения запасов воды и подачи её к местам потребления.

Системы водоснабжения (или водопроводы) классифицируют по ряду признаков.

По виду обслуживаемого объекта системы водоснабжения делятся на городские, поселковые, промышленные, сельскохозяйственные, железнодорожные и пр.

По способу подачи воды различают напорные и самотечные водопроводы.

Напорными водопроводами называются такие, в которых вода из источника к потребителю подается насосами; самотечными - в которых вода из высокорасположенного источника к потребителю поступает самотеком. Такие водопроводы иногда устраивают в горных районах страны.

По назначению системы водоснабжения подразделяются на хозяйственно-питьевые, предназначенные для подачи воды на хозяйственные и питьевые нужды населения; производственные, снабжающие водой технологические процессы производств; противопожарные, обеспечивающие подачу воды для тушения пожаров.

Часто устраивают объединенные системы водоснабжения: хозяйственно-противопожарные, производственно-противопожарные или хозяйственно-производственно-противопожарные.

В городах и населенных местах, как правило, устраивают объединенные хозяйственно-противопожарные водопроводы. Из этих же водопроводов вода подается и на промышленные предприятия, если последние потребляют незначительное количество воды, или по условиям технологического процесса производства требуется вода питьевого качества. При больших расходах воды промышленные предприятия могут иметь самостоятельный водопровод, обеспечивающий их хозяйственно-питьевые, производственные и противопожарные нужды. На промышленных предприятиях чаще всего устраиваются отдельные хозяйственно-противопожарный и производственный водопроводы и реже – отдельные производственно-противопожарный, хозяйственно-питьевой или объединенный хозяйственно-производственно-противопожарный.

Противопожарное водоснабжение

Совмещение противопожарного водопровода с хозяйственным, а не с производственным объясняется следующими причинами.

1. Производственная водопроводная сеть обычно бывает мало разветвленной, так как вода подается лишь наиболее крупным водопотребителям, хозяйственная же и противопожарная сети должны охватывать все объекты предприятия.

2. Для многих технологических процессов производства вода подается под строго определенным напором и расходом. Если построить производственно-противопожарный водопровод, то при тушении пожара в водопроводной сети будет наблюдаться изменение напора, а это может привести к нарушению режима работы производственных аппаратов.

Объединенный хозяйственно-производственно-противопожарный водопровод устраивают тогда, когда для технологических нужд требуется небольшое количество воды питьевого качества.

Устройство самостоятельного противопожарного водопровода допускается только в том случае, если объединение его с хозяйственно-питьевым или производственным водопроводом по техническим или экономическим соображениям нецелесообразно.

Самостоятельный противопожарный водопровод устраивается обычно на таких пожароопасных объектах, как нефтебазы, склады хлопка, лесобиржи, хранилища сжиженных газов и др.

Противопожарные водопроводы (специальные, отдельные или объединенные) бывают низкого или высокого давления. Свободный напор в сети противопожарного водопровода низкого давления в период тушения пожаров должен быть не меньше 10 м. При этом необходимый для тушения пожара напор у стволов создается передвижными пожарными насосами.

В системе противопожарного водопровода высокого давления вода к месту пожара подается по рукавам непосредственно из гидрантов, а необходимый для пожаротушения напор в сети и у стволов создается стационарными пожарными насосами, установленными в насосной станции.

По степени обеспеченности подачи воды (по надежности действия) системы водоснабжения подразделяются на три категории:

I - допускается снижение подачи воды на хозяйственно-питьевые нужды не более 30 % от расчетного расхода и на производственные нужды по аварийному графику. Длительность снижения подачи не более 3 сут. Перерыв в подаче допускается на время выключения поврежденных и включения резервных элементов системы, но не более чем на 10 мин.

II - снижение подачи такое же, но допускается до 10 сут. Перерыв в подаче допускается до 6 ч.

III - снижение подачи такое же, но допускается до 15 сут. Перерыв в подаче допускается до 24 ч.

Населенные пункты с числом жителей $N > 50 \cdot 10^3$ относятся к I категории; при $5 \cdot 10^3 < N < 50 \cdot 10^3$ - относятся ко II категории; при $N < 5 \cdot 10^3$ - относятся к III категории.

Для групповых водопроводов категорию принимают по населенному пункту с

Противопожарное водоснабжение

наибольшим числом жителей.

Элементы систем водоснабжения, повреждения которых могут нарушить подачу воды на пожаротушение, должны относиться к I категории.

Системы водоснабжения могут обслуживать как один объект, например город или промышленное предприятие, так и несколько объектов. В последнем случае эти системы называют *групповыми*. Если система водоснабжения обслуживает несколько крупных объектов, расположенных на значительном расстоянии одно от другого, то такая система называется *районной системой водоснабжения*. Небольшие системы водоснабжения, обслуживающие одно здание или небольшую группу компактно расположенных зданий из близлежащего источника, называют обычно местными системами водоснабжения.

Для питания водой под требуемым напором различных частей территории, имеющих значительную разницу в отметках, может устраиваться зонное водоснабжение.

2. Схемы водоснабжения городов.

Города характеризуются значительной численностью населения, наличием в них промышленных и других объектов и требуют, как правило, большого количества воды. Поэтому городские водопроводы относятся к категории крупных.

В современных городских водопроводах расход воды на технические нужды промышленности весьма значителен и составляет в среднем около 40 % от общего количества воды, подаваемой в сеть городских водопроводов. Причем воду из объединенного хозяйственно-противопожарного водопровода города может получать такая группа предприятий, каждое из которых потребляет относительно небольшое количество воды и не требует воды питьевого качества, но вследствие их разбросанности по территории города оказывается все же более целесообразным снабжать их очищенной водой, чем устраивать для них самостоятельные (или групповые) производственные водопроводы неочищенной воды.

Выбор источника водоснабжения в каждом отдельном случае обосновывается соответствующими техническими и экономическими показателями и во внимание принимается, наряду с мощностью источника, качество воды в нем, расстояние от снабжаемого водой объекта и т.п.

На рис. 1. приведена общая схема водоснабжения города. Речная вода поступает в водоприемник 1 и по самотечным трубам 2 перетекает в береговой колодец 3, а из него насосами I подъема 4 подается в отстойники 5 и далее на фильтры 6 для очистки от загрязнений и обеззараживания. Пройдя очистную станцию, вода поступает в запасные резервуары чистой воды 7, из которых она насосами II подъема 8 подается по водоводам 9 в напорно-регулирующее сооружение 10 (наземный или подземный резервуар, размещенный на естественном возвышении, водонапорную башню или пневматическую установку), а также магистральные трубы 11 водопроводной сети города, по которым вода транспортируется в различные районы города и по сети распределительных труб 12 и домовым вводам 13 - к отдельным потребителям 14.

Систему водоснабжения при изучении обычно разделяют на две части:

Противопожарное водоснабжение

наружную и внутреннюю. К наружному водопроводу относят все сооружения для забора, очистки и распределения воды водопроводной сетью. Внутренние водопроводы забирают воду от наружной сети и подают ее к потребителям.

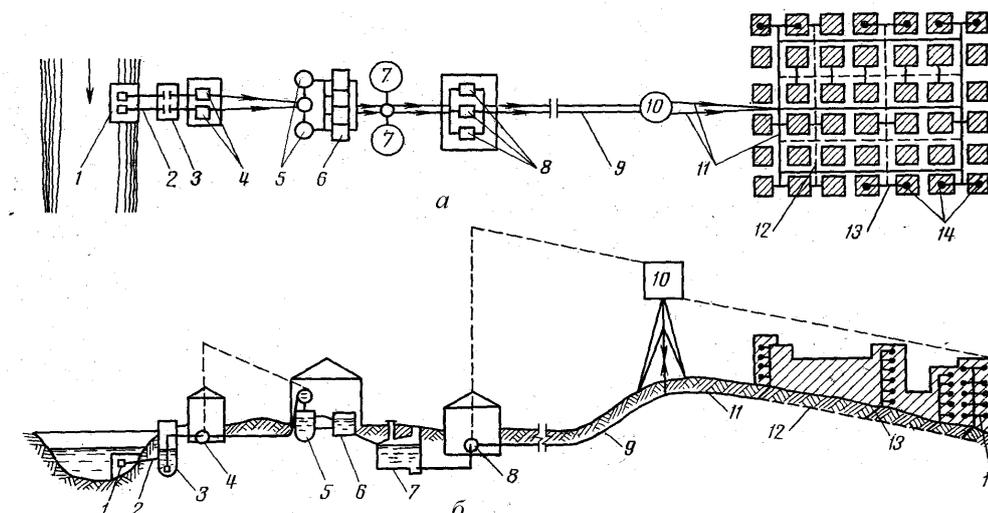


Рис. 1. Общая схема водоснабжения города: а – план; б – разрез

Работа очистных сооружений наиболее эффективна при равномерном поступлении воды. Поэтому воду из источника насосная станция подъема I должна подавать более или менее равномерно по часам суток. В то же время режим работы насосной станции должен строиться с учетом водопотребления, которое не является постоянным: оно наибольшее в дневное время и наименьшее ночью. Регулирование работы насосных станций подъемов I и II достигается благодаря устройству запасных резервуаров чистой воды.

Устройство водонапорной башни или других напорно-регулирующих сооружений часто бывает необходимо в том случае, если наблюдается значительная неравномерность потребления воды городом по часам суток и подачи ее насосами подъема II. Поэтому в те часы, когда насосы подают воды больше, чем ее расходуется, излишек воды поступает в водонапорную башню. В те часы, когда воды расходуется больше, чем подается насосами, вода, напротив, идет из башни. Кроме того, напорно-регулирующие сооружения предназначаются для хранения запаса воды на тушение пожара.

На рис. 1. водонапорная башня расположена в начале водопроводной сети. Предположим, что здесь имеется естественная возвышенность. Но могут быть случаи, когда такая возвышенность находится в другом месте города, в частности даже в противоположной стороне от водовода. В последнем случае водонапорная башня называется *контррезервуаром*.

Режим работы системы при таком расположении башни будет отличаться от режима работы системы с башней в начале сети.

В системах с контррезервуаром в часы максимального водоразбора вода в сеть будет подаваться с двух противоположных сторон: от насосов Q_n и от башни Q_b (рис. 2). Зная Q_n и Q_b , а также характер отбора воды из сети, можно наметить районы питания сети от насосов и башни. У границы этих районов (линия а-а) будет происходить встреча потоков воды, идущих от башни и насосов. Подача

Противопожарное водоснабжение

максимального расхода воды из двух противоположных точек позволяет уменьшать диаметры водопроводных труб.

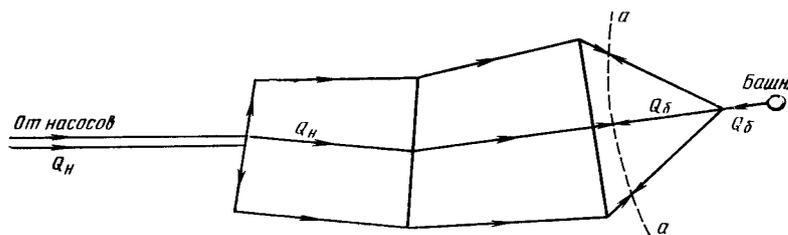


Рис. 2. Схема водопровода с контррезервуаром

Неравномерность водопотребления по часам суток в крупных городах сглаживается, что позволяет обходиться без напорно-регулирующих сооружений. В этом случае воду подают насосами непосредственно в трубы распределительной сети, а для хранения пожарного запаса воды устраивают резервуары, из которых для тушения пожара вода забирается насосами.

Устройство пневматических установок в городах может применяться для систем местного водоснабжения при суточном расходе воды до 300 м³, что касается водонапорных башен, то их строительство бывает оправдано при суточном расходе до 60 000 м³.

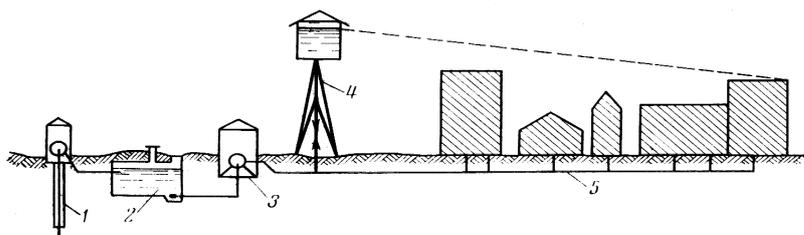


Рис. 3. Схема водопровода с использованием подземных вод:

- 1 - артезианская скважина; 2 - запасной резервуар;
- 3 - НС-II; 4 - водонапорная башня; 5 - водопроводная сеть

При наличии источника воды, по качеству удовлетворяющей требования потребителей, необходимость в постройке очистных сооружений отпадает. В этих случаях вода из источника подается погружными насосами непосредственно по водоводам в магистральные сети, а по ним к потребителям. Примером такого водоснабжения может служить водозабор из артезианских скважин (рис. 3). Если подача воды осуществляется из подземных водоисточников, то, как правило, имеется не одна, а несколько артезианских скважин, подающих воду в запасной резервуар (рис. 4).

При использовании подземных вод, а также при водоснабжении крупных городов может быть не один, а несколько источников водоснабжения, расположенных с разных сторон населенного пункта. Такое водоснабжение называют водоснабжением с двусторонним, трехсторонним или с многосторонним питанием, что позволяет получить более равномерное распределение по сети и поступление воды к потребителям.

Противопожарное водоснабжение

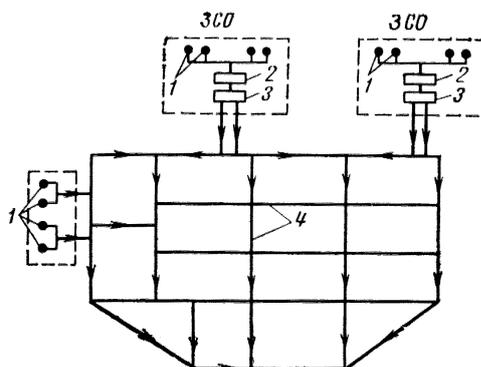


Рис. 4. Схема водопровода с трехсторонним питанием:
 1 - артезианские скважины; 2 - запасные резервуары; 3 - насосные станции подъема II;
 4 - водопроводная сеть города; ЗСО - зона санитарной охраны

Существуют смешанные системы с поверхностными и подземными водоисточниками. В этом случае подземные водоисточники могут рассматриваться как аварийные в условиях особого периода.

Все рассмотренные выше системы относятся к напорным. Для водоснабжения городов может применяться самотечная система (рис. 5), если водоисточник находится на достаточной высоте для создания необходимого напора в сети без помощи насосов. Вода из водоисточника после водоочистных сооружений по водоводу поступает непосредственно в распределительную сеть или сначала в разгрузочный резервуар, необходимый для снижения избыточного напора. Самотечные системы характеризуются меньшими капитальными и эксплуатационными затратами. Они надежнее напорных, так как не нуждаются в электроснабжении основного оборудования.

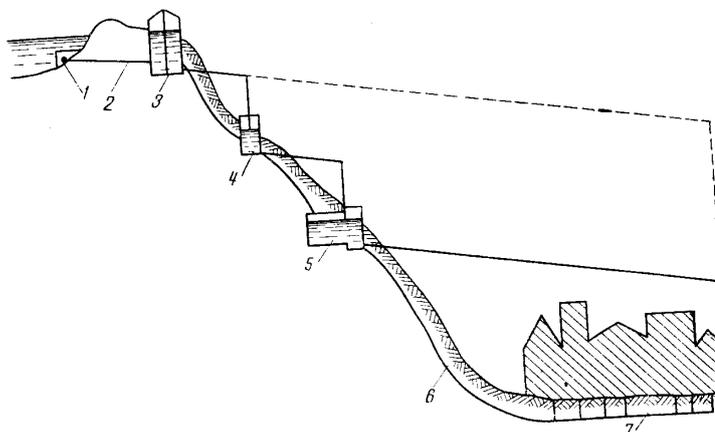


Рис. 5. Схема самотечного водопровода:
 1 - водоприемник; 2 - самотечные сооружения; 3 - береговой колодезь и очистные сооружения; 4 - разгрузочный колодезь; 5 - разгрузочный резервуар;
 6 - водопровод; 7 - водопроводная сеть

Зонные системы водоснабжения, т.е. системы, разделенные на отдельные зоны (участки) с самостоятельным питанием водой, устраивают при значительной разности отметок снабжаемой территории, большой её протяженности, а также при значительной разнице в напорах (например, микрорайоны города с разной

Противопожарное водоснабжение

этажностью застройки). Зонирование систем может быть обусловлено как техническими, так и экономическими соображениями. Зонирование позволяет снизить чрезмерно высокие напоры и уменьшить мощность, затрачиваемую на подъем воды, сократить расходы воды на утечки. Разделение на зоны (при значительной разности отметок или протяженности сети) производят, исходя из следующих условий: в наиболее высоко (или далеко) расположенной точке сети должен быть обеспечен необходимый свободный напор, а в её нижней точке (или начальной) напор не должен превышать 60 м.

По типам зонирования водопроводы бывают горизонтальными и вертикальными с последовательным или параллельным зонированием. При последовательном зонировании насосная станция каждой зоны подает воду в количестве, необходимом для всех вышележащих зон, но под напором, необходимым только для данной зоны. Насосы верхней зоны могут брать воду или непосредственно из сети нижней зоны (рис. 6, а), или из промежуточного резервуара (рис. 6, б). Резервуар может служить одновременно источником питания насосов верхней зоны и контррезервуаром для нижней зоны. Обычно резервуар располагается выше границы зон на отметках, обеспечивающих необходимые напоры в верхних точках сети нижней зоны.

При параллельной системе зонирования вода подается в сеть каждой зоны отдельными группами насосов, установленными в общей насосной станции, по отдельным водоводам. Каждая группа насосов подает количество воды, требуемое только для обслуживаемой ими зоны, на высоту, обеспечивающую свободные напоры в этих зонах. При этой системе в пределах сети каждой зоны также достигается возможность снижения давления. Максимальные давления будут наблюдаться в водоводах верхней зоны от насосов до сети.

Горизонтальный тип зонного водопровода применяют для больших по протяженности территорий (более 7-10 км) в городах со сравнительно ровным рельефом.

Вертикальный тип зонирования применяют при больших разностях отметок в связи со слишком большими напорами в нижних районах сети. Зонирование сети осуществляется таким образом, чтобы на нижней границе каждого района давление не превышало допустимого предела.

Противопожарное водоснабжение

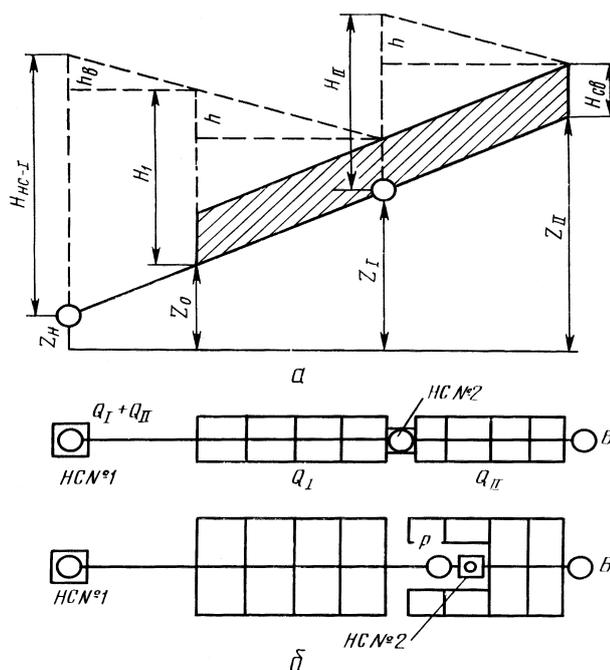


Рис. 6. Схема последовательного зонного водоснабжения

Вертикальное зонирование может быть произведено как по параллельной, так и по последовательной схеме. Выбор той или иной схемы водоснабжения производится на основании технико-экономических расчетов для различных вариантов. По техническим соображениям число зон определяют исходя из необходимости обеспечить в сети напоры, допускаемые техническими условиями эксплуатации водопровода.

Расчетная высота зоны, т.е. разность отметок местности в пределах зоны ΔZ не должна превышать величины:

$$\Delta Z = (Z_{\max} - Z_{\min}) = H_{\max} - H_{\text{св}} - h_{\max}.$$

Таким образом, задаваясь величиной H_{\max} , зная отметки местности в пределах территории города и принимая приближенно возможную величину потерь напора в сети, можно сделать вывод о том, является ли зонирование необходимым. Зонирование приводит также к уменьшению затрат мощности на прокачку воды, т.е. к снижению эксплуатационных затрат. Например, при последовательном зонировании затраты мощности для двух одинаковых зон:

$$N_e = Q \rho g H/2 + \rho g Q/2 H/2 = 3/4 QH \rho g,$$

а при отсутствии зонирования:

$$N_e = QH \rho g,$$

т.е. полезная мощность уменьшается на 25 %.

При параллельном зонировании

$$N_e = Q_1 H_1 \rho g + Q_2 H_2 \rho g = Q/2 h \rho g/2 + Q/2 h \rho g/2 = 3/4 QH \rho g,$$

т.е. уменьшение мощности также на 25 %. Для n равных зон (с равномерными подъемами местности, отдачей воды и гидравлическим уклоном)

$$N_n = \frac{n+1}{2n} N.$$

Противопожарное водоснабжение

Наряду с централизованными водопроводами в настоящее время в городах большое распространение имеют системы местного водоснабжения. Эти системы имеют управляемые вручную или автоматически насосные установки относительно небольшой производительности ($Q < 150 \text{ м}^3/\text{ч}$). Такие установки применяются преимущественно для повышения напора в водопроводах многоэтажных зданий, а также зданий средней этажности или их группы, расположенных в районах, где напор в наружной водопроводной сети является недостаточным, например, в районах с неблагоприятным рельефом местности или в отдаленных частях города.

Объединенные хозяйственно-противопожарные водопроводы городов бывают в большинстве случаев низкого давления. В небольших городах подача пожарных расходов воды обеспечивается включением дополнительных насосов подъема II, а в крупных городах они по своей величине составляют незначительную часть от хозяйственно-питьевых расходов, поэтому практически не оказывают влияния на режим работы насосной станции подъема II.

3. Особенности схем противопожарного водоснабжения промышленных предприятий.

Задачей системы водоснабжения промышленного предприятия является обеспечение его водой для производственных, хозяйственно-питьевых и противопожарных нужд.

Если при промышленном предприятии имеется рабочий поселок или несколько предприятий, расположенных близко друг к другу, то, как правило, они обслуживаются одной системой хозяйственно-противопожарного водоснабжения. Применяемые в подобных случаях схемы хозяйственно-противопожарного водоснабжения принципиально ничем не отличаются от рассмотренных схем для города.

В промышленных районах иногда устраивают районные системы хозяйственно-противопожарного водоснабжения, обслуживающие ряд промышленных предприятий и населенных пунктов. В таких системах вместо отдельных водопроводных сооружений для каждого предприятия устраивают общие сооружения: водозаборы, насосные и очистные станции, водоводы и др.

На промышленных предприятиях возможно применение следующих основных схем производственного водоснабжения: прямоточной; оборотной с охлаждением воды в градирнях, брызгальных бассейнах, прудах-охладителях; с последовательным использованием воды.

При прямоточном водоснабжении (рис. 7) насосная станция 2, расположенная вблизи водозаборного сооружения 1, подает воду для производственных целей в цехи 7 по сети 5. Отработанная вода поступает по канализационной сети 6 в тот же водоем без очистки (если она не загрязнена) или при необходимости после очистки ее в очистных сооружениях 8. В случае необходимости подачи воды для производственных нужд под различным давлением на насосной станции устанавливается несколько групп насосов, питающих обособленные сети. Для хозяйственно-противопожарных нужд поселка 9 и цехов предприятия 7 вода подается

Противопожарное водоснабжение

в самостоятельную сеть 4 специальными насосами. Предварительно вода очищается в очистных сооружениях 3.

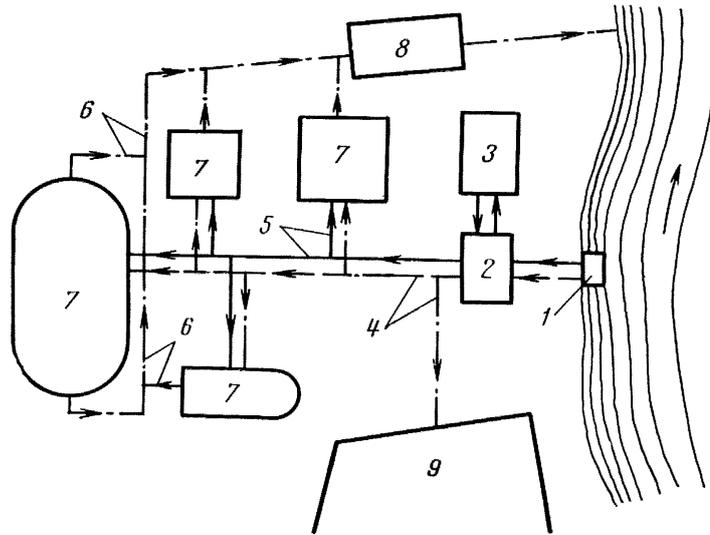


Рис. 7. Схема проточного водоснабжения промышленного предприятия

При оборотном водоснабжении использованная потребителем вода не сбрасывается в водоем, как при проточном водоснабжении, а вновь подается потребителям после обработки. Для пополнения потерь воды (в охлаждающих сооружениях при испарении, при утечке и др.) в оборотный цикл добавляют свежую воду из источника.

Схема оборотного водоснабжения показана на рис. 8. Насосами 5 вода после охлаждения на сооружении 4 подается по трубопроводам 6 к производственным агрегатам 7. Нагретая вода поступает в трубопроводы 8 и отводится на охлаждающие сооружения 4 (градирни, брызгальные бассейны, охлаждающие пруды). Добавление свежей воды из источника через водоприемник 1 производится насосами 2 по водоводам 3. Количество свежей воды в таких системах составляет обычно незначительную часть (3 - 6%) от общего количества воды.

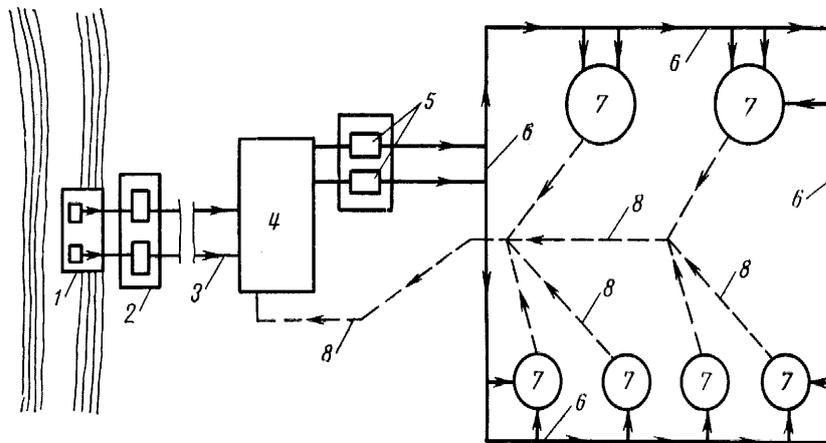


Рис. 8. Схема оборотного водоснабжения промышленного предприятия

Оборотное водоснабжение экономически выгодно, когда промышленное предприятие расположено на значительном расстоянии от источника

Противопожарное водоснабжение

водоснабжения или на значительном возвышении по отношению к нему. Также выгодно устраивать обратную систему водоснабжения, если расход воды в близлежащем водоеме мал, а потребности в производственной воде велики, если вода в процессе ее использования загрязняется настолько, что перед выпуском в водоем требуется весьма сложная и дорогостоящая очистка, между тем как повторное использование может быть допустимым после простой и дешевой очистки.

При последовательном водоснабжении вода, использованная одним потребителем, может быть использована во втором, а иногда и в третьем технологическом цикле промышленного предприятия. Вода, прошедшая несколько циклов, сбрасывается затем в канализационную сеть для обработки в очистных сооружениях.

Последовательное водоснабжение занимает как бы промежуточное положение между прямоточным и обратным. Так, количество воды, забираемой из источника, при последовательном водоснабжении меньше, чем при прямоточном, но больше, чем при обратном.

На одном и том же предприятии могут быть различные системы, обслуживающие разные цеха. Система производственного водопровода в целом для всего предприятия в большинстве случаев бывает смешанной (комбинированной).

Хозяйственно-питьевой водопровод промышленного предприятия может питаться водой от общего городского водопровода, районного или, при их отсутствии, принимаются схемы с самостоятельными источниками водоснабжения. Наиболее целесообразным оказывается использование в качестве водоисточников артезианских скважин, так как при этом обычно не требуется очищать и обеззараживать воду.

Противопожарный водопровод объединяется, как правило, с хозяйственно-питьевым, так как хозяйственно-питьевой водопровод охватывает всех потребителей, наиболее разветвлен, имеет наибольшую протяженность и к нему предъявляются менее жесткие требования по поддержанию постоянного напора, чем в производственной сети.

Схема подключения сети предприятия к городской сети (рис. 9) зависит от соотношения гарантированного H_r и требуемого напоров в условиях хозяйственно-питьевого водопотребления $H_{тр.хоз}$ и в условиях пожаротушения $H_{тр.пож}$. Если $H_{тр.хоз} < H_r < H_{тр.пож}$, то подключение сети может быть выполнено от двух разных точек кольцевой сети города без насосов-повысителей (рис. 9, а).

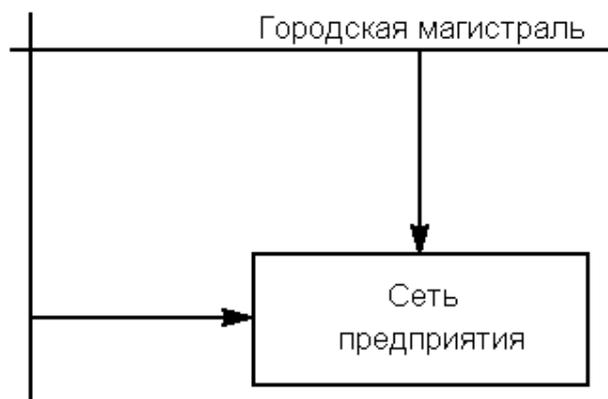
Если $H_{тр.хоз} < H_r < H_{тр.пож}$ то в обычное время заводская сеть питается от городской сети (рис. 9, б), а при пожаре включается пожарный насос на насосной станции 1, забирая воду на пожаротушение из резервуара 2. Обратные клапаны 3 предотвращают поступление воды из заводской сети в городскую и работу насосной станции на себя.

Если $H_{тр.хоз} > H_r < H_{тр.пож}$, то (рис. 9, в) устраивается повысительная насосная станция 1, обеспечивающая работу сети предприятия в обычных условиях и при пожаре. В этом случае в резервуаре 2 должен содержаться не только неприкосновенный запас воды на период пожаротушения, но и регулируемый

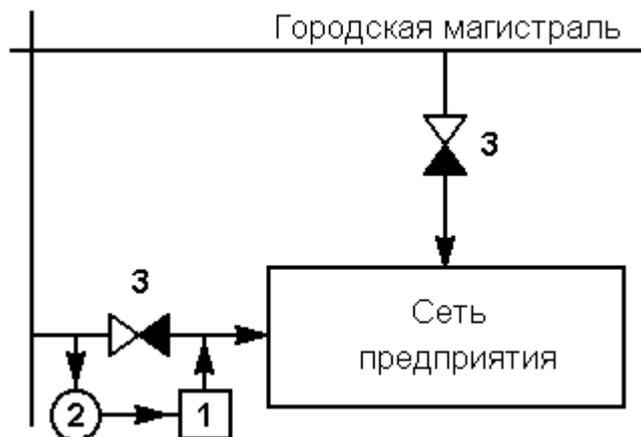
Противопожарное водоснабжение

объем воды, учитывающий неравномерность поступления воды из городской сети и потребление предприятия.

На промышленных объектах водопроводы противопожарного назначения могут устраиваться как низкого, так и высокого давления. Противопожарные водопроводы низкого давления можно устраивать только при наличии непосредственно на объекте или в радиусе 3 км от него пожарного депо, дежурные подразделения которого могут подать с учетом наличной пожарной техники огнетушащие средства с необходимым для целей тушения пожара расходом. В тех случаях, когда пожарное депо удалено от объекта на расстояние более 3 км или производительность средств тушения пожара недостаточна, необходимо предусматривать противопожарные водопроводы высокого давления.

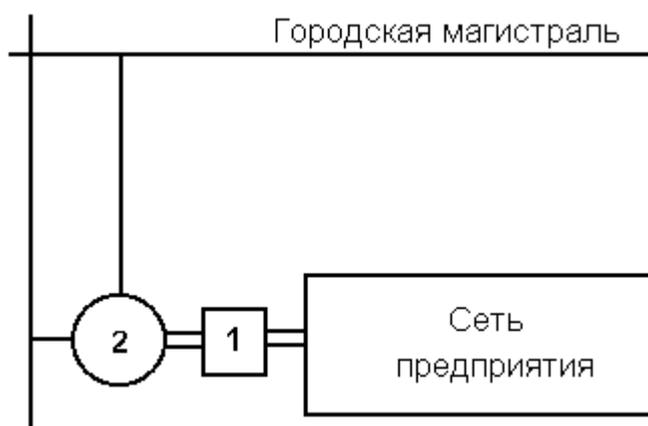


а $H_{тр.хоз} < H_r > H_{тр.пож}$



б $H_{тр.хоз} < H_r < H_{тр.пож}$

Противопожарное водоснабжение



$$в H_{тр.хоз} > H_r < H_{тр.пож}$$

Рис. 9. Схемы подачи воды из городского водопровода в объединенную сеть предприятия

Однако в тех случаях, когда пожарное депо располагается ближе 3 км, часто по причине повышенной пожарной опасности объекта рекомендуется устраивать противопожарные водопроводы высокого давления. При возникновении пожара успех его тушения во многом зависит от времени начала тушения пожара.

В противопожарных водопроводах высокого давления при наличии водонапорных башен предусматривают их отключение в случае пожара, чтобы избежать снижения давления вследствие разлива воды в бак водонапорной башни.

Часто противопожарные водопроводы высокого давления устраиваются самостоятельными. Особенно целесообразно устройство отдельных противопожарных водопроводов при наличии поблизости поверхностного водисточника, так как для целей пожаротушения можно использовать воду без какой-либо очистки. В то же время наличие только одной насосной станции и отсутствие очистных сооружений значительно снижают стоимость всей системы водоснабжения. Для повышения эффективности тушения пожаров на противопожарных водопроводных сетях высокого давления в некоторых случаях предусматривается установка стационарных лафетных стволов.

Если хозяйственно-противопожарный водопровод по тем или иным причинам не обеспечивает возросших потребностей в воде, то иногда устанавливают пожарные гидранты на производственном водопроводе. Однако такое решение, когда пожарные гидранты для пожаротушения одних зданий установлены на хозяйственной сети, а для тушения других - на производственной, нельзя считать удовлетворительным, поскольку это усложняет эксплуатацию гидрантов и снижает надежность их работы.

При оборудовании отдельных цехов предприятия спринклерными или дренчерными установками пожаротушения хозяйственно-противопожарный водопровод обслуживает и их.

Для нужд пожаротушения могут быть использованы также пруды-охладители, брызгальные бассейны и градирни, вода в которых не замерзает даже при низкой температуре. В этом случае необходимо предусматривать подъезды для забора воды передвижными насосами, однако следует помнить, что при заборе

Противопожарное водоснабжение

подогретой воды центробежными насосами уменьшается высота всасывания, а при температуре 60 °С и выше забор воды практически становится невозможным.

4. Схемы противопожарного водоснабжения малых населенных мест.

В малых населенных пунктах, которые располагаются главным образом в сельской местности и характеризуются относительно небольшим водопотреблением, в целях снижения эксплуатационных расходов применяются более простые, дешевые и в то же время эффективные схемы водоснабжения.

Как правило, для малых населенных пунктов должен устраиваться объединенный водопровод, обеспечивающий хозяйственные, питьевые, производственные и противопожарные нужды. Объемы водопотребления в таких системах колеблются от нескольких десятков до нескольких тысяч кубических метров в сутки.

Характерной особенностью водоснабжения в сельской местности является относительно малая величина хозяйственно-питьевых расходов по сравнению с расходами, необходимыми для тушения пожара. В зависимости от числа жителей и степени благоустройства зданий в населенном пункте противопожарные расходы могут оказаться равными или даже превосходить хозяйственно-питьевые. Следовательно, водопровод должен обеспечивать во время пожара подачу воды с расходом, значительно большим, чем в обычное время. Создание резервов водоснабжения на случай тушения пожаров (увеличение мощности насосных станций, емкости запасных резервуаров, увеличение диаметров труб и т.д.) ведет к удорожанию водопровода. Поэтому нередки случаи, когда устраивается только хозяйственно-производственный водопровод, а воду на противопожарные нужды забирают из противопожарных водоемов и резервуаров, располагаемых параллельно с водопроводом, который в этом случае должен обеспечивать пополнение противопожарных запасов воды.

Наибольшее распространение в сельской местности получили противопожарные водопроводы низкого давления, однако в соответствии с нормативными требованиями в сельских населенных пунктах при числе жителей до 5000 человек должны устраиваться более эффективные объединенные водопроводы высокого давления.

Для хозяйственно-противопожарного водопровода в малых населенных пунктах чаще всего устраиваются системы местного водоснабжения, в которых используются подземные воды, не требующие очистки, однако в случае очень большой глубины залегания подземных вод или повышенной их минерализации допускается использование открытых источников.

Широко распространенной схемой сельских водопроводов является схема с забором воды из местных источников с помощью шахтных колодцев или скважин и прямой подачей в водопроводную сеть при параллельном подсоединении водонапорной башни. Чаще всего применяют артезианские насосы типа АТН, НА или так называемые погружные глубоководные насосы типа АП, АЭНП с приводом от погружного электродвигателя. Применение погружных насосов позволяет

Противопожарное водоснабжение

полностью отказаться или свести к минимуму размеры наземных помещений над скважиной.

В качестве водонапорных сооружений в сельских водопроводах применяются металлические водонапорные башни-колонны сборно-блочной конструкции и башни из сборного железобетона. Башни-колонны выпускаются высотой до дна бака 8 и 10 м с вместимостью 15 и 25 м³. В металлической опоре башни также содержится вода 14 или 25 м³. Для использования этого объема при пожаре можно рекомендовать некоторое расширение колодца при башне и установку в нем насоса-повысителя, что во многих случаях позволяет создавать без существенных затрат сельские противопожарные водопроводы высокого давления.

Башни из сборного железобетона имеют высоту 12 и 16 м с опорами из трех стоек. Баки этих башен имеют емкость 25-30 м³.

Для отбора воды на противопожарные нужды на водопроводной сети устанавливаются пожарные гидранты, для отбора воды на хозяйственные нужды - водоразборные колонки. В целях снижения строительных и эксплуатационных затрат ВНИИПО МВД России разработал гидрант-колонку, которая предназначена для отбора воды на хозяйственно-питьевые и противопожарные нужды.

Население, проживающее в поселке, застроенном одноэтажными жилыми зданиями, воду получает, как правило, из водоразборных колонок, к другим жилым, производственным, административным и культурно-бытовым зданиям воду подают по вводам.

В ряде сельскохозяйственных районов нашей страны подземные водоисточники сильно минерализованы, а поверхностные местные источники отсутствуют. В таких случаях для водоснабжения воду забирают из многоводных источников, расположенных иногда на значительных расстояниях. Так как подвод воды из отдаленных источников стоит очень дорого, целесообразно в этих случаях объединять ряд населенных пунктов и устраивать групповые системы водоснабжения.

Групповая сеть рассчитана на равномерную подачу воды в течение суток. Для регулирования водопотребления предусмотрены резервуары при насосных станциях перекачек и резервуары при внутрипоселковых системах. В этих резервуарах хранятся также аварийные и пожарные запасы воды.

Системы групповых водопроводов оснащены электрооборудованием, средствами автоматизации, телемеханизации и связи, которые обеспечивают автоматизацию работы основных агрегатов, аварийную сигнализацию, надежную связь между всеми объектами водопровода и между ремонтными бригадами.

Вследствие больших давлений в магистральных трубопроводах их прямое подключение к внутрипоселковым системам невозможно. Рассмотрим некоторые схемы привязки поселковых водопроводов к водоводам групповых систем.

Схемы 1, 2, изображенные на рис. 10, предназначаются для поселковых хозяйственно-противопожарных водопроводов как высокого, так и низкого давления, схема 3 - только для водопровода низкого давления.

По схеме 1 вода из группового водопровода 1 поступает в приемные резервуары 4, из которых забирается насосами поселковой станции 5 и подается в разводящую сеть поселка 6. Насосные агрегаты работают круглосуточно,

Противопожарное водоснабжение

неравномерность водопотребления регулируется ступенчатой работой насосов. Наполнение резервуаров и сохранение неприкосновенного запаса воды в них достигается автоматическим открыванием или закрыванием задвижки с электроприводом 3, установленной на подающем трубопроводе 2 в помещении насосной станции. В том случае, если насосная станция оборудуется и пневматической установкой, работа хозяйственных насосов, подающих воду в разводящую сеть поселка, происходит с периодическими остановками. При наполненном водовоздушном баке происходит отключение насосов, при опорожнении - включение.

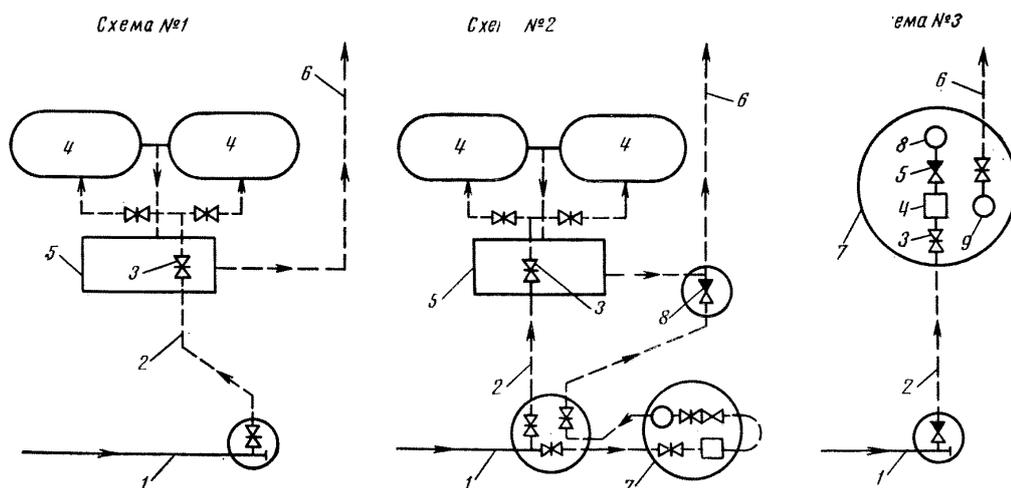


Рис. 10. Схемы подключения систем водоснабжения к водоводам групповых водопроводов

По схеме 2 вода из группового водопровода 1 поступает одновременно в запасные резервуары 4 и в бак водонапорной башни 7. Работа водонапорной башни, как правило, ограничивается периодами минимального водопотребления, когда расчетная подача воды из группового водопровода равна или больше расхода воды по поселку. С увеличением водопотребления вода в разводящую сеть 6 поселка подается насосной станцией 5. Как и в предыдущей схеме, отключение резервуаров и водонапорной башни от группового водопровода осуществляется автоматической задвижкой 3, установленной на подводящем трубопроводе 2. При включении пожарного насоса водонапорная башня 7 автоматически отключается от поселковой сети. Для этой цели на водоводе, идущем от башни, устанавливается обратный клапан 8.

По схеме 3 вода из группового водопровода 1 по подающему трубопроводу 2 поступает в бак водонапорной башни 7, а из нее в разводящую сеть поселка 6. Башня оборудуется подающим 8 и разводящим 9 стояками. На подающем трубопроводе устанавливаются задвижка 3 с электроприводом, автоматически открывающаяся или закрывающаяся при наполнении или опорожнении бака до нижнего и верхнего расчетных уровней воды, водомер 4 и обратный клапан 5.

В том случае, если в населенном пункте пожарный водопровод отсутствует или не полностью обеспечивает возросшие нужды в воде, необходимо для целей пожаротушения использовать искусственные (пруды, колодцы, резервуары, водохранилища) и естественные (ключи, реки и озера) водоемы. Для

Противопожарное водоснабжение

противопожарных целей в сельской местности могут быть использованы также хозяйственные и производственные водопроводы, оросительные системы и др.

ЛЕКЦИЯ № 7, 8

ТЕМА 4: Расходы и напоры воды в противопожарных водопроводах.

Гидравлический расчёт водоводов, сетей, головных сооружений водопровода.

1. Основные категории водопотребителей.

При проектировании системы водоснабжения определение необходимого потребителю количества воды и режима ее подачи является первостепенной задачей. Водопотребители делятся на три основные категории: хозяйственно-питьевые, производственные (для удовлетворения технических целей на предприятиях), пожарные (для создания пожаро-взрывобезопасных условий жилого и производственного сектора города). Таким образом, централизованная система водоснабжения населенного пункта в зависимости от местных условий и принятой схемы водоснабжения должна обеспечивать: хозяйственно-питьевое водоснабжение в жилых общественных зданиях, нужды коммунально-бытовых предприятий; хозяйственно-питьевое водопотребление на предприятиях; производственные нужды промышленных и сельскохозяйственных предприятий; тушение пожаров; собственные нужды станций водоподготовки, промывку водопроводных и канализационных сетей и т. д.

Параметры элементов системы водоснабжения должны находиться в соответствии с количеством подаваемой воды и с намеченным для них режимом работы. Общее количество воды, которое должно быть подано потребителям каждой категории, определяется в соответствии с действующими на рассматриваемый период нормами (СНиП), основанными на анализе фактической работы существующих систем.

2. Расход воды для целей пожаротушения.

Для тушения пожара водой используют: передвижные средства пожаротушения по временно проложенным насосно-рукавным системам; стационарные установки пожаротушения в зданиях; установки водопенного тушения; оборудование для создания водяных завес, предотвращающих опасность теплового излучения или снижающих температуру нагретых газов, оборудование водоснабжения для повышения огнестойкости строительных конструкций в технологических установках во время пожара, оборудование водонаполнения стальных конструкций замкнутого профиля и др.

Общий расчетный пожарный расход воды, от которого зависят параметры водопроводных сооружений противопожарного водопровода складывается из расходов на наружное тушение от гидрантов Q_n , тушение пожаров внутри зданий от внутренних пожарных кранов $Q_{вн}$, и расхода воды для тушения пожаров стационарными установками $Q_{уст}$, т.е.

Противопожарное водоснабжение

$$Q_{\text{рас}} = Q_{\text{н}} + Q_{\text{вн}} + Q_{\text{уст}} \cdot \quad (1)$$

В случае объединенного водопровода расчетный расход воды на тушение пожара должен быть обеспечен при наибольшем расходе воды на другие нужды (на промышленных предприятиях расход воды на поливку территории, прием душа, мытье полов и мойку технологического оборудования во время пожара не учитываются).

Расход воды для целей пожаротушения зависит от характера развития пожара и условий подачи ее в очаг горения. Чем выше пожарная опасность объекта, тем больше требуется воды для тушения пожара. Подавая в очаг пожара значительное количество воды, можно ликвидировать его в течение сравнительно короткого времени. Однако для строительства водопроводов, рассчитанных на пропуск большого количества воды, необходимы большие материальные затраты. Если предусмотреть незначительные расходы воды для тушения пожаров, то можно сократить капитальные затраты на строительство водопровода, но при этом трудно создать нормальные условия для борьбы с пожарами, которые в этом случае могут иметь затяжной характер и сопровождаться большим ущербом в результате уничтожения материальных ценностей, нарушения технологического цикла при аварии, вызванной пожаром. Поэтому расход воды для тушения пожара назначают в зависимости от пожарной опасности объекта, его значимости, а также, исходя из условий обеспечения требуемой безопасности при наименьших затратах на строительство и эксплуатацию противопожарных водопроводов. Величина расхода воды для тушения пожаров приводится в соответствующих нормативных документах, которые составлены на основании обработки статистических данных о фактических расходах воды с учетом создания условий тушения на различных объектах.

Для населенных пунктов расход воды на наружное пожаротушение и количество одновременных пожаров для расчета магистральных (расчетных кольцевых) линий водопроводной сети должны приниматься в зависимости от числа жителей и этажности застройки по табл. 1. При этом установленный расход должен быть не менее расхода воды на пожаротушение жилых и общественных зданий, определенного в зависимости от их огнестойкости (СНиП).

При зонном водоснабжении расчетный расход на наружное пожаротушение и количество одновременных пожаров следует принимать для каждой зоны отдельно в зависимости от количества жителей, проживающих в зоне.

Для сельскохозяйственных групповых водопроводов, обслуживающих несколько населенных пунктов количество одновременных пожаров определяется по табл. 1 в зависимости от общего числа жителей во всех населенных пунктах. Расчетный расход воды на наружное пожаротушение следует принимать для каждого населенного пункта в зависимости от численности населения в нем (табл. 1).

Расход воды на наружное пожаротушение (на один пожар) жилых и общественных зданий для расчета соединительных и распределительных линий водопроводной сети, а также водопроводной сети внутри микрорайона следует принимать для здания, требующего наибольшего расхода воды в зависимости от величины его объема и степени огнестойкости.

Противопожарное водоснабжение

В городах с населением более 1 млн. человек расход воды на пожаротушение и расчетное число одновременных пожаров устанавливаются в каждом конкретном случае по согласованию с местными органами управления и подразделениями Государственной противопожарной службы.

Расчетный расход воды на наружное пожаротушение через гидранты на один пожар для промышленных и сельскохозяйственных предприятий (производственные здания с фонарями, а также без фонарей шириной до 60 м) определяется согласно действующим нормам (СНиП) и приведен в табл. 2. Величина его зависит от степени огнестойкости здания, объема и категории здания. В случае, если здание разделено противопожарными стенами на отдельные противопожарные отсеки, пожарный расход принимается по тому отсеку, для которого он является наибольшим.

Таблица 1

Число жителей в населенном пункте	Расчетное количество одновременных пожаров	Расход воды на наружное пожаротушение в населенном пункте на один пожар, л/с, независимо от степени огнестойкости	
		зданий высотой до 2 этажей включительно	зданий высотой 3-го этажа и выше
До 1	1	5	10
Свыше 1 до 5	1	10	1
5-10	1	10	15
10-25	2	10	15
25-50	2	20	25
50-100	2	25	35
100-200	3	-	40
200-300	3	-	55
300-400	3		70
400-500	3	-	80
500-600	3	-	85
600-700	3	-	90
700-800	3	-	95
800-1000	3	-	100

Учитывая трудность тушения пожаров в бесфонарных зданиях больших объемов (ширина $l = 60$ м) в связи с возможным задымлением и высокой температурой, нормативные расходы воды для них принимаются несколько большими (табл. 3). Для предприятий с помещениями категорий В, Г и Д при

Противопожарное водоснабжение

расходе воды на наружное пожаротушение 10 л/с допускается осуществлять противопожарное водоснабжение из водоемов и резервуаров.

При двух пожарах на предприятии расчетный расход воды на пожаротушение принимается по двум зданиям, требующим наибольшего расхода воды.

Таблица 2

Степень огнестойкости здания	Категория помещения по пожарной опасности	Расход воды, л/с, для тушения пожара в здании объемом, тыс. м ³						
		До 3	До 5	До 20	До 50	До 200	До 400	Более 400 до 600
I и II	Г, Д	10	10	10	10	15	20	25
I и II	А, Б, В	10	10	15	20	30	40	40
III	Г, Д	10	10	15	25	35		
III	В	10	15	0	30	40		
IV и V	Г, Д	10	15	20	30	-		
IV и V	В	15	20	25	40	-		

Таблица 3

Степень огнестойкости здания	Категория помещения по пожарной опасности	Расход воды, л/с, для тушения пожара в зданиях объемом, тыс. м ³									
		50	100	200	300	400	500	600	700	800	
I и II	А, Б и В	20	30	40	50	60	70	80	90	10	
I и II	Г и Д	10	15	20	25	30	35	40	45	50	

Расход воды на наружное пожаротушение зданий сельскохозяйственных предприятий I и II степени огнестойкости объемом не более 5 тыс. м³ с помещениями категорий Г и Д следует принимать 5 л/с. Для зданий II степени огнестойкости с деревянными конструкциями расход воды следует принимать на 5 л/с больше указанного в табл. 2 или 3, а для одно- и двухэтажных производственных и одноэтажных складских зданий высотой не более 18 м с несущими стальными конструкциями (с пределом огнестойкости не менее 0,25 ч) и ограждающими конструкциями (стены, покрытия) из стальных профилированных или асбестоцементных листов с полимерными утеплителями необходимо увеличить расход на 10 л/с.

На наружное пожаротушение открытых площадок хранения контейнеров с грузом до 5 т установлены нормативные расходы в зависимости от их количества: от 30 до 50 шт. - 15 л/с; до 100 шт. - 20 л/с; до 300 шт. - 25 л/с; до 1000 шт. - 40 л/с.

Расход воды на наружное пожаротушение зданий объемами более указанных в табл. 2, 3 устанавливается по согласованию с территориальными органами Государственной противопожарной службы.

Расчетное количество одновременных пожаров на промышленных или сельскохозяйственных предприятиях принимается в зависимости от занимаемой площади $F_{пр}$ (так как увеличение площади предприятия связано с увеличением количества производственных зданий, а это, в свою очередь, влечет за собой

Противопожарное водоснабжение

возможность возникновения большего числа пожаров) принимается равным: один пожар - при $F_{пр} \leq 150$ га; два пожара - при $F_{пр} > 150$ га. Причем в качестве расчетного принимается пожар, требующий наибольшего расхода воды. Например, площадь промышленного предприятия составляет 250 га. На его территории расположены: главный корпус - бесфонарное здание шириной до 60 м и объемом $W = 400$ тыс. м³, II степени огнестойкости с помещением категории Б; вспомогательный корпус объемом $W = 45$ тыс. м³ и шириной менее 60 м, здание III степени огнестойкости с помещением категории В; склад бумаги объемом $W = 5000$ м³, здание III степени огнестойкости категории В. Из анализа вышесказанного на предприятии принимаются два одновременных пожара. По табл. 2 устанавливают, что для тушения пожара в главном корпусе требуется расход воды 35 л/с, во вспомогательном корпусе - 30 л/с, в складе - 15 л/с. Следовательно, расчетный расход воды на наружное пожаротушение предприятия составит: $Q_h^{пож} = 35 + 30 = 65$ л/с.

При расположении предприятия в самом городе в расчетное число пожаров, определенное по табл. 1, включаются пожары на промышленных предприятиях с расходом воды, принимаемым по табл. 2 и 3.

Таблица 4

Площадь территории предприятия, га	Число жителей в населенном пункте, тыс. чел.	Расчетное число одновременных пожаров
До 150	До 10	1 пожар (на предприятии или в населенном пункте - по наибольшему расходу)
До 150	От 10 до 25	2 пожара (по одному на предприятии и в населенном пункте)
Более 150	До 25	2 пожара (2 на предприятии или два в населенном пункте - по наибольшему расходу)

Расчетное число одновременно возможных пожаров при объединенном противопожарном водопроводе (населенного пункта и производственного комплекса вне населенного пункта) приведено в табл. 4.

Если в населенном пункте число жителей свыше 25 тыс., - расчетное число пожаров для населенного пункта определяется по табл. 1, а для предприятия – в зависимости от его площади. При этом пожарный расход воды находят как сумму большего расхода (на предприятии или в населенном пункте) и половины необходимого минимального расхода (на предприятии или в населенном пункте).

При нескольких промышленных предприятиях в одном населенном пункте решение этого вопроса требует согласования с органами Государственной противопожарной службы.

Продолжительность тушения пожара согласно нормам должна приниматься

Противопожарное водоснабжение

3 ч; для зданий I и II степени огнестойкости с несгораемыми несущими конструкциями и утеплителями с категориями Г и Д - 2 ч.

Для пожаротушения зданий, оборудованных пожарными кранами, должен учитываться дополнительный расход к расходам, указанным в табл. 1 ÷ 3, который следует принимать для зданий, требующих наибольшего расхода воды. Расход воды на работу пожарных кранов принимается в зависимости от числа одновременно работающих струй и минимального расхода воды на одну струю в соответствии с требованиями действующих СНиПов. При этом учитывается назначение зданий и сооружений, этажность, объем и высота, а для производственных и складских - категория пожарной опасности.

При объединенном водопроводе, обслуживающем не только наружные гидранты и внутренние пожарные краны, но и спринклерные и дренчерные установки, расход воды на тушение пожара в течение 1 ч с момента начала пожаротушения принимается как сумма наибольших расходов, определенных по соответствующим нормам. В остальные 2 ч тушения пожара учитывается работа пожарных кранов и гидрантов. При наличии на промышленном объекте пенных установок, установок с лафетными стволами или установок подачи распыленной воды полный пожарный расход определяется в соответствии с требованиями пожарной безопасности, предусмотренными нормами строительного проектирования предприятий, зданий и сооружений соответствующих отраслей промышленности с учетом дополнительного расхода воды в размере 25 % из гидрантов в соответствии с табл. 2 и 3 (при этом суммарный расход должен быть не менее указанного в этих таблицах).

Пример. На промышленном предприятии расход воды составляет:

- на внутреннее пожаротушение - 5 л/с;
- на лафетные стволы - 30 л/с;
- на наружное пожаротушение - 20 л/с.

Тогда расход воды, отбираемой от гидрантов, определяется по формуле:

$$Q_{нар} = 0,25 \cdot 20 = 5 \text{ л/с.}$$

Расход воды для работы лафетных стволов и с гидранта будет равен: $Q_{лаф} = 30 + 5 = 35 \text{ л/с}$, что больше нормативного расхода на наружное пожаротушение, равного 20 л/с.

Следовательно, суммарный пожарный расход будет складываться

$$Q_{пож} = Q_{лаф} + Q_{нар} + Q_{вн} = 30 + 5 + 5 = 40 \text{ л/с.}$$

Если бы для этого объекта на наружное пожаротушение потребовалось 60 л/с, то $\bar{Q}_{нар} = 0,25 \cdot 60 = 15 \text{ л/с}$, а с учетом работы лафетных стволов

$\bar{Q}_{нар} = Q_{нар} + Q_{лаф} = 15 + 30 = 45 \text{ л/с}$, что меньше принятых по нормам 60 л/с на наружное пожаротушение. Поэтому суммарный расход в этом случае должен быть принят равным

$$Q_{пож} = Q_{нар} + Q_{вн} = 60 + 5 = 65 \text{ л/с.}$$

Для крупных промышленных предприятий (нефтеперерабатывающих заводов, химических комбинатов, лесобирж и т.п.) создают самостоятельные системы водоснабжения, которые не связаны с городским водопроводом. Для

Противопожарное водоснабжение

такого типа объектов имеются специальные нормы расходов воды на пожаротушение.

3. Обоснование нормативных расходов воды для целей пожаротушения.

Обоснование норм расходов воды для целей пожаротушения производится на основании данных о фактических расходах при тушении пожаров, наблюдаемых не менее чем за 10 лет. При этом анализируются следующие факторы: объект, на котором произошел пожар, время возникновения пожара, время прибытия пожарных подразделений, время подачи первого ствола, количество стволов и величина общего расхода, время ликвидации пожара, количество одновременно возникших пожаров в населенном пункте.

Анализ и обработка полученных данных дает возможность обосновать расчетный расход на тушение пожаров и определить расчетное количество одновременных пожаров.

Представляет большой интерес анализ зависимости расходов воды на пожаротушение от суммарного числа анализируемых пожаров. Эта зависимость, по данным профессора В.Г. Лобачева, представлена на рис. 1.

Из графика видно, что при расходе воды 10 л/с тушатся 50 % пожаров, при расходе 100 л/с – 98 %. Учитывая, что наибольший расход на наружное пожаротушение, предусмотренный нормами, составляет 100 л/с, нетрудно прийти к такому заключению, что нормативные расходы в некоторых случаях значительно меньше требуемых, так как для тушения остальных пожаров, составляющих всего 2 %, требуется расход воды, значительно превышающий максимальный нормативный.

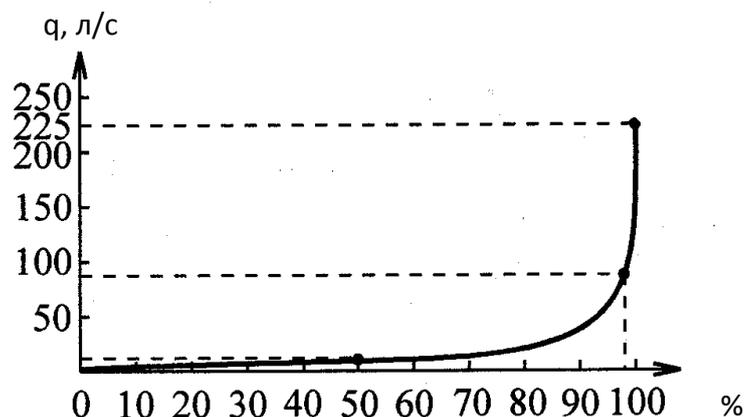


Рис. 1. Зависимость расхода воды от суммарного числа пожаров (по В.Г. Лобачеву)

На первый взгляд, 2 % - незначительная величина. Однако именно эти 2 % пожаров, на которые требуются большие расходы воды, составляют крупные пожары с огромными убытками от них. Поэтому при проектировании водопроводов необходимо решить задачу: либо обеспечить пропуск пожарного

Противопожарное водоснабжение

расхода в 225 л/с, при котором тушатся все 100 % пожаров, что приводит к увеличению капитальных и эксплуатационных затрат водопроводной системы, либо проектировать сеть, обеспечивающую пропуск нормативного пожарного расхода с выполнением при этом дополнительных мероприятий, предусматривающих устройство водоемов с запасом воды для тушения пожара. Предпочтение отдается наиболее экономически выгодному варианту.

Ввиду того что пожарные расходы воды нередко приходится пропускать через водопроводные сооружения совместно с расходами воды на другие нужды, необходимо, хотя бы кратко, остановиться на вопросах обеспечения подачи воды для целей пожаротушения совместно с расходами воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды.

4. Расходы воды на хозяйственно-питьевые, производственные и другие нужды.

Подача полного расчетного расхода воды для тушения пожара должна быть обеспечена при наибольшем часовом расходе воды на другие нужды (при этом расход воды на поливку территории, прием душа, мытье полов в производственных зданиях и мойку технического оборудования не учитывается). Распределение расходов воды по часам суток в населенных пунктах, на промышленных и сельскохозяйственных предприятиях принимается на основании расчетных графиков водопотребления.

Нормы водопотребления (количество воды, расходуемой водопотребителем в течение суток) принимают в соответствии с требованиями СНиП в зависимости от степени благоустройства жилых зданий (табл. 5).

Таблица 5

Степень благоустройства районов	Норма на одного жителя среднесуточная (за год) $q_{ж}$, л/с
1. Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией без ванн	125 - 160
2. То же с ваннами, местными водонагревателями	160 - 230
3. >> с централизованным горячим водоснабжением	250 - 350
4. Водопотребление из водоразборных колонок	30 - 50

Нормами водопотребления учтен расход воды на хозяйственно-питьевые и бытовые нужды жилых и общественных зданий. Количество воды на нужды местной промышленности и неучтенные расходы допускается принимать дополнительно в размере 5 – 10 % суммарного расхода воды на хозяйственные нужды населенного пункта.

Расчетный (средний за год) суточный расход воды $Q_{сут.ср}$ ($м^3/сут$) на

Противопожарное водоснабжение

хозяйственно-питьевые нужды в населенном пункте определяют по формуле:

$$Q_{сут.ср} = \frac{q_{ж} N}{1000}, \quad (2)$$

где $q_{ж}$ - норма водоснабжения (принимается по табл. 5); N - расчетное число жителей.

Расчетные расходы воды в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления составят:

$$Q_{сут.макс} = k_{сут.макс} \cdot Q_{сут.ср}; \quad (3)$$

$$Q_{сут.мин} = k_{сут.мин} \cdot Q_{сут.ср}, \quad (4)$$

где $k_{сут}$ - коэффициенты суточной неравномерности водопотребления, полученные в результате анализа работы действующих систем водоснабжения, которые учитывают уклад жизни населения, степень благоустройства зданий, режим работы предприятий, изменения водопотребления по сезонам года.

Часовая неравномерность потребления воды характеризуется максимальным и минимальным коэффициентами часовой неравномерности, которые по данным работы городских водопроводов определяют из выражений:

$$k_{ч.макс} = \alpha_{макс} \beta_{макс}; \quad (5)$$

$$k_{ч.мин} = \alpha_{мин} \beta_{мин}, \quad (6)$$

где α - коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и др. ($\alpha_{макс} = 1,2 - 1,4$); β - коэффициент, учитывающий число жителей в населенном пункте и определяемый по таблице СНиПа.

Расчетные часовые расходы воды составят:

$$q_{ч.макс} = k_{ч.макс} \frac{Q_{сут.макс}}{24}, \quad (7)$$

$$q_{ч.мин} = k_{ч.мин} \frac{Q_{сут.мин}}{24}. \quad (8)$$

Суточный расход воды в населенном пункте при наличии районов с различной степенью благоустройства жилой застройки определяют как сумму суточных расходов воды по отдельным районам при соответствующих норме водопотребления и количестве жителей.

Расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды рабочих принимаются для цехов со значительным тепловыделением (более 80 кДж (20 ккал) на 1 м³/ч) $q_p = 45$ л, в остальных случаях - $q_p = 25$ л на каждого работающего в смену. В дополнение к этому на производствах, связанных с загрязнением тела или требующих особого санитарного режима, должен быть учтен расход воды на душевые.

Таким образом, средний расход воды за смену составит

$$Q_{смен.ср} = \frac{q_p N}{1000}, \text{ м}^3/\text{см}, \quad (9)$$

где N - число работающих в смену.

Среднечасовой расход равен

Противопожарное водоснабжение

$$Q_{\text{ч.ср}} = \frac{Q_{\text{смен.ср}}}{t_{\text{см}}} = \frac{q_p N}{1000 t_{\text{см}}}, \quad (10)$$

где $t_{\text{см}}$ - время работы одной смены.

Максимальный часовой расход, определяемый с учетом коэффициента часовой неравномерности водопотребления, составит

$$Q_{\text{ч.макс}} = K_{\text{ч}} Q_{\text{ч.ср}} = K_{\text{ч}} \frac{q_p N}{1000 t_{\text{см}}}, \quad (11)$$

где $K_{\text{ч}}$ - коэффициент часовой неравномерности, равный: $K_{\text{ч}} = 2,5$ - для цехов с тепловыделением более 80 кДж (20 ккал) на 1 м³/ч; $K_{\text{ч}} = 3$ - для остальных цехов.

Расход воды на благоустройство территории населенных пунктов и промышленных предприятий определяется на основании существующих норм на одну поливку единицы площади. При отсутствии сведений о площадях, подлежащих поливке или мойке, для предварительных расчетов рекомендуется принимать суммарный расход на эти нужды из расчета 50 - 90 л/сут на одного жителя в зависимости от климатических условий, мощности водоисточника, степени благоустройства населенных пунктов и других местных условий.

На производственных предприятиях поливку зеленых насаждений и мойку проездов разрешается производить водой из сетей производственного водоснабжения, если количество ее соответствует санитарным и агротехническим нормам.

5. Режим водопотребления.

Расходование воды в населенных местах и на предприятиях неравномерно. Оно изменяется в течение года, суток часов. Неравномерность водопотребления в населенных местах зависит от численности населения и степени благоустройства. Так, в больших городах неравномерность водопотребления меньше, чем в городах с небольшим населением. Это объясняется тем, что с увеличением численности потребителей сглаживаются колебания водопотребления, и разница между максимальным и средним водопотреблением уменьшается.

Неравномерность водопотребления выражают графики, на которых по оси абсцисс откладывается время в часах, а по оси ординат - расход воды в процентах от полного суточного расхода. Средний часовой расход воды $Q_{\text{сут.ср}}$ применительно к графикам водопотребления равен 4,17 % (определяют делением 100 % на 24 ч сут).

При расчете режимов работы системы водоснабжения (насосно-системного оборудования, регулирующих емкостей и др.) по графикам водопотребления для каждой категории потребителей, получающих воду из водопровода, строим суммарный график водопотребления и находим часовые (секундные) расходы воды в целом и по отдельным группам потребителей.

Подобные графики режима водопотребления составляют на основании информации о действующих системах, близких к проектируемой системе по условиям климата, численности населения, степени благоустройства. Это дает возможность получить предельные расчетные часовые расходы для суток

Противопожарное водоснабжение

наибольшего и наименьшего водопотребления.

Отношение суточного расхода в дни наибольшего водопотребления $Q_{сут.макс}$ к среднему суточному расходу $Q_{сут.ср}$ определяется коэффициентом суточной неравномерности водопотребления:

$$k_{сут} = Q_{сут.макс} / Q_{сут.ср} \quad (12)$$

Отношение расхода воды в час максимального водопотребления $Q_{ч.макс}$ к среднему часовому расходу $Q_{ч.сут}$ называют *коэффициентом часовой неравномерности водопотребления*:

$$k_{ч} = Q_{ч.макс} / Q_{ч.сут} \quad (13)$$

Графики расхода воды по часам представляют собой диаграммы, в которых отражена динамика отбора воды потребителями в течение суток. Расход воды в пределах каждого часа предполагается постоянным, а возможные изменения напора воды в пределах часа не учитываются. Такое допущение не вызывает существенных нарушений водообеспечения потребителей, так как в расчетный период сооружения системы имеют резерв для увеличения подачи воды.

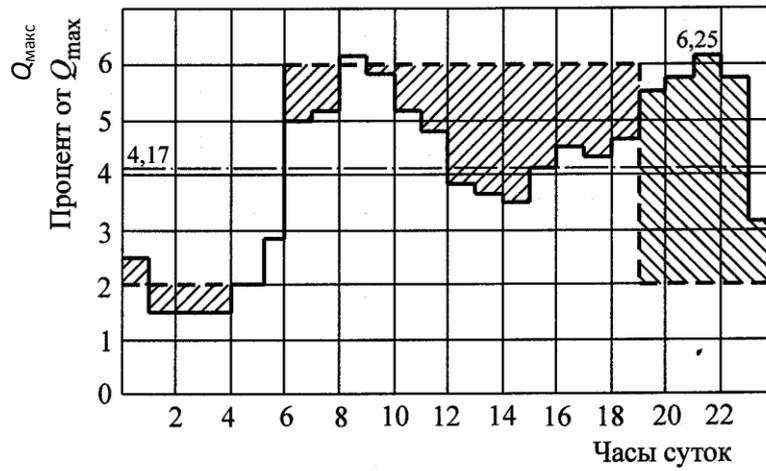
Анализ режима водопотребления населенных пунктов различного типа позволил составить для них характерные графики колебания расхода воды в течение суток (рис. 2).

Часовые расходы здесь выражены в процентах от суточного расхода. Отношение наибольшей и наименьшей ординат к средней (4,17%) дает соответственно коэффициент часовой неравномерности $K_{ч.макс}$ и $K_{ч.мин}$. В табл. 6 даны расходы воды в отдельные часы суток (в процентах от суточного расхода) при $K_{ч.макс} = 1,25$ - для больших; $K_{ч.мин} = 1,35$ - для средних и $K_{ч.макс} = 1,5$ - для малых городов.

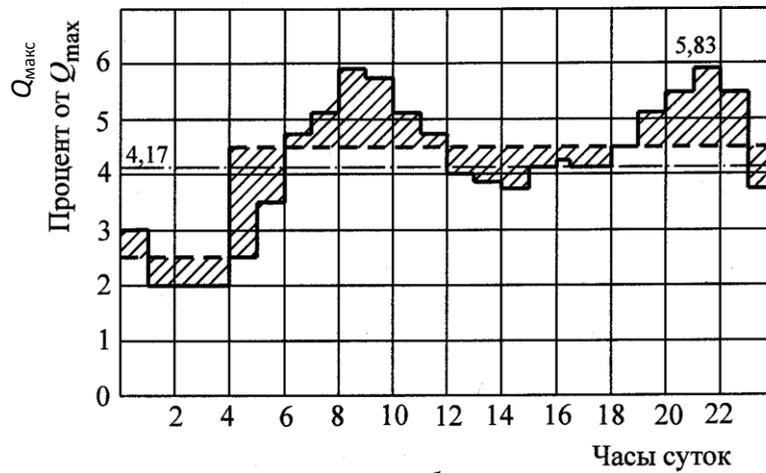
Если система водоснабжения подает воду предприятиям, расположенным в городе, графики отбора воды следует сложить с графиками хозяйственно – питьевого водоснабжения.

Колебания расхода воды в течение суток на производственные нужды диктуются особенностями технологического производства и способами потребления воды. В большинстве случаев крупные промышленные объекты расходуют воду сравнительно равномерно. Изменение расходов используемой воды обычно носят сезонный характер.

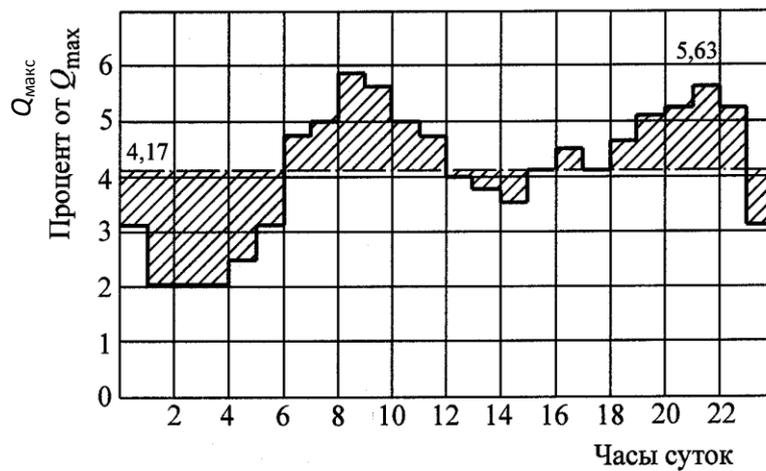
Противопожарное водоснабжение



а



б



в

Рис. 2. Примеры графиков суточного водопотребления для городов:
а - $K_{ч} = 1,5$ (малых); б - $K_{ч} = 1,35$ (средних); в - $K_{ч} = 1,25$ (больших)

Противопожарное водоснабжение

Таблица 6

Часы суток	Часовой расход воды, %, от суточного расхода при $K_{ч.макс}$		
	1,5	1,35	1,25
0–1	1,5	3	3,35
1–2	1,5	3,2	3,25
2–3	1,5	2,5	3,3
3–4	1,5	2,6	3,2
4–5	2,5	3,5	3,25
5–6	3,5	4,1	3,4
6–7	4,5	4,5	3,85
7–8	5,5	4,9	4,45
8–9	6,25	4,9	5,2
9–10	6,25	5,6	5,05
10–11	6,25	4,9	4,85
11–12	6,25	4,7	4,6
12-13	5	4,4	4,6
13-14	5	4,1	4,55
14-15	5,5	4,1	4,75
15-16	6	4,4	4,7
16-17	6	4,3	4,65
17-18	5,5	4,1	4,35
18-19	5	4,5	4,4
19-20	4,5	4,5	4,3
20-21	4	4,5	4,3
21-22	3	4,8	4,2
22-23	2	4,6	3,75
23-24	1,5	3,3	3,7
<i>Итого:</i>	100,0	100,0	100,0

Таким образом, при проектировании городского водопровода должен быть составлен общий график водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды населения и потребления воды из сети городского водопровода промышленными предприятиями.

Кроме того, должна быть обеспечена подача полного расчетного расхода воды для пожаротушения при наибольшем расходе ее на другие нужды.

6. Противопожарные водопроводы низкого и высокого давления. свободные напоры.

В зависимости от способа подачи воды на тушение пожара наружные водопроводы подразделяются на водопроводы низкого и высокого давления.

Противопожарный водопровод низкого давления (обычно в населенных местах) предусматривает подачу увеличенного в связи с пожаром расхода воды. При этом свободный напор в сети должен быть достаточным для забора воды из гидрантов передвижными пожарными насосами и, согласно нормам, его величина на уровне поверхности земли должна быть не менее 10 м. Это делается для предотвращения возможности возникновения в сети при отборе воды пожарными насосами вакуума и проникновения в трубопроводы через неплотности стыков почвенных вод.

Кроме того, запас напора необходим для преодоления потерь напора в системе отбора воды $h_{c.o.}$, включающей гидрант, рукава, соединяющие колонку с насосом, т.е.

$$h_{c.o.} = h_T + h_K + h_P = (S_T + S_K + S_P)Q^2, \quad (15)$$

где S_T , S_K , S_P - сопротивления гидранта, пожарной колонки, напорно-всасывающих патрубков соответственно.

Объединенные хозяйственно-питьевые пожарные водопроводы населенных пунктов, как правило, устраиваются по принципу низкого давления. Для предварительных расчетов минимальный свободный напор при максимальном хозяйственно-питьевом водопотреблении на вводе в здание над поверхностью земли должен приниматься при одноэтажной застройке не менее 10 м, при большей этажности на каждый этаж, кроме первого, допускается принимать равным 3 м. Для отдельных многоэтажных зданий или группы их, расположенных на возвышении, допускается предусматривать местные насосные установки для повышения напора. В этом случае проектируют водопроводную сеть так, чтобы напор в сети у водопотребителей не превышал 60 м. Такое ограничение принимается для обеспечения нормального и удобного пользования бытовыми водоразборными приборами и уменьшения расхода воды из них.

В противопожарных водопроводах высокого давления напор, необходимый для тушения пожара, создается стационарными пожарными насосами, установленными на насосных станциях, а вода подается по рукавным линиям, подсоединенным непосредственно к гидрантам (через пожарную колонку). При этом свободный напор в сети должен обеспечивать высоту компактной струи не менее 10 м при полном пожарном расходе воды и расположении ствола на уровне наивысшей точки самого высокого здания. Таким образом, напор у гидранта, отнесенный к поверхности земли, составит

$$H = h_T + h_K + h_P + H_{ст} + T, \quad (16)$$

где h_T , h_K , h_P - потери напора в гидранте, колонке, рукавной линии; $H_{ст}$ - напор у ствола; T - высота расположения ствола на уровне наивысшей точки самого высокого здания.

Выбор типа водопровода производится с учетом конкретных условий.

Противопожарное водоснабжение

Нормами устанавливается, что противопожарный водопровод следует принимать низкого давления. Противопожарный водопровод высокого давления допускается принимать только при соответствующем обосновании. Так, для населенных пунктов с численностью населения до 5 тыс. человек, в которых не предусматривается профессиональная пожарная охрана, должен приниматься противопожарный водопровод высокого давления. Водопроводы высокого давления также устраиваются на промышленных предприятиях повышенной пожарной опасности, таких, как предприятия химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей промышленности, лесобиржи и т.п.

7. Гидравлический расчет водопроводной сети.

Целями расчета водопроводной сети являются:

- определение экономически обоснованных диаметров труб;
- определение потерь напора в сети.

Диаметры труб определяются по расчетным расходам на отдельных участках, пропускаемым сетью при ее работе в обычное время (при хозяйственно-питьевом и производственном водопотреблении). Потери напора в сети рассчитываются при работе сети в обычное время и при пожаре и используются в дальнейшем для определения напоров хозяйственно-питьевых и пожарных насосов и высоты водонапорной башни.

Водопроводную сеть с водонапорной башней в начале сети рассчитывают для двух случаев. В первом случае сеть рассчитывается на подачу максимального хозяйственно-производственного расхода, а во втором - на подачу максимального хозяйственно-питьевого и расчетного пожарного расхода воды.

Водопроводную сеть с водонапорной башней в конце сети (сеть с контррезервуаром) рассчитывают для трех случаев максимальных:

Водоразбора в обычное время (без пожара), когда сеть питается с двух сторон - от насосов и от башни;

Транзита воды в башню (при минимальном водопотреблении);

Водоразбора при пожаре, т.е. с учетом расчетного пожарного расхода.

Приводим гидравлический расчет сети с водонапорной башней в начале сети.

Гидравлический расчет в обычное время (без пожара). Гидравлический расчет сети выполняется в следующем порядке.

1. Определяется равномерно распределенный расход, получаемый вычитанием сосредоточенных расходов из общего расхода в час максимального водопотребления:

$$Q = Q_{об} - \sum_{i=1}^{i=n} Q_{соср}, \quad (17)$$

где n - количество сосредоточенных отборов.

2. Определяется удельный расход воды, т.е. доля равномерно распределенного расхода, приходящаяся на единицу длины водопроводной сети:

$$q_{уд} = Q / \sum_{j=1}^{j=m} l_j, \quad (18)$$

Противопожарное водоснабжение

где l_j - длина каждого участка; m - количество участков; j - номер участка.

3. Определяются равномерно распределенные по длине участков отбора воды (путевые отборы):

$$Q_{\text{пут}_j} = q_{\text{уд}} l_j.$$

4. Определяются узловые расходы воды, которыми заменяются равномерно распределенные путевые отборы:

$$q_{\text{узн}} = 0,5 \left(\sum_{j=1}^{j=m} Q_{\text{пут}_j} \right), \quad (19)$$

где $\sum_{j=1}^{j=m} Q_{\text{пут}_j}$ - сумма путевых отборов на участках, прилегающих к данному узлу.

5. Добавляются сосредоточенные расходы к узловым расходам.

Следует заметить, что п. 1-5 выполняются при расчете водопроводных сетей населенных пунктов. Для сетей промышленных предприятий отборы воды являются сосредоточенными, поэтому гидравлический расчет начинается с выполнения п. 6.

6. Предварительно распределяются расходы по участкам сети. Распределение выполняется при соблюдении следующего условия: сумма расходов воды, подходящих к каждому узлу, равна сумме расходов воды, отходящих от узла. Распределение расходов воды начинается от диктующей точки, т.е. конечной точки подачи воды. Перед распределением расходов необходимо наметить направление потоков в сети.

7. Определяются диаметры труб участков сети.

Эта операция является одним из наиболее ответственных элементов расчета сети. Диаметры труб отдельных участков сети следует устанавливать в зависимости от расчетного расхода воды, проходящего по данному участку. Объемный расход воды, диаметр и средняя скорость движения воды связаны между собой уравнением неразрывности:

$$Q = (\pi d^2 / 4) V, \quad (20)$$

откуда
$$d = \sqrt{4Q / \pi V}. \quad (21)$$

Из соотношения (21) при заданных значениях Q и V можно определить диаметр. Скорость выбирается из технико-экономических соображений, сущность которых заключается в следующем. С увеличением скорости движения воды при заданном расходе, как следует из соотношения (21), диаметр труб уменьшается. С другой стороны, при увеличении скорости движения воды увеличиваются потери напора в трубах и, следовательно, возрастает расход энергии на подачу воды потребителям. И наоборот, с уменьшением скорости движения воды диаметр труб увеличивается, т.е. увеличивается строительная стоимость системы водоснабжения. Обычно экономически выгодную скорость движения воды принимают в следующих пределах:

для малых диаметров $V_3 = 0,7-1$ м/с;

Противопожарное водоснабжение

для средних и больших диаметров $V_3 = 1-1,2$ м/с.

Как показывают исследования, указанный метод определения диаметров труб является довольно приближенным. Более точным методом определения диаметров труб, который широко применяется в России, является метод с использованием так называемого экономического фактора Э.

Экономический фактор учитывает стоимость электроэнергии, КПД насосных установок, стоимость строительства сети и водопроводных сооружений и т.п. Экономический фактор можно определить по формулам:

$$\varepsilon = 30,3\sigma/b \text{ - для металлических труб;} \quad (22)$$

$$\varepsilon = 21,1\sigma/b \text{ - для асбестоцементных труб,} \quad (23)$$

где σ - стоимость энергии; b - коэффициент стоимости сети.

8. Производится увязка сети. Для каждого кольца выбирается условно положительное направление. Если направление движения потока воды на участке совпадает с условно выбранным направлением, то потери напора на этом участке считаются положительными, а если не совпадают, то отрицательными. Увязать сеть - значит добиться выполнения следующих соотношений:

$$\sum_{j=1}^{j=m} q_j = 0 \text{ - для узлов;} \quad (24)$$

$$\sum_{i=1}^{i=n} h_i = 0 \text{ - для колец;} \quad (25)$$

Здесь n - количество участков в кольце; m - количество расходов, подходящих к узлу и отходящих от него.

Соотношение (24) для предварительно найденных расходов должно выполняться, так как оно использовалось при предварительном распределении расходов по участкам соотношение (25) выполняется при увязке водопроводной сети, например, методом Лобачева-Кросса. Сущность метода Лобачева-Кросса состоит в следующем. Пусть для кольца (рис. 3)

$$\sum_{i=1}^{i=4} h_i = \Delta h \quad (26)$$

т.е.
$$h_3 + h_4 - h_1 - h_2 = \Delta h. \quad (27)$$

Величина $\square h$ называется *невязкой*.

Если $\square h > 0$, то сумма условно положительных потерь напора больше отрицательных. Значит, чтобы уменьшить $\square h$ (приблизить к нулю), необходимо расходы на участках с условно отрицательными потерями напора увеличить на величину поправочного расхода, а на участках с условно положительными потерями напора - уменьшить.

Противопожарное водоснабжение

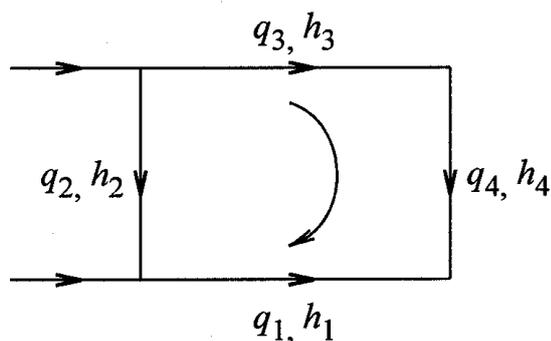


Рис. 3. Элемент кольцевой сети

Если $\Delta h < 0$, то, наоборот, расходы на участках с условно положительными потерями напора надо увеличить, а на участках с условно отрицательными уменьшить на величину поправочного расхода. Поправочный расход определяется по формуле

$$\Delta q = \Delta h / (2 \sum_{j=1}^{j=n} s_i q_i), \quad (28)$$

где s_i - сопротивление участка; q_i - расход воды по участкам.

Формула (28) может быть получена следующим образом.

Пусть для кольца, показанного на рис. 3, с предварительно распределенными расходами получилась невязка Δh , т.е.

$$s_3 q_3^2 + s_4 q_4^2 - s_2 q_2^2 - s_1 q_1^2 = \Delta h. \quad (29)$$

Пусть $\Delta h > 0$, тогда: $s_3 q_3^2 + s_4 q_4^2 > s_2 q_2^2 - s_1 q_1^2$.

Для того чтобы $\Delta h = 0$, необходимо расходы q_3 и q_4 уменьшить на некоторую величину Δq , а расходы q_1 и q_2 увеличить на эту же величину.

Тогда:

$$s_3 (q_3 - \Delta q)^2 + s_4 (q_4 - \Delta q)^2 - s_2 (q_2 + \Delta q)^2 - s_1 (q_1 + \Delta q)^2 = 0. \quad (30)$$

Раскрывая скобки и отбрасывая члены, содержащие $(\Delta q)^2$ как малые в сравнении с членами, содержащими q и Δq получим:

$$\Delta q = \frac{s_3 q_3^2 + s_4 q_4^2 - s_2 q_2^2 - s_1 q_1^2}{2(s_1 q_1 + s_2 q_2 + s_3 q_3 + s_4 q_4)} = \frac{\Delta h}{2 \sum_{j=1}^{j=n} s_i q_i}. \quad (31)$$

Увязка сети продолжается до тех пор, пока не будет выполняться соотношение

$$\Delta h \leq \Delta h_{\text{доп}}, \quad (32)$$

где $\Delta h_{\text{доп}}$ - допустимая величина невязки.

Если водопроводная сеть состоит из нескольких колец, то необходимо выполнять одновременно увязку всех колец до тех пор, пока не будет выполняться указанное соотношение для всех колец.

Противопожарное водоснабжение

Для участков, общих для соседних колец, поправочный расход вводится из каждого кольца. Поправочный расход вводится из одного кольца в другое с тем же знаком.

В прил. 10 СНиП 2.04.02-84* приведена формула, которой следует пользоваться для определения потерь напора при выполнении гидравлических расчетов

$$h = \frac{A_1 \left(A_0 + \frac{c}{V} \right)^m}{d^m} \frac{l V^2}{d 2g}. \quad (33)$$

По существу, эта формула является формулой Дарси-Вейсбаха. Коэффициенты A_1 , A_0 , c , m зависят от материала и внутреннего покрытия труб и приведены в прил. 10. СНиП 2.04.02 – 84*. В формуле (33) d - внутренний (расчетный) диаметр. При использовании выражения (33) поправочный расход определяется по формуле:

$$\Delta q = \frac{\Delta h}{2 \left(\sum_{j=1}^{j=n} (h_j / q_j) \right)}, \quad (34)$$

которая получается по методике, приведенной выше.

Значения внутренних расчетных диаметров в формуле (33) находятся по ГОСТам для соответствующих труб.

8. Напорно-регулирующие емкости.

Значительное повышение надежности систем водоснабжения обеспечивается за счет использования напорно-регулирующих емкостей и водонапорных башен или гидроколонн.

Правильный выбор объема напорно-регулирующих емкостей, их числа и места расположения в системе водоснабжения имеет и большое экономическое значение.

8.1. Резервуары чистой воды.

(РЧВ) выполняют роль регулирующих и запасных емкостей и располагаются между НС-I и НС-II.

Общий объем РЧВ должен включать регулирующий и неприкосновенный противопожарный объем воды:

$$W_{\text{рчв}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{н.з}} \quad (35)$$

РЧВ обеспечивает хранение регулирующего объема воды, образующегося в результате того, что насосная станция первого подъема обычно работает в равномерном режиме (если обе станции работают в равномерном режиме с одинаковой подачей воды, то $W_{\text{рег}} = 0$).

Регулирующий объем РЧВ определяется на основании графиков поступления и отбора воды, а при их отсутствии по формуле

Противопожарное водоснабжение

$$W_{\text{пер}} = Q_{\text{сут.макс.}} [(1 - k_{\text{н}}) + (k_{\text{ч}} - 1)(k_{\text{н}} / k_{\text{ч}})^{k_{\text{н}}/k_{\text{ч}} - 1}], \quad (36)$$

где $Q_{\text{сут.макс.}}$ - максимальный суточный расход воды в сутки, м³/с; $k_{\text{н}}$ - отношение максимальной часовой производительности насосной станции к среднему часовому расходу воды в сутки максимального потребления; $k_{\text{ч}}$ - коэффициент часовой неравномерности, определяемый как отношение максимального часового расхода (отбора воды) к среднему (в сутки максимального водопотребления).

Регулирующие объемы воды на промышленных предприятиях, присоединенных к централизованной системе водоснабжения, надлежит определять на основании графика водопотребления каждого предприятия и графика подачи воды в соответствии с режимом работы всей системы.

Объем неприкосновенного противопожарного запаса воды в РЧВ должен приниматься из условия, что пожаротушение осуществляется из наружных гидрантов и внутренних пожарных кранов, а также специальными средствами пожаротушения (спринклерными, дренчерными и другими установками, если эти установки не имеют собственных резервуаров), и на весь период пожаротушения обеспечиваются максимальные хозяйственно-питьевые и производственные расходы. При этом на промышленном предприятии расходы воды на поливку территории, душ, мытье полов и мойку технологического оборудования не учитываются.

Таким образом,

$$W_{\text{н.з}} = W_{\text{нар}} + W_{\text{вн}} + W_{\text{уст}} + W_{\text{хоз}}. \quad (37)$$

При этом $W_{\text{нар}} = Q_{\text{нар}} \tau 3600$; $W_{\text{вн}} = Q_{\text{вн}} \tau 3600$;

$$W_{\text{уст}} = Q_{\text{уст}} \tau_1 3600$$
; $W_{\text{хоз}} = Q_{\text{хоз.пр}} \tau 3600$,

где $Q_{\text{нар}}$, $Q_{\text{вн}}$, $Q_{\text{уст}}$, $Q_{\text{хоз.пр}}$ - соответственно, расходы, на наружное пожаротушение, на пожаротушение внутренними пожарными кранами, стационарными установками, на хозяйственно-питьевые нужды, м³/с; τ - продолжительность тушения пожара из гидрантов и внутренних пожарных кранов; τ_1 - продолжительность тушения пожара установками пожаротушения.

При подаче воды по одному водоводу в РЧВ должен предусматриваться дополнительный аварийный объем на время ликвидации аварии на водоводе. Тогда вместо формулы (35) следует использовать формулу

$$W_{\text{рчв}} = W_{\text{пер}} + W_{\text{н.з}} + W_{\text{ав}}. \quad (38)$$

Аварийный объем воды должен обеспечивать:

хозяйственно-питьевые нужды в размере 70 % от расчетного расхода;

производственные расходы по аварийному графику;

расходы на пожаротушение - наружное, внутреннее и установки, пожаротушения в течение нормативного времени пожаротушения.

Таким образом,

$$W_{\text{ав}} = (0,7Q_{\text{хоз.макс}} \tau_{\text{ав}} + Q_{\text{пр.ав}} \tau_{\text{ав}} + Q_{\text{нар}} \tau) 3600 + W_{\text{пож}}, \quad (39)$$

где $\tau_{\text{ав}}$ - нормативное время ликвидации аварии, ч; $Q_{\text{пр.ав}}$ - расход воды на

Противопожарное водоснабжение

производственные цели по аварийному графику, м³/с;

$$W_{\text{пож}} = W_{\text{нар}} + W_{\text{вн}} + W_{\text{уст}}. \quad (40)$$

Если во время пожара гарантирована бесперебойная подача воды Q_1 в РЧВ, то при расчете объема РЧВ допускается учитывать пополнение РЧВ за время тушения пожара. Тогда объем неприкосновенного запаса определяется по формуле

$$W_{\text{н.з.1}} = W_{\text{н.з.}} - Q_1 \tau 3600. \quad (41)$$

Максимальный срок восстановления неприкосновенного запаса воды должен быть не более:

24 ч - в населенных пунктах и на промышленных предприятиях со зданиями, отнесенными по пожарной опасности к категориям А, Б, В;

36 ч - на промышленных предприятиях со зданиями, отнесенными по пожарной опасности к категориям Г и Д;

72 ч - в сельских населенных пунктах и на сельскохозяйственных предприятиях.

Для промышленных предприятий с расходом воды на наружное пожаротушение $20 \cdot 10^{-3}$ л/с и менее допускается увеличивать время пополнения противопожарного запаса воды:

до 48 ч - для категории Г и Д;

до 36 ч - для категории В.

На период восстановления пожарного объема воды допускается снижение подачи воды на хозяйственно-питьевые нужды системами водоснабжения 1-й и 2-й категорий до 70 %, 3-й категории - до 50 % от расчетного расхода и подачи воды на производственные нужды по аварийному графику.

Общее количество РЧВ, как правило, должно быть не менее двух. Распределение запасных и регулирующих объемов воды следует производить пропорционально количеству РЧВ и их объему. При выключении одного резервуара в остальных должно храниться не менее 50 % пожарного и аварийного объемов воды.

Устройство одного резервуара допускается в случае отсутствия противопожарного и аварийного объема воды. Резервуары следует принимать железобетонными. Применение металла для резервуаров не допускается. Резервуары оборудуются системой трубопроводов для подачи и отбора воды, слива избытка воды, сброса грязной воды при ремонте. Подающий трубопровод снабжают клапаном, автоматически закрывающимся при заполнении резервуара. Постоянное перемешивание воды в резервуаре достигается за счет того, что отверстие подающего трубопровода располагают на максимальном уровне воды в резервуаре в противоположной стороне от приемка со всасывающими трубами насосов (рис. 4).

РЧВ, система трубопроводов с задвижками и НС-II образуют узел насосной станции. Узлы проектируют обычно в двух вариантах: с камерой переключения, и без нее.

Способы сохранения неприкосновенного противопожарного запаса в резервуарах определяются типом НС-II.

Противопожарное водоснабжение

На насосных станциях низкого давления с общими всасывающими линиями для отбора хозяйственно-питьевых и пожарных расходов применяют автоматические указатели уровней. Их показания передаются на НС-I или на диспетчерский пункт управления и используются для включения дополнительного насоса на НС-I или выключения хозяйственно-питьевых насосов в НС-II.

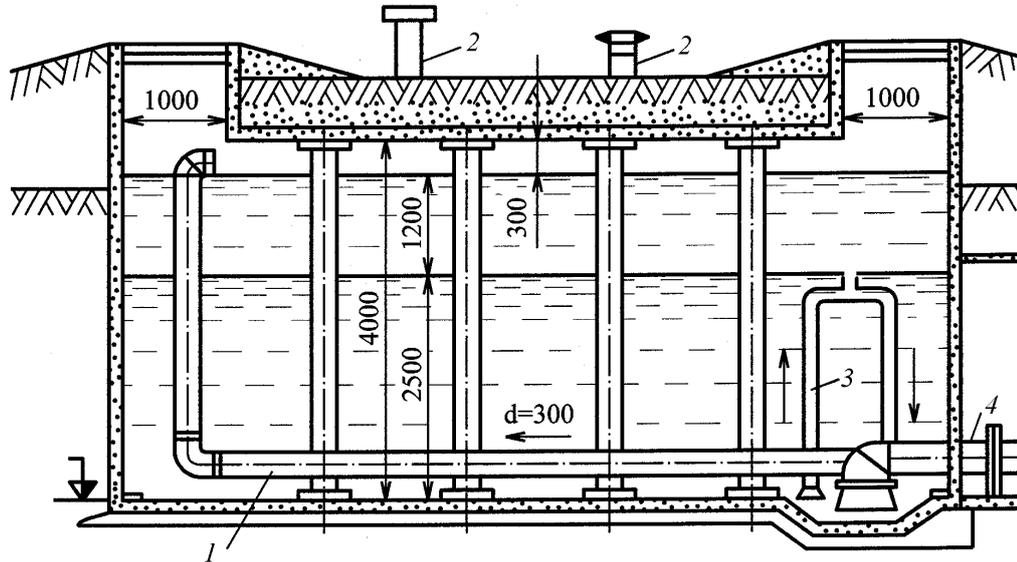


Рис. 4. Схема железобетонного резервуара:

- 1 - подающий трубопровод;
- 2 - вентиляционная труба;
- 3 - трубопровод отбора воды (всасывающий трубопровод хозяйственно-питьевых насосов);
- 4 - трубопровод отбора воды на пожаротушение

На насосных станциях высокого давления (со специальными пожарными насосами) хозяйственно-питьевые и пожарные насосы имеют самостоятельные всасывающие линии (см. рис. 4). Сохранение неприкосновенного противопожарного запаса воды обеспечивается в этом случае за счет того, что при снижении уровня воды в резервуаре до уровня неприкосновенного запаса (рис. 5, б) во всасывающую трубу 1 хозяйственно-питьевого насоса через отверстие попадает воздух и происходит срыв работы насоса. Наличие изгиба на конце всасывающей линии хозяйственно-питьевых насосов позволяет производить отбор воды из низшей части резервуара, что улучшает перемешивание воды в нем.

Другим способом сохранения неприкосновенного противопожарного запаса воды в резервуаре может служить способ, показанный на рис. 5, а. Всасывающая труба 2 производственно-хозяйственных насосов выведена на уровень неприкосновенного противопожарного запаса, что исключает отбор этими насосами неприкосновенного запаса воды. Наличие кожуха 1 обеспечивает перемешивание воды в резервуаре. Всасывающие линии пожарных насосов показаны на рис. 5, а - 3, рис. 5, б - 2.

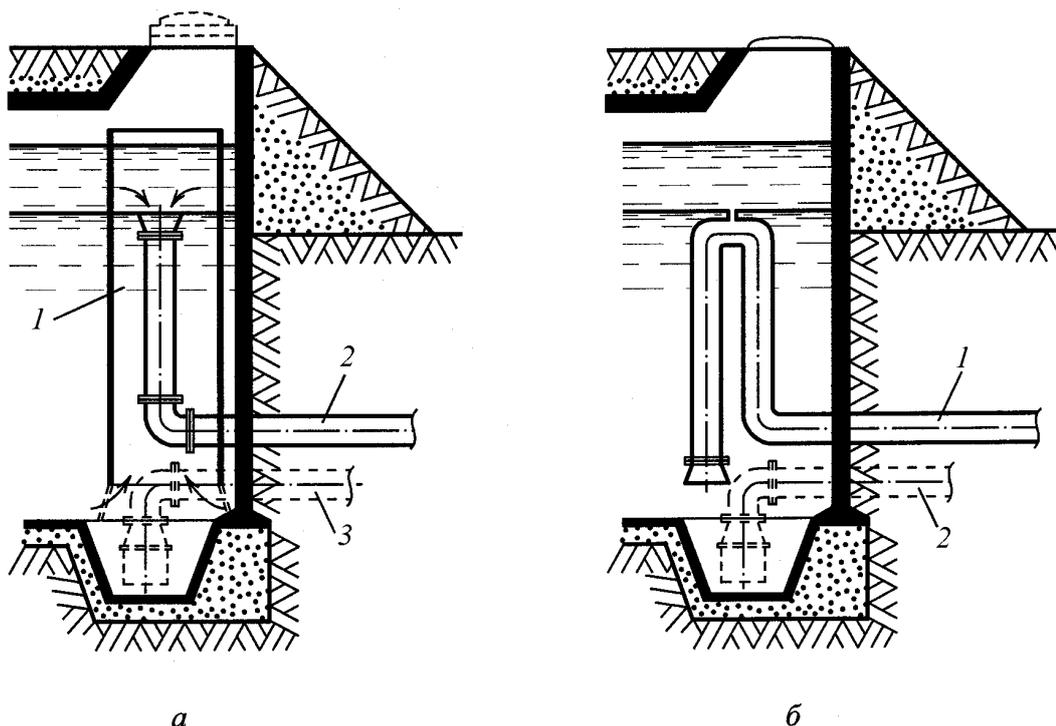


Рис. 5. Способы сохранения неприкосновенного противопожарного запаса воды в резервуарах

8.2. Водопроводные башни и гидроколонны.

Водонапорная башня располагается между НС-II и сетью (в обычной схеме водоснабжения) или в конце сети (в схеме водоснабжения с контррезервуаром). Водонапорная башня предназначена для:

- регулирования неравномерности водопотребления;
- хранения неприкосновенного противопожарного запаса воды;
- создания необходимого напора в водопроводной сети.

На рис. 6 показана принципиальная схема водонапорной башни и ее оборудования.

Подача воды в бак 1 из водопроводной сети 2 и поступление регулирующего запаса воды из бака в сеть осуществляется по подающе-разводящему трубопроводу 3. Для отбора неприкосновенного запаса воды используется трубопровод 4 с электроздвижкой 5, которая открывается при пуске пожарного насоса. С помощью обратного клапана 6 и электроздвижки 7, которая в обычное время открыта, происходит отключение водонапорной башни от сети. В противном случае часть подачи воды пожарного насоса будет поступать в бак, в результате чего расход воды в водопроводной сети при пожаре может оказаться меньше расчетного.

Водонапорная башня оборудуется переливным 8 и грязевым 9 трубопроводами, которые соединяются с канализационным колодцем 10. Для

Противопожарное водоснабжение

где $Q_{\text{хоз.макс}}$ - максимальный расход воды на хозяйственно-питьевые и производственные цели без учета расхода воды на промышленных предприятиях на поливку территории, душ, мытье полов и мойку технологического оборудования, м³/с; $Q_{\text{пож}}$ - расход воды на пожаротушение, м³/с.

При этом нужно иметь в виду следующее:

при обосновании допускается хранение в баках водонапорных башен полного пожарного объема, определяемого по формуле (40);

противопожарный объем воды водонапорной башни, общей для населенного пункта и промышленного предприятия, надлежит принимать по большему расчетному расходу для предприятия или населенного пункта.

Вне водонапорных башен на подводяще-отводящем трубопроводе следует предусматривать устройство для отбора воды пожарными машинами.

Высота водонапорной башни $H_{\text{в.б}}$ определяется по формуле

$$H_{\text{в.б}} = 1,05h_c + H_{\text{св}} + (z_{\text{д.т}} - z_{\text{в.б}}), \quad (43)$$

где 1,05 - коэффициент, учитывающий потери напора в местных сопротивлениях; h_c - потери напора в сети в обычное время (без пожара) от водонапорной башни до диктующей точки в период наибольшего водопотребления; $H_{\text{св}}$ - свободный напор в диктующей точке, определяемый по формуле:

$$H_{\text{св}} = 10 + (n - 1)4, \quad (44)$$

где n - количество этажей.

Для уменьшения высоты водонапорной башни ее располагают обычно на наиболее возвышенной точке местности. По типовым проектам сооружают водонапорные башни высотой до дна бака 8 - 40 м и баками с объемом 50 - 800 м³. Водонапорные башни надлежит принимать железобетонными. Для ствола водонапорной башни допускается применять металл или местные негорючие материалы, а для баков - металл.

В некоторых системах производственного водоснабжения, например на металлургических заводах, вместо водонапорных башен используются гидроколонны. Гидроколонка представляет собой цилиндрическую емкость, ствол которой заполнен водой полностью (рис. 7). Таким образом, при одинаковой с водонапорной башней высоте объем воды в гидроколонке значительно больше. Однако при работе гидроколонны в обычное время используется только верхняя часть объема, т.е. объем, расположенный выше соответствующей величины свободного напора в сети в месте расположения гидроколонны, а в нижней части может храниться неприкосновенный противопожарный запас воды.

8.3. Пожарные резервуары и водоемы.

Хранение пожарного объема воды в специальных резервуарах или открытых водоемах допускается для:

- населенных пунктов с числом жителей до 5000. человек;
- производственных зданий с категориями В, Г, Д, при расходе воды на наружное пожаротушение 10 л/с;
- отдельно стоящих общественных зданий объемом до 1000 м³, расположенных в населенных пунктах, не имеющих кольцевого

Противопожарное водоснабжение

пожарного водопровода;

- в ряде других случаев, указанных в СНиП.

Объем пожарных резервуаров и водоемов следует определять, исходя из расчетных расходов воды и продолжительности тушения пожаров.

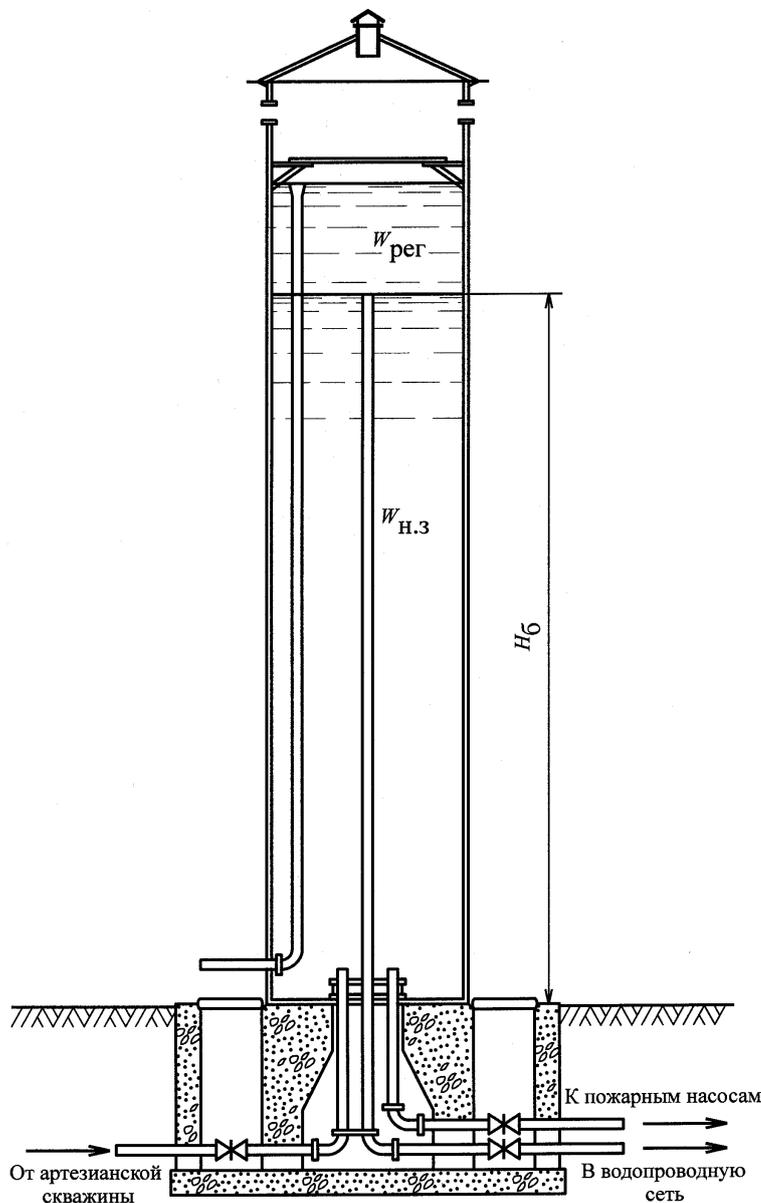


Рис. 7. Гидроколонка

К пожарным резервуарам, водоемам и приемным колодцам должен быть обеспечен свободный подъезд пожарных машин. У мест расположения пожарных резервуаров и водоемов должны быть предусмотрены указатели в соответствии с требованиями ГОСТ. Количество пожарных резервуаров и водоемов должно быть не менее двух. В каждом должно храниться 50 % объема воды на пожаротушение. Подача воды на тушение любой точки пожара должна обеспечиваться из двух соседних резервуаров или водоемов.

Противопожарное водоснабжение

Пожарные резервуары или водоемы следует размещать из условия обслуживания ими зданий, находящихся в радиусе 200 м - при наличии автонасосов, 100 - 150 м - при наличии мотопомпы и в зависимости от типа мотопомпы. Для увеличения радиуса обслуживания допускается прокладка от резервуаров или водоемов тупиковых трубопроводов длиной не более 200 м. Расстояние от точки забора воды из резервуаров и водоемов до зданий III, IV, V степени огнестойкости и до открытых складов сгораемых материалов должно быть не менее 30 м, до зданий I и II степени огнестойкости - не менее 10 м.

Подачу воды для заполнения резервуаров и водоемов следует предусматривать по пожарным рукавам длиной до 250 м, а по согласованию с органами управления и подразделениями Государственной противопожарной службы – длиной до 500 м.

Если непосредственный забор воды из пожарного резервуара или водоема автонасосами или мотопомпами затруднен, то следует предусматривать приемные колодцы объемом 3-5 м³. Диаметр трубопровода, соединяющего резервуар или водоем с приемным колодцем, следует определять из условия подачи воды на наружное пожаротушение, но не менее 200 мм. Перед приемным колодцем на соединительном трубопроводе следует устанавливать колодец с задвижкой, штурвал которой должен быть выведен под крышку люка.

ЛЕКЦИЯ № 9, 10

ТЕМА 5: Обеспечение надёжности подачи воды на пожаротушение

1. Обеспечение надёжности работы водоводов.

Одним из основных и важнейших свойств систем водоснабжения является их надёжность. В нашей стране принято следующее определение надёжности. Надёжность есть свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонта.

Под объектом здесь может пониматься как система в целом, так и отдельные ее элементы. Надёжность включает в себя следующие понятия: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость.

Система водоснабжения может находиться в следующих основных состояниях:

полной работоспособности, т.е. система может выполнять функции водоснабжения на заданном уровне;

неполной работоспособности, т.е. система может выполнять функции водообеспечения на уровне, более низком, чем нормальный, но не ниже установленного нормами допустимого предела;

неработоспособности (состояние отказа), т.е. система не может выполнять функции водообеспечения на нормальном или допустимом сниженном уровне.

Обеспечение надёжности водоводов, осуществляющих подачу воды от источника воды к потребителю, является важнейшей задачей. Отказ водоводов при одном источнике может вызвать полный отказ системы водоснабжения. Одним из наиболее часто применяемых методов повышения надёжности работы водоводов является метод резервирования. При этом могут использоваться два способа резервирования: без перемычек и с перемычками. Резервирование есть метод повышения надёжности объекта введением избыточности.

В случае резервирования без перемычек введение избыточности в систему водоводов производится за счет увеличения числа параллельно проложенных линий. Различают следующие возможные режимы работы резервных элементов:

ненагруженный резерв - резервные элементы при обычной работе не несут нагрузки;

нагруженный резерв - резервные элементы работают в том же режиме, что и остальные;

облегченный резерв - резервные элементы находятся на облегченном

Противопожарное водоснабжение

режиме по сравнению с остальными.

Ненагруженный резерв неэкономичен и практически не применяется в водоснабжении.

Нагруженный резерв применяется наиболее широко. При этом в период нормального функционирования все линии работают в облегченном режиме. Полную нагрузку линии несут в случае отказа резервных элементов, т.е. в аварийной ситуации. В системах водоснабжения используется обычно принцип постоянного резервирования, т.е. n параллельно работающих линий участвуют одновременно в работе и несут одинаковую нагрузку. Таким образом, все водоводы являются обезличенными и фактически не разделяются на основные и резервные. Отношение числа резервных линий n_p к числу основных n_o $K = n_p/n_o$ называется *кратностью резервирования*. Очевидно, что надежность системы возрастает при увеличении кратности резервирования. Однако при этом возрастает и стоимость системы водоснабжения. Решение задачи оптимального резервирования системы напорных водоводов сводится к нахождению варианта, отвечающего требованиям надежности и экономичности. Эта задача решается при условии, что подача воды в случае аварии не должна снижаться ниже величины, заданной СНиП. То есть в случае повреждения одного водовода или его участка допускается снижать общую подачу воды на хозяйственно-питьевые цели не более чем на 30 % расчетного расхода, на производственные цели - не ниже значения расхода по аварийному графику. Расход воды на пожаротушение должен обеспечиваться полностью.

Таким образом, должен гарантироваться расход

$$Q_{ав} = 0,70Q_{х.-п} + Q_{пр.ав} + Q_{пож} \quad (1)$$

Требуемое количество параллельно уложенных водоводов n , обеспечивающих расход $Q_{ав}$ при выходе из строя одного водовода, можно определить так.

Определим напор насоса при работе всех водоводов:

$$H_H = \frac{s}{n^2} Q^2 + H_{св} + \Delta z, \quad (2)$$

где s - сопротивление одного водовода (принимается, что материал, длина и диаметр всех водоводов одинаковы); n - количество водоводов; $H_{св}$ - свободный напор в конце водовода; Δz - разница геометрических отметок конца водовода (в месте подсоединения к сети) и оси насоса; Q - расчетный расход в безаварийной ситуации.

Определим требуемый напор насоса при выходе из строя одного водовода:

$$H_{H.ав} = \frac{s}{(n-1)^2} Q_{ав}^2 + H_{св} + \Delta z. \quad (3)$$

Противопожарное водоснабжение

При этом свободный напор может оставаться таким же, как и при работе всех водоводов или снижаться, но не менее чем до величины, гарантирующей свободный напор в наиболее неблагоприятной диктующей точке водопроводной сети не менее 10 м.

Из формулы (3) следует

$$n = 1 + Q_{ав} \sqrt{\frac{s}{H_{н.ав} - H_{св} - \Delta z}} \quad (4)$$

Для расчета n по формуле (4) необходимо определить $Q_{ав}$ по формуле (1), s по формуле $s = Al$.

Значения $H_{св}$, Δz обычно заданы. Значение $H_{н.ав}$ можно определить из рассмотрения совместной работы насоса и водоводов (рис. 1). Из рис. 1 следует, что значению расхода $Q_{ав}$ соответствует напор насоса $H_{н.ав}$.

Значение n , найденное по формуле (4), следует округлить до ближайшего большего целого. Это число должно быть, как правило, не менее двух. С другой стороны, в практике водоснабжения число параллельных водоводов при строительстве новых систем редко превышает три. Это объясняется тем, что эффективность от введения большого количества водоводов резко падает, что хорошо показано на рис. 2. Здесь же прослеживается зависимость снижения подачи воды $= Q_{ав}/Q$ от числа водоводов n при постоянном напоре водопитателя (насоса). Видно, что при увеличении n с двух до трех \square увеличивается на 17 %, при увеличении n с трех до четырех - на 8 %, с четырех до пяти - только на 5 %.

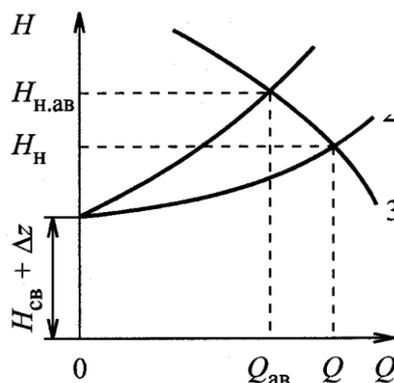


Рис. 1. Совместная работа насоса и водоводов:

1 – характеристика водоводов при выходе из строя одного водовода; 2 - характеристика

водоводов в безаварийном состоянии; 3 - основная характеристика насоса.

Противопожарное водоснабжение

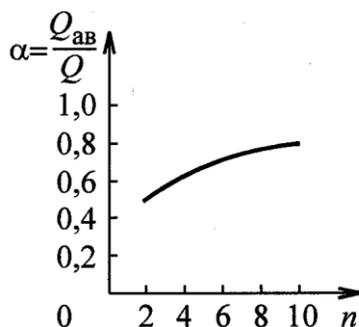


Рис. 2. Зависимость снижения подачи воды от числа водоводов при постоянном напоре водопитателя

Кроме того, системы параллельно уложенных водоводов без перемычек используются только в тех случаях, когда трассы отдельных водоводов приходится проводить на большом расстоянии друг от друга. Устройство перемычек между линиями водоводов дает существенные преимущества в обеспечении надежности системы водоснабжения и широко распространено в практике водоснабжения. Устройство перемычек может оказаться нецелесообразным лишь для водоводов относительно малой протяженности.

Наличие перемычек позволяет при любой аварии на линиях водоводов выключать не всю линию, а только ее поврежденную часть. При этом остаются работоспособными $m-1$ участков поврежденной линии и целиком другие линии. В таких условиях снижение пропускной способности системы водоводов будет значительно меньше, чем при полном выключении одного водовода. Рассмотрим метод определения количества перемычек m , необходимого для того, чтобы расход воды через систему n водоводов при аварии был не ниже значения $Q_{ав}$, определяемого по формуле (1). Число участков между перемычками на каждом водоводе равно $m+1$ (рис. 3).

Общее число участков – $n \cdot (m + 1)$. Требуемый напор насосов при исправном состоянии системы равен:

$$H_H = s_1 \left(n + 1 \left(\frac{Q}{n} \right)^2 + H_{св} + \Delta z \right), \quad (5)$$

Противопожарное водоснабжение

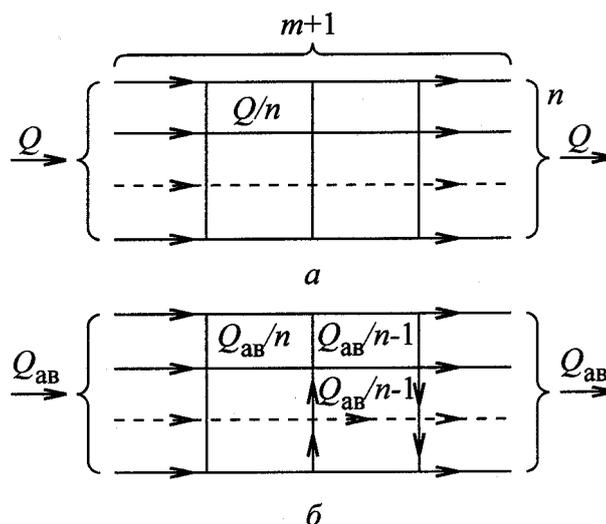


Рис. 3. Параллельная работа водоводов с перемычками:

а - в безаварийном состоянии; б - при выходе из строя участка водовода; n - количество водоводов; m - количество перемычек

где s_1 - сопротивление одного участка.

Напор насосов при выходе из строя одного участка на одном водоводе (рис. 3, б) определится по формуле

$$H_{н.ав} = s_1 \left(\frac{Q_{ав}}{n-1} \right)^2 + s_1 m \left(\frac{Q_{ав}}{n} \right)^2 + H_{св} + \Delta z. \quad (6)$$

Введем в формулу (6) вместо s_1 сопротивление каждого водовода $s = s_1(m + 1)$;

$$H_{н.ав} = \frac{s_1 (n+1)}{(n+1)(n-1)} Q_{ав}^2 + \frac{s_1 m}{n^2} Q_{ав}^2 + \frac{s_1}{n^2} Q_{ав}^2 - \frac{s_1}{n^2} Q_{ав}^2 + H_{св} + \Delta z,$$

$$H_{н.ав} = \frac{s}{(n+1)(n-1)} Q_{ав}^2 + \frac{s}{n^2} Q_{ав}^2 - \frac{s}{n^2(m+1)} Q_{ав}^2 + H_{св} + \Delta z.$$

Отсюда

$$m + 1 = \left[\frac{Q_{ав}^2 (1/(n-1)^2 - 1/n^2)}{H_{н.ав} - H_{св} - \Delta z - \frac{s}{n^2} Q_{ав}^2} \right]$$

или после преобразований

$$m = \left[\frac{(2n-1)s Q_{ав}^2}{n^2 (n-1)^2 (H_{н.ав} - H_{св} - \Delta z - \frac{s}{n^2} Q_{ав}^2)} \right] - 1. \quad (7)$$

Противопожарное водоснабжение

Анализ показывает, что эффект влияния перемычек на работу системы быстро затухает с увеличением их числа. Для отключения любого участка на нем должно быть установлено по две задвижки - в конце и в начале. Должны быть также предусмотрены задвижки для отключения перемычек при их повреждениях. Таким образом, на каждую перемычку необходимо установить 6 задвижек по 3 в каждом узле примыкания водоводов. Это позволит отключать при аварии только один поврежденный участок.

На рис. 4, а показано движение воды по водоводам и в перемычках в исправном состоянии, а на рис. 4, б - при выходе из строя одного участка водовода, для отключения которого требуется закрыть две задвижки -первую и вторую.

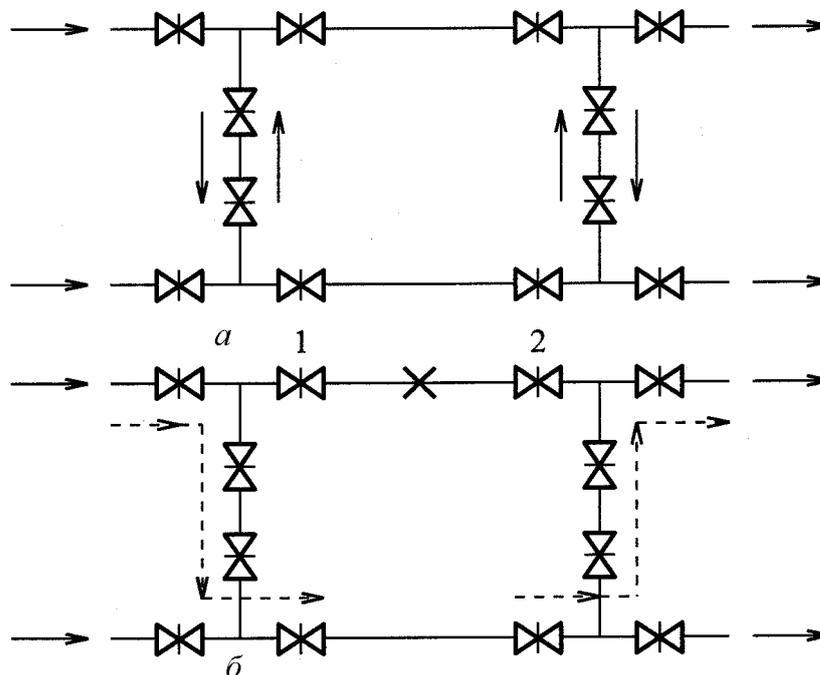


Рис. 4. Движение воды по водоводам и в перемычках:

а - в исправном состоянии; б - при выходе из строя

одного участка водовода

СНиП устанавливают следующие основные требования к устройству водоводов:

количество линий водоводов следует принимать с учетом категорий надежности подачи воды;

при прокладке водоводов в две или более линий необходимость устройства переключений между водоводами определяется в зависимости от количества независимых водозаборных сооружений или линий водоводов. При этом в случае отключения одного водовода или его участка общую подачу воды объекту на

Противопожарное водоснабжение

хозяйственно-питьевые цели допускается снижать не более чем на 30 % расчетного расхода, на производственные цели подавать по аварийному графику, на цели пожаротушения - полностью;

при прокладке водовода в одну линию должен быть предусмотрен запас воды на время ликвидации аварии на водопроводе, обеспечивающий хозяйственно-питьевые, производственные, пожарные расходы;

для напорных водоводов, как правило, следует применять не металлические трубы (железобетонные, асбестоцементные, полиэтиленовые и др.);

длину ремонтных участков водоводов следует принимать: при прокладке водоводов в две или более линий и при отсутствии переключений не более 5 км, при наличии переключений, равной длине участков между переключениями, при прокладке водоводов в одну линию - не более 3 км.

2. Устройство и обеспечение надежности работы водопроводной сети.

Водопроводная сеть, т.е. система линий, разводящих воду по территории населенного пункта или промышленного объекта, является конечным звеном на пути движения воды от источника к потребителю. Стоимость водопроводной сети составляет примерно 30 % полной стоимости системы водоснабжения. Поэтому трассировка сети должна, с одной стороны, обеспечивать достаточную надежность, с другой - быть экономичной. Эти два требования носят антагонистический характер. Действительно, разветвленная тупиковая сеть (см. рис. 5) имеет меньшую стоимость, чем кольцевая (рис. 6). Однако от каждого узла тупиковой сети до точки подачи воды есть только один путь. Для обеспечения же надежности необходимо иметь не менее двух таких путей. Этому требованию соответствуют кольцевые сети. Обычно кольцевая магистральная сеть объекта представляет систему параллельных магистральных линий (см. рис. 6), совпадающих с основным продвижением воды от точки А до конечной точки Б. Система основных продольных магистралей соединяется поперечными линиями-перемычками. Перемычки обычно не несут больших транзитных расходов и используются в основном для питания водой прилегающих к ним районов. К магистральной сети примыкает система второстепенных распределительных линий, осуществляющих непосредственно отдачу воды во внутренние водопроводы зданий. Таким образом, структура кольцевой сети обладает сама по себе высокой степенью резервирования путей подачи воды и, следовательно, высокими показателями надежности. При этом необходимо, чтобы параллельно включенные участки имели также близкие проводимости (сопротивление).

Надежность обеспечения водой отдельных потребителей в значительной степени зависит от места их расположения на территории объекта. Чем дальше находится потребитель от точки подачи воды в сеть, тем меньше надежность его водообеспечения.

Противопожарное водоснабжение

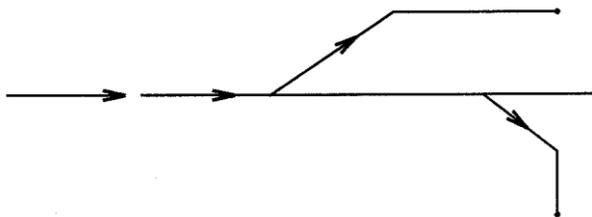


Рис. 5. Разветвленная (тупиковая) сеть

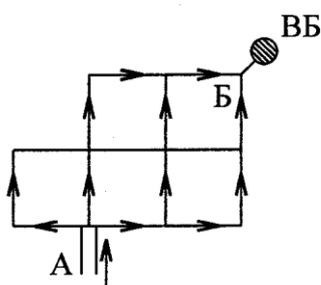


Рис. 6. Кольцевая сеть

СНиП устанавливает допустимый предел снижения общей подачи воды при возникновении аварии и наименьшую величину давления в сети в критической точке при аварийной ситуации. Отказом системы является нарушение указанных пределов. В сетях с одним источником питания обычно критические (диктующие) точки оказываются расположенными в наиболее удаленных и высоко расположенных пунктах. Выбор критических точек должен быть проведен с учетом возможности питания всей сети от источника, а также питания ее одновременно от источника и от регулирующей емкости. При наличии нескольких источников питания надежность водообеспечения не только объекта в целом, но и показатели надежности сети улучшаются.

Как показывают статистические данные, существенное влияние на показатели надежности водопроводной сети оказывают диаметры труб. С увеличением диаметра труб частота повреждения уменьшается.

К трассировке и устройству водопроводной сети в соответствии с СНиП предъявляется ряд требований, основными из которых являются следующие:

Сеть должна быть кольцевой. Тупиковые сети допускается применять для подачи воды на производственные нужды - при допустимости перерыва в водоснабжении на время ликвидации аварии; для подачи воды на хозяйственно-питьевые цели - при диаметре труб не более 100 мм; для подачи воды на пожаротушение - при длине линии не более 200 м. В населенных пунктах с числом жителей до 5 тыс. человек и расходом воды на наружное пожаротушение

Противопожарное водоснабжение

до 10 л/с или при количестве внутренних пожарных кранов в здании до 12 допускаются тупиковые линии длиной более 200 м при условии устройства противопожарных резервуаров или водоемов, водонапорной башни или контррезервуара в конце тупика;

при выключении одного участка (между расчетными узлами) суммарная подача воды на хозяйственно-питьевые нужды по остальным линиям должна быть не менее 70 % расчетного расхода, а подача воды к наиболее неблагоприятно расположенным местам водоотбора - не менее 25 % расчетного расхода воды, при этом свободный напор должен быть не менее 10 м;

разделение водопроводной сети на ремонтные участки должно обеспечивать при выключении одного из участков отключение не более 5 пожарных гидрантов и подачу воды потребителям, не допускающим перерыва в водоснабжении;

пожарные гидранты следует располагать вдоль автомобильных дорог на расстоянии не более 2,5 м от края проезжей части, но не ближе 5 м от стен здания; допускается располагать гидранты на проезжей части;

расстановка пожарных гидрантов на водопроводной сети должна обеспечивать пожаротушение любого обслуживаемого данной сетью здания, сооружения или его части не менее чем от двух гидрантов при расходе воды на наружное пожаротушение 15 л/с и более и одного - при расходе воды менее 15 л/с с учетом прокладки рукавных линий длиной не более 200 м - при наличии автонасосов и 100 - 150 м - при наличии мотопомп;

расстояние между гидрантами определяется расчетом, учитывающим суммарный расход воды на пожаротушение и сопротивление устанавливаемого типа гидрантов;

соединение сетей хозяйственно-питьевых водопроводов с сетями водопроводов, подающих воду непитьевого качества, не допускается. Это означает, что использование, например, хозяйственно-питьевого водопровода в качестве основного водопитателя для автоматической установки пенного пожаротушения недопустимо;

диаметр труб сетей надлежит выбирать на основании технико-экономических расчетов, учитывая при этом условия их работы при аварийном выключении отдельных участков. Диаметр труб водопровода, объединенного с противопожарным, в населенных пунктах и на промышленных предприятиях должен быть не менее 100 мм, в сельскохозяйственных пунктах - не менее 75 мм;

время, необходимое для ликвидации аварии на трубопроводах, следует принимать по табл. 1.

Диаметр труб, мм	Время, необходимое для ликвидации аварии на трубопроводах, ч, при глубине заложения труб, м,	
	□ 2	> 2
$d < 400$	8	12
$400 \leq d \leq 1000$	12	18
$d > 1000$	18	24

В зависимости от материала и диаметра труб, наличия дорог, средств ликвидации аварии, транспортных средств указанное время может быть изменено, но должно приниматься не менее 6 ч.

Водопроводные сети и водоводы изготавливаются из чугунных, стальных, асбестоцементных, бетонных, железобетонных, полиэтиленовых труб. Материал и класс прочности труб принимают на основании технико-экономического расчета с учетом санитарных требований, агрессивности грунта и воды, условий работы трубопроводов и требований к качеству воды.

Для напорных водоводов и сетей, как правило, следует применять неметаллические трубы (железобетонные, асбестоцементные, полиэтиленовые и др.).

Применение чугунных напорных труб допускается для сетей в пределах населенных пунктов, территории промышленных и сельскохозяйственных предприятий, а также при отсутствии соответствующих неметаллических труб.

Применение стальных труб допускается:

на участках при рабочем давлении более $1,5 \cdot 10^5$ Па;

для переходов под железнодорожными и автомобильными дорогами, через водные преграды и овраги;

при прокладке трубопроводов по опорам эстакад и в тоннелях;

при прокладке в труднодоступных местах строительства, в вечномерзлых, просадочных и набухающих грунтах и др.

Для железобетонных и асбестоцементных трубопроводов допускается применение металлических фасонных частей, с помощью которых к трубам крепится арматура.

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;

Противопожарное водоснабжение

компенсаторов; обратных клапанов или клапанов других типов автоматического действия для предупреждения недопустимого повышения давления при гидроударах.

На водоводах следует предусматривать устройство разгрузочных камер или установку аппаратуры, предохраняющей водоводы при всех возможных режимах работы от повышения давления выше предела, допускаемого для принятого типа труб.

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.

Задвижки (рис. 7) предназначены для отключения отдельных участков сети в случае аварии и ремонта и для регулирования расходов. Задвижки могут быть с ручным приводом, устанавливаемые на трубопроводах диаметром до 350 мм, и с электроприводом для трубопроводов диаметром 300 мм и более.

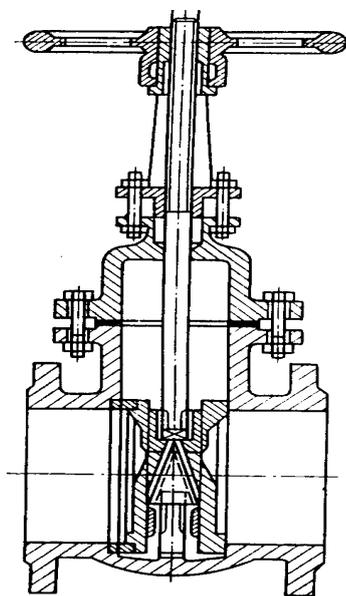


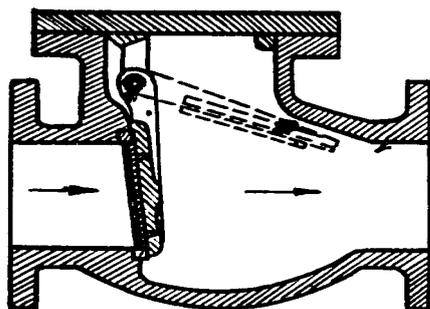
Рис. 7. Задвижка

Вантузы служат для автоматического впуска и выпуска воздуха из трубопроводов. Вантузы устанавливаются на трубопроводах диаметром 400 мм и более на возвышенных точках профиля на расстоянии 250 м друг от друга. Если

Противопожарное водоснабжение

воздух не будет удален из трубопровода, то образуются воздушные подушки, уменьшающие площадь живого сечения трубопровода.

Вантуз состоит из чугунного корпуса, в котором помещены пустотелые шары. Шары через кольца и шток жестко соединены с клапаном. При отсутствии воздуха шары под давлением воды снизу всплывают, клапаны плотно прилегают к своим седлам. При скоплении воздуха в верхней части вантуза вода отжимается, вместе с водой опускаются шары, плавающие в воде. Вместе с шарами опускаются клапаны и через образовавшиеся отверстия воздух выходит наружу.



Обратные клапаны (рис. 8) 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. Арматура наружной водопроводной сети размещается в специальных колодцах. На рис. 9 показан колодец с пожарным гидрантом. Водопроводные колодцы устраивают

из сборного железобетона, но допускается их устройство и из местных материалов.

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.

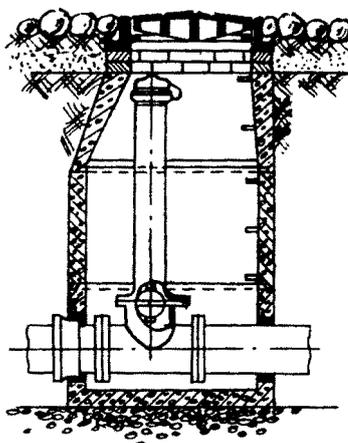


Рис. 8. Обратный клапан.

Рис. 9. Установка пожарного гидранта в колодце.

При создании водопроводной сети выполняется ее детализовка. Детализовкой сети называют схему сети с нанесенными на нее в условных обозначениях фасонными частями, а также размерами сети. При выполнении детализовки намечаются места установки гидрантов и задвижек (рис. 10). Глубина заложения труб, считая до низа, должна быть на 0,5 м больше расчетной глубины проникания в грунт нулевой температуры. При прокладке трубопроводов в зоне отрицательных температур материал труб и элементы стыковых соединений должны удовлетворять требованиям морозостойчивости.

Противопожарное водоснабжение

Для предупреждения нагревания воды в летнее время глубину заложения трубопровода хозяйственно-питьевого назначения надлежит, как правило, принимать не менее 0,5 м, считая до верха труб. Допускается принимать меньшую глубину заложения при условии обоснования теплотехническими расчетами.

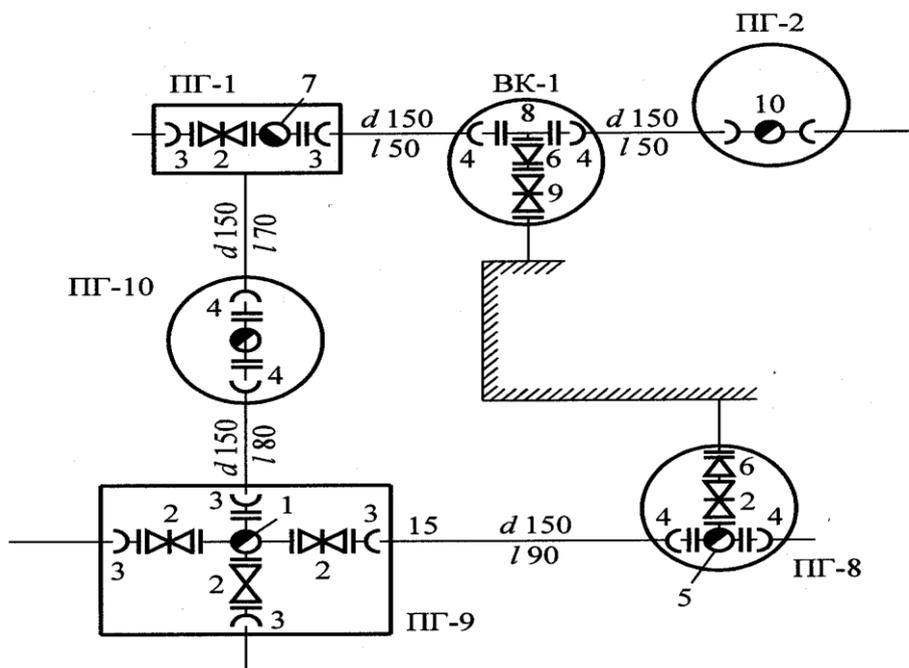


Рис. 10. Детализовка участка водопроводной сети:

- ПГ - пожарный гидрант; ВК - водопроводный колодец; 1 - крест фланцевый с пожарной подставкой; 2 - задвижка; 3 - патрубок-фланец - раструб; 4 - патрубок-фланец – гладкий конец; 5 - тройник фланцевый с пожарной вставкой; 6 - переход фланцевый; 7 - крест-фланец - раструб с пожарной подставкой; 8 - тройник фланцевый; 9 - задвижка; 10 - пожарная подставка

При определении глубины заложения труб следует учитывать внешние нагрузки от транспорта и условия пересечения с другими подземными сооружениями и коммуникациями.

К системам водоснабжения в особых природных и климатических условиях предъявляются дополнительные требования. К районам с особыми условиями относятся сейсмические районы, местности с просадочными грунтами, подрабатываемые территории (с подземными горными разработками), вечномёрзлые грунты. Рассмотрим некоторые требования к системам водоснабжения в сейсмических районах и в районах с вечномёрзлыми грунтами, достаточно распространенными в нашей стране.

Сейсмические районы. Дополнительные требования, устанавливаемые для районов с сейсмичностью 7, 8, 9 баллов, являются

Противопожарное водоснабжение

следующими:

для систем водоснабжения первой категории надежности в районах с сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов необходимо предусматривать не менее двух независимых источников водоснабжения;

при использовании одного источника водоснабжения с забором воды в одном месте надлежит предусматривать удвоенный противопожарный запас воды;

расчетное число одновременных пожаров для районов с сейсмичностью 9 баллов необходимо принимать на один больше по сравнению с другими районами;

количество резервуаров должно быть не менее двух, при этом соединение каждого резервуара с сетью должно быть самостоятельным, без устройства общих камер переключения между соседними резервуарами;

водоводы должны проектироваться в две линии с переключением.

Количество переключений следует назначать, исходя из условия возникновения на водоводах двух аварий, при этом должна обеспечиваться подача 70 % противопожарного и 70 % хозяйственно-питьевого расхода воды, производственного расхода воды по аварийному графику.

Вечномерзлые грунты. При проектировании водоводов и сетей в вечномерзлых грунтах следует предусматривать:

обеспечение устойчивости трубопроводов на вечномерзлых грунтах;

влияние на трубопроводы температуры окружающей среды;

предохранение транспортируемой жидкости от замерзания;

механическое воздействие оттаивающих и промерзающих грунтов на трубопроводы и сооружения на сетях и водоводах;

необходимость защиты вечномерзлых грунтов в качестве оснований от воздействия на них воды при авариях трубопроводов.

Способ прокладки трубопроводов следует принимать наземный, надземный, подземный.

Наземная прокладка, ограничивающая тепловое воздействие трубопроводов на грунт основания, должна предусматриваться в земляных валиках, в каналах, на сплошной подсыпке, в каналах полузаглубленного типа. При этом обваловка каналов грунтом с целью дополнительной термоизоляции не допускается.

Надземная прокладка, исключая тепловое воздействие трубопроводов на грунт основания, должна предусматриваться на сваях, мачтах, эстакадах или по конструкциям зданий и сооружений.

Подземную прокладку трубопроводов надлежит принимать в траншеях или

Противопожарное водоснабжение

каналах. Бесканальная прокладка должна обосновываться технико-экономическими и теплотехническими расчетами. Подземная бесканальная прокладка трубопроводов должна предусматриваться, как правило, без тепловой изоляции. Необходимость устройства тепловой изоляции должна подтверждаться тепловыми и технико-экономическими расчетами.

При всех способах прокладки трубопроводов должно предусматриваться предотвращение замерзания в них воды путем применения тепловой изоляции трубопроводов, подогрева воды, подогрева трубопроводов, непрерывного движения воды в трубопроводах, повышения тепловой инерции трубопроводов.

Температура подогрева воды должна определяться расчетами. Температура воды в кольцевых участках сети и водоводах должна быть не менее +5°C для труб диаметром до 300 мм, + 3°C - для труб диаметром более 300 мм.

Подогрев воды следует осуществлять:

подмешиванием теплой воды из системы охлаждения технологического оборудования промышленных предприятий и ТЭЦ;

подогревом в специальных котельных и бойлерных установках.

Подогрев трубопроводов следует предусматривать с помощью теплового сопровождения или греющего электрокабеля. Греющий электрокабель при подземной бесканальной прокладке следует располагать над трубопроводом.

Непрерывное движение воды в трубопроводах должно обеспечиваться:

подключением крупных потребителей воды к концевым участкам тупиковой сети;

применением минимального числа отдельных колец, вытянутых по направлению основного потока воды к крупному потребителю;

применением двухтрубной системы водопроводных сетей;

сбросом воды в канализацию на концевом участке тупиковой сети.

Для водоводов и сетей необходимо использовать стальные и пластмассовые трубы; чугунные трубы допускается применять при подземной прокладке в проходных каналах. Применение железобетонных и асбестоцементных труб не допускается.

3. Пожарные гидранты и колонки.

Пожарные гидранты предназначены для отбора воды на пожаротушение. Пожарные гидранты выполняют *подземными* и *наземными*.

Наибольшее распространение в нашей стране получил подземный гидрант московского типа ПГ-5 (рис. 11), созданный замечательным русским инженером Н.П. Зиминым. Гидрант устанавливается на фланец пожарной подставки 2 наружной водопроводной сети. Высота чугунной колонки гидранта 1 может быть от 0,75 до 2,5 м. Гидрант закрыт крышкой 3. Для пользования гидрантом открывают люк колодца, затем крышку гидранта и на его верхний конец с резьбой навинчивают пожарную колонку (рис. 12).

Квадратная головка 4 стержня 5 колонки (рис. 12) войдет в торцевой ключ 6 гидранта (см. рис. 11). Вращение рукоятки 7 колонки через стержень 5 (см. рис. 12) передается стержню 8 гидранта (см. рис. 11). Винтовая нарезка, имеющаяся на стержне 8 гидранта, входит в медную гайку 9 и заставляет стержень двигаться в вертикальном направлении для открывания и закрывания связанного с ним пустотелого шарового клапана 10 (рис. 11). Стержень 8 жестко связан с разгрузочным клапаном 11 шарового клапана. При движении стержня 8 вниз откроется разгрузочный клапан. Через открывшееся в шаре отверстие начнет поступать вода сначала в шар, а затем через отверстие 13 внутрь стояка гидранта. Когда давление над шаровым клапаном будет равно давлению водопроводной сети, шаровой клапан под действием силы тяжести откроется. После открытия шарового клапана открываются штуцера 12 колонки (см. рис. 12), к которым при помощи соединительных головок присоединяются пожарные рукава.

Противопожарное водоснабжение

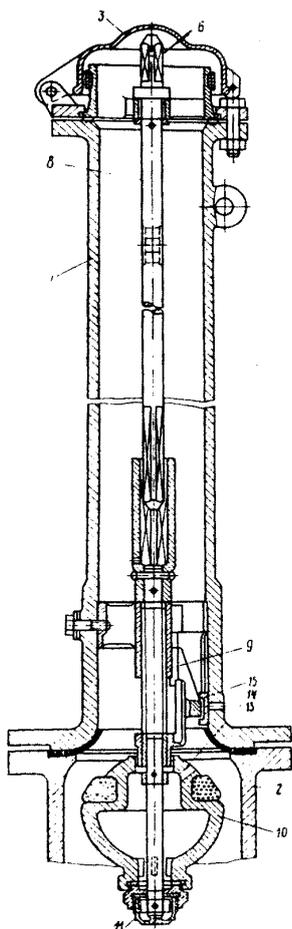


Рис. 11. Пожарный гидрант московского типа

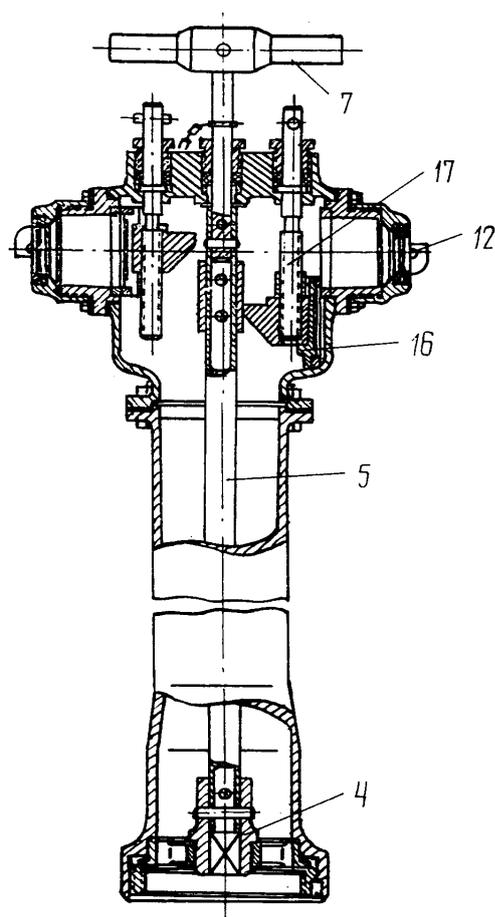


Рис. 12. Колонка пожарная

В нижней части гидранта имеется отверстие 14, через которое выпускается вода из колонки после закрытия гидранта, что исключает замерзание воды зимой. Во время открывания гидранта отверстие автоматически закрывается специальным ползунком 15, жестко скрепленным со стержнем. Пожарная колонка имеет блокировочное устройство, которое препятствует поворачиванию стержня 5, когда открыт хотя бы один штуцер (см. рис. 12). Блокировочное устройство состоит из заслонки 16 и шпинделя 17, вращающегося при помощи специального ключа (см. рис. 12). Закрывать гидрант следует при закрытых штуцерах. Это предотвращает возникновение гидравлического удара. В настоящее время промышленность выпускает подземный пожарный гидрант московского типа с клапаном обтекаемой формы ГОСТ 8220-62 (рис. 13). Этот гидрант имеет ряд преимуществ: уменьшен шаг резьбы шпинделя, что снизило усилие при открывании гидранта; нет опасности замерзания воды; он более устойчив к проявлению гидравлического удара.

Сопротивление гидранта

$$s = 1,610 \cdot 10^{-3} (\text{с/л})^2 \text{ м} \quad (1,6 \cdot 10^3 (\text{с/м}^3)^2 \cdot \text{м}).$$

Вместо пожарной колонки, показанной на рис. 12, в настоящее время выпускается колонка ГОСТ 7499 (рис. 14). Пожарная колонка состоит из корпуса и

Противопожарное водоснабжение

головки. В нижней части корпуса имеется резьбовое кольцо для присоединения корпуса колонки к гидранту. В верхней части расположены управление колонкой и два напорных патрубка с соединительными головками для присоединения пожарных рукавов. Напорные патрубки перекрыты вентилями. Клапан гидранта открывают с помощью пожарной колонки. Рукоятку можно вращать только при закрытых вентилях 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. Снимать пожарную колонку с гидранта можно только при закрытом клапане гидранта.

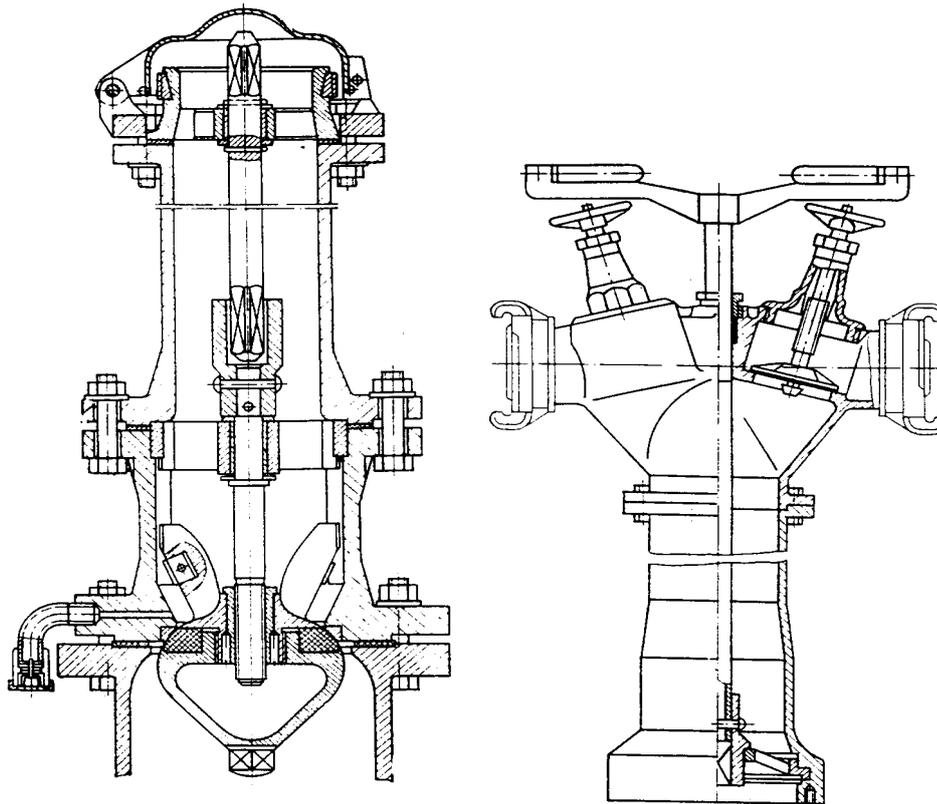


Рис. 13. Пожарный гидрант подземный. Рис. 14. Колонка пожарная

Сопротивление пожарной колонки при работе на два рукава:

$$s = 0,35 \cdot 10^4 \text{ с}^2 / \text{м}^5 (3,5 \cdot 10^{-3} (\text{с/л})^2 \text{ м}).$$

Наземные гидранты в отличие от подземных доступны в любое время года, и для их использования не требуется устанавливать пожарную колонку.

Наземные пожарные гидранты могут применяться в основном в южных районах нашей страны. В средней и северной части России в зимних условиях требуется их утеплять. На рис. 15 показан бесколодезный наземный гидрант с двумя патрубками диаметром 77 мм и одним - диаметром 125 мм. При вращении гайки штанга, соединенная со шпинделем, опускается вниз, открывая затвор для подачи воды. В момент закрывания гидранта затвор поднимается вверх, и уплотнительное кольцо плотно садится на седло, перекрывая воду.

Противопожарное водоснабжение

Нижняя часть корпуса гидранта расположена в грунте и 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. Для предотвращения попадания воды из корпуса гидранта в резьбовое соединение гайки и шпинделя в крышке установлены два уплотнительных кольца.

Для сельской местности и поселков разработана конструкция гидранта-колонки.

Гидрант-колонка ГОСТ 13816 (рис. 16) предназначен для отбора воды из водопроводной сети на хозяйственно-питьевые цели и на пожаротушение и представляет собой гидрант, совмещенный с водоразборной колонкой. Гидрант-колонку монтируют на пожарных подставках, устанавливаемых на наружной водопроводной сети без устройства колодца. Гидрант-колонка пригоден для установки на всей территории страны, за исключением районов вечной мерзлоты.

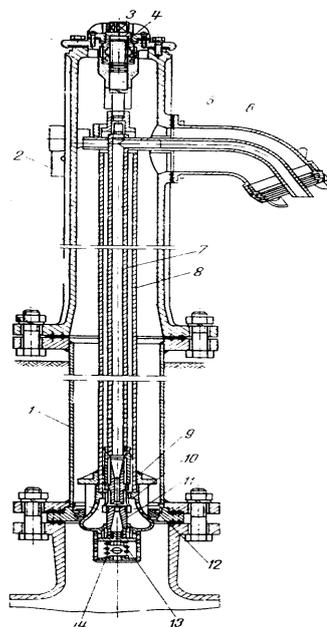


Рис. 15. Пожарный гидрант наземный.

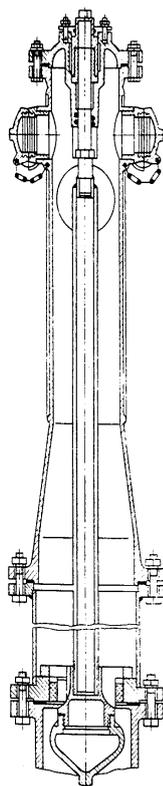


Рис. 16. Гидрант, совмещенный с водоразборной колонкой.

При подъеме рукоятки 2 водоразборная трубка 7 опускается вниз и отжимает пружину 14. Клапан 13 эжектора 11 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.

При пожаротушении открывание и закрывание гидранта производится специальным ключом. При открывании гидранта 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. Отбирать воду из гидранта можно через рукава диаметром 77 мм. Оставшаяся после работы гидранта вода отсасывается с помощью эжектора колонки. При необходимости выполнения ремонта гидранта-колонки имеется возможность извлечения его деталей без раскопки траншеи. Для этого используется металлическое кольцо 9 с двумя выступами, которые входят в пазы седла 12.

Сопротивление гидранта-колонки

$$s = 2,3 \cdot 10^{-4} \text{ с}^2/\text{м}^5 (2,3 \cdot 10^{-2} (\text{с}/\text{л})^2 \text{ м})$$

4. Размещение пожарных гидрантов на водопроводных сетях.

В п. 8.16 СНиП 2.04.02-84* указывается, что расстановка пожарных гидрантов на водопроводной сети должна обеспечивать пожаротушение любого обслуживаемого данной сетью здания, сооружения или его части не менее чем от двух гидрантов при расходе воды на пожаротушение 15 л/с и более, одного - при расходе менее 15 л/с с учетом прокладки рукавных линий длиной не более 200 м - при наличии автонасосов, 100 м - при наличии мотопомп, в зависимости от типа мотопомп. Указанная длина при наличии автонасосов объясняется тем, что прибывающий на пожар боевой расчет в составе одного отделения имеет в своем распоряжении, как правило, не более 10 рукавов.

Радиус действия гидранта r можно определить по формуле (рис. 17):

$$r = \frac{l_p}{1,2} + R_k \cos \alpha - l_{p.зд} - \Delta Z \sin \beta, \quad (8)$$

где l_p - длина рукавов; 1,2 - коэффициент, учитывающий изгиб рукавов; R_k - радиус компактной части струи; α - угол наклона струи; ΔZ - разница геометрических отметок здания и автонасоса; β - угол наклона местности по отношению к горизонтальной поверхности; $l_{p.зд}$ - длина рукавной линии по высоте здания.

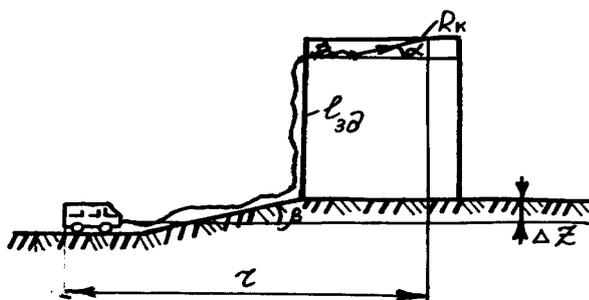


Рис. 17. Радиус действия гидранта

Длина рукавной линии в зданиях может быть определена по формуле

$$l_{p.зд} = kn, \quad (9)$$

где k - длина рукавной линии, приходящаяся на один этаж; n - количество этажей в здании. Соответствующие формулы приведены в табл. 2.

Таблица 2

Тип здания	Прокладка рукавов в здании	Формула для определения $l_{p.зд}$, м

Противопожарное водоснабжение

		Рекомендации	Требования
Жилое	Вертикальная	$l_{p.зд} = 4 n^*$	$l_{p.зд} = 3 n$
	ползучая	$l_{p.зд} = 10 n$	$l_{p.зд} = 9 n$
Производственное	Вертикальная	$l_{p.зд} = 6 n$	$l_{p.зд} = hn^{**}$
	Ползучая	$l_{p.зд} = 12 n$	$l_{p.зд} = 3 hn$

* Принято минимальное значение k из наставлений; ** h - высота этажа производственного здания для каждого конкретного случая, для ползучей прокладки принимается утроенная высота этажа.

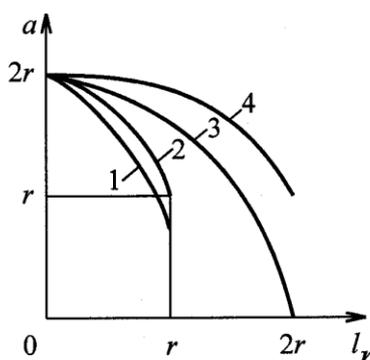


Рис. 18. Зависимость расстояния между распределительными линиями от расстояния между гидрантами для тушения пожара:

- 1 - от двух гидрантов при их шахматном расположении;
- 2 - от двух гидрантов при их простом расположении;
- 3 - от одного гидранта при простом расположении;
- 4 - от одного гидранта при шахматном расположении;

На рис. 18 показаны зависимости расстояния между распределительными линиями от расстояния между гидрантами. Видно, что при тушении от двух гидрантов шахматное и простое размещение гидрантов практически равноценны (кривые 1, 2). При тушении от одного гидранта шахматное размещение гидрантов позволяет располагать распределительные линии на большем расстоянии друг от друга, чем при простом размещении. Это дает возможность выполнять более экономичную трассировку распределительных линий.

5. Обеспечение надежности работы насосных станций.

К числу основных сооружений, определяющих надежность работы системы водоснабжения, относятся насосные станции. От того, насколько правильно спроектирована и построена насосная станция, зависит надежность работы насосной станции и системы водоснабжения в целом.

5.1. Классификация насосных станций.

1. По назначению различают насосные станции первого подъема, второго подъема, повысительные и циркуляционные. Насосные станции первого подъема (НС-I) предназначены для подачи воды от источника водоснабжения на очистные сооружения или, если очистка не требуется, непосредственно в резервуары чистой воды (РЧВ), водонапорную башню, распределительную сеть или другие сооружения в зависимости от схемы водоснабжения.

Насосные станции второго подъема (НС-II) предназначены для подачи воды из резервуаров чистой воды через водоводы и водопроводную сеть к потребителям. Иногда НС-II блокируют с очистными сооружениями или с НС-I.

Повысительные насосные станции предназначены для местного повышения напора в водопроводной сети. При этом вода из одной сети под увеличенным напором подается в другую (сеть района, города или отдельного здания).

Циркуляционные насосные станции устраивают в оборотных системах водоснабжения промышленных предприятий. В таких насосных станциях одни насосы подают воду на производственные цели, а другие подают отработанную воду на очистные сооружения или на охлаждение.

2. По расположению относительно поверхности земли насосные станции могут быть: наземные, заглубленные и шахтного типа (расположенными на большой глубине).

3. По виду оборудования различают насосные станции с вертикально и горизонтально расположенными насосами.

4. По характеру управления различают насосные станции с ручным, автоматическим и дистанционным управлением.

5. По надежности действия (степени обеспеченности подачи воды) насосные станции подразделяются на три категории:

а) первая - не допускается перерыв в подаче воды. К ним относятся насосные станции противопожарных и объединенных хозяйственно-производственно-противопожарных водопроводов;

б) вторая категории - допускается перерыв в подаче воды на время, необходимое для включения резервного электроснабжения обслуживающим персоналом. К ним относятся станции противопожарных и объединенных хозяйственно-противопожарных водопроводов при наличии на сети емкостей с

Противопожарное водоснабжение

необходимым противопожарным запасом воды, обеспечивающим необходимый напор;

и) третья - когда допускается перерыв в подаче воды на время ликвидации аварии, но не более одних суток. К ним относятся станции противопожарных и объединенных противопожарных водопроводов при расходе воды на наружное пожаротушение до 20 л/с в населенных пунктах с количеством жителей до 5000 человек, а также при подаче воды по одному водоводу.

5.2. Особенности работы насосных станций первого подъема.

В обычное время (без пожара) НС-I должна обеспечивать подачу максимального суточного расхода на хозяйственно-питьевые и производственные цели, а также на собственные нужды сооружений водопровода. При равномерном режиме работы насосов НС-I в течение суток часовая подача определяется из соотношения

$$Q_{ч} = \alpha Q_{\text{макс.сут}} / 24 ,$$

где $Q_{\text{макс.сут}}$ - максимальный суточный расход: α коэффициент, учитывающий расход на собственные нужды, принимается равным $\alpha = 1,01-1,02$ для водопровода без очистных сооружений и $\alpha = 1,04-1,10$ для водопровода с очистными сооружениями.

При пожаре НС-I, кроме того, должна обеспечивать восстановление неприкосновенного запаса (НПЗ) воды в резервуарах чистой воды. Максимальный срок восстановления НПЗ должен быть не более:

24 ч - в населенных пунктах и на промышленных предприятиях с производствами, отнесенными по пожарной опасности к категориям А, Б, В;

36 ч - на промышленных предприятиях с производствами, отнесенными по пожарной опасности к категориям Г и Д;

72 ч - в сельских населенных пунктах и на сельскохозяйственных предприятиях.

При этом:

для промышленных предприятий с противопожарными расходами воды на наружное пожаротушение 20 л/с и менее допускается увеличивать время восстановления НПЗ для производств категорий Г и Д до 48 ч, для категорий В до 36 ч;

в случае, когда дебит источника водоснабжения недостаточен для восстановления НПЗ в указанные сроки, допускается увеличивать это время при условии создания дополнительного объема воды ΔW , определяемого по формуле

$$\Delta W = W_{\text{н.з}}(k - 1) / k ,$$

где $W_{\text{н.з}}$ - необходимый объем НПЗ при требуемой продолжительности его

Противопожарное водоснабжение

восстановления; k - отношение принятого срока восстановления НПЗ к требуемому. При этом сроки восстановления допускается принимать в два раза больше указанных сроков, но не более 72 ч;

на период восстановления НПЗ допускаются снижение подачи воды на хозяйственно-питьевые цели на 30 % от расчетного расхода и подача воды на производственные цели по аварийному графику.

Восстановление НПЗ может осуществляться следующими способами:

увеличением продолжительности времени работы НС-I, если в обычное время насосы работают не круглосуточно;

резервными насосами;

сокращением водопотребления;

специальными пожарными насосами, которые устанавливаются на НС-I специально для восстановления НПЗ.

Напор насосов на НС-I определяется по формуле

$$H_n = 1,05(h_{вс} + h_n) + \Delta z, \quad (10)$$

где 1,05 - коэффициент, учитывающий потери напора в местных сопротивлениях (задвижках, обратных клапанах и т.п.) всасывающего и напорного трубопроводов; $h_{вс}$ - потери напора во всасывающем трубопроводе; h_n - потери напора в напорном трубопроводе; Δz - разница геометрических отметок наивысшего уровня воды в резервуаре чистой воды и наинизшего уровня воды в источнике.

5.3. Выбор режима работы насосной станции второго подъема.

НС-II могут иметь равномерный и неравномерный режимы работы.

Равномерный режим работы НС-II – это режим, при котором подача воды остается постоянной в течение суток.

Неравномерный (ступенчатый) режим работы НС-II – это режим, при котором подача воды периодически меняется в течение суток за счет включения различного числа насосов.

Выбор режима работы НС-II, а следовательно, количество и подача насосов зависят от графика водопотребления. На рис. 13.25 показан график водопотребления 1 и графики равномерной 2 и неравномерной 3 работы НС-II. При равномерном режиме работы НС-II работает, например, один насос с подачей в час $100 / 24 = 4,17$ % общего суточного водопотребления.

При неравномерном режиме работы (см. рис. 19) один насос с подачей 2,5 % работает с 0 до 4 ч. В 4 ч подключается такой же насос, и оба насоса с 4 до 24 ч работают параллельно. Так как при параллельной работе подача каждого насоса уменьшается, то суммарная подача двух насосов в час принята равной 4,5 %

Противопожарное водоснабжение

суточной подачи НС-II.

В моменты, когда подача НС-II больше водопотребления, избыток воды поступает в бак водонапорной башни 4 (см. рис. 19), а когда подача НС-II меньше водопотребления, недостаток воды поступает из бака водонапорной башни.

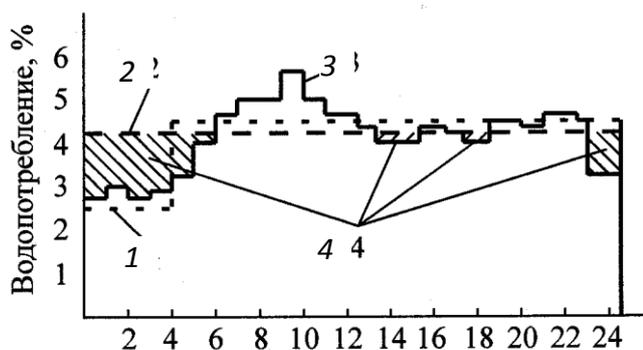


Рис. 19. Графики водопотребления (1), равномерного(2) и неравномерного(3) режимов работы НС-II

При неравномерной работе НС-II, в сравнении с равномерной, как правило, значительно уменьшается объем бака водонапорной башни, но при этом увеличивается количество насосов, но с меньшей подачей, а следовательно, площадь насосной станции тоже увеличивается. Увеличивается также объем резервуаров чистой воды, так как НС-I обычно работает равномерно. В ряде случаев увеличивается диаметр водоводов, так как при неравномерной работе НС-II водоводы должны обеспечивать пропуск большего количества воды, чем при равномерной работе. Обычно для малых водопроводов выгодна равномерная работа НС-II, для больших - неравномерная.

Окончательный режим работы НС-II следует устанавливать на основании технико-экономического сопоставления вариантов. При этом необходимо учитывать, что КПД насосов с большей подачей выше, чем КПД насосов с меньшей подачей.

5.4. Выбор типа насосной станции второго подъема.

НС-II бывают двух типов - низкого и высокого давления (рис. 20). Выбор типа НС-II зависит от соотношения требуемых напоров насосов при работе сети в обычное время (без пожара) и при пожаре. В обычное время НС-II обеспечивает подачу воды на хозяйственно-питьевые, производственные и другие цели (без расхода воды на пожаротушение). В этом случае напор насосов, работающих на сеть без водонапорной башни, определяется по формуле

$$H'_{\text{хоз}} = 1,05(h'_{\text{вс}} + h'_{\text{вод}} + h'_c) + H'_{\text{св}} + \Delta z', \tag{11}$$

а насосов, работающих на сеть с водонапорной башней (ВБ), по формуле

Противопожарное водоснабжение

$$H''_{ХОЗ} = 1,05(h'_{ВС} + h'_{ВОД}) + H''_{СВ} + \Delta z'', \quad (12)$$

где $H'_{СВ}$ и $H''_{СВ}$ - свободные напоры соответственно в диктующей точке сети и у основания ВБ; $h'_{ВС}$, $h'_{ВОД}$, h'_B - потери напора соответственно во всасывающем трубопроводе, в водоводе, в сети в обычное время; $\Delta z'' - \Delta z'$ - разность геометрических отметок соответственно диктующей точки и наинизшего уровня воды в резервуарах чистой воды (РЧВ) и основания ВБ и наинизшего уровня воды в РЧВ.

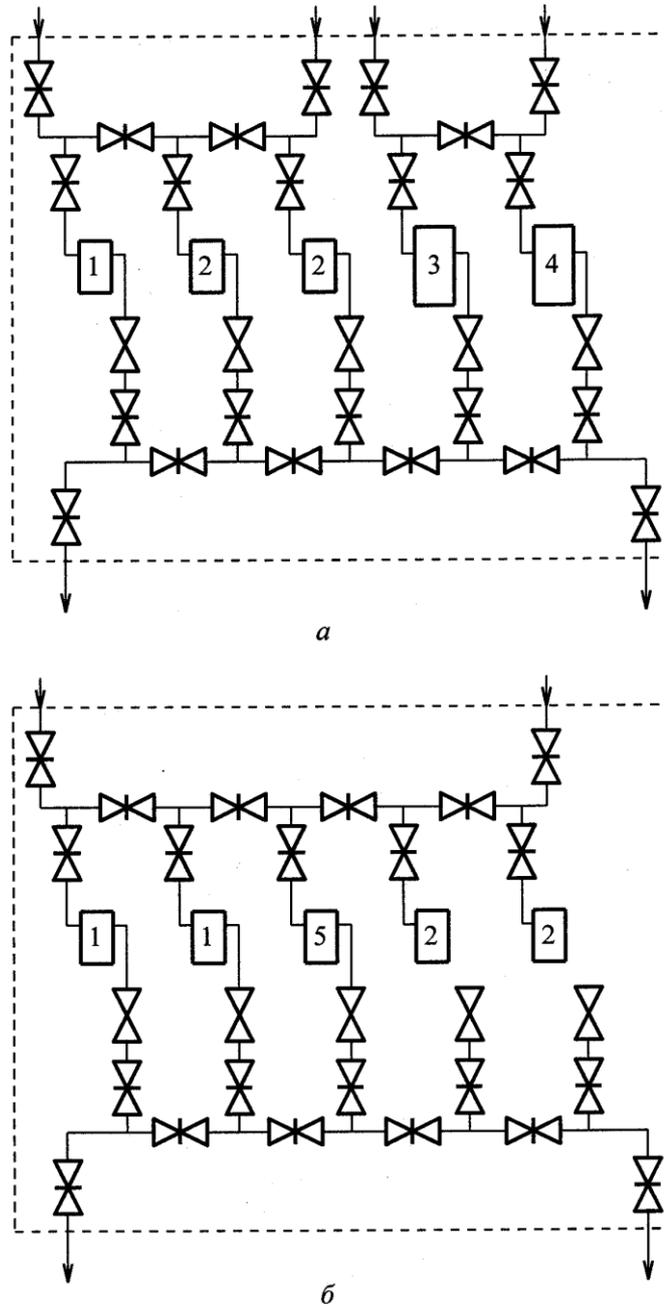


Рис. 20. Схема насосной станции НС-II: а - высокого давления; б - низкого давления;

Противопожарное водоснабжение

насосы: 1 - хозяйственные (основные); 2 - хозяйственные (резервные); 3 - специальные противопожарные (основные); 4 - противопожарные (резервные); 5 - противопожарные того же типа, что и хозяйственные

Напор при пожаре определяется по формуле

$$H_{\text{пож}} = 1,05(h_{\text{вс}} + h_{\text{вод}} + h_{\text{с}}) + H_{\text{св}} + \Delta z, \quad (13)$$

где $h_{\text{вод}}$, $h_{\text{вс}}$, $h_{\text{с}}$ - потери напора соответственно в водоводе, во всасывающем трубопроводе, в сети при пожаре; $H_{\text{св}}$ - свободный напор в диктующей точке сети; Δz - разность геометрических отметок между диктующей точкой сети при пожаре и наинизшем уровне воды в РЧВ.

Если выполняется соотношение

$$H_{\text{пож}} - H_{\text{хоз}} \geq 10 \text{ м}, \quad (14)$$

то устраивается насосная станция высокого давления.

Насосная станция высокого давления (см. рис. 20, а) - станция, на которой устанавливаются специальные пожарные насосы, создающие напор $H_{\text{пож}}$ и обеспечивающие подачу воды на пожаротушение, на хозяйственно-питьевые и производственные цели (исключая расходы на промышленных предприятиях $\square Q$ на душ, поливку территории, мойку технологического оборудования).

Таким образом,

$$Q_{\text{нас.пож}} = Q_{\text{пож}} + Q_{\text{хоз.пит}} + Q_{\text{пр}} - \Delta Q. \quad (14)$$

На насосной станции высокого давления в обычное время работают хозяйственные насосы. При пожаре включается пожарный насос, и так как напор, создаваемый пожарным насосом, больше, чем напор хозяйственных насосов, то пожарный насос своим напором закрывает обратные клапаны на напорных трубопроводах хозяйственных насосов и последние работают вхолостую. Поэтому после включения пожарного насоса хозяйственные насосы выключают. При этом пожарный насос обеспечивает полный расход воды.

Если $H_{\text{пож}} - H_{\text{хоз}} < 10$ м или $H_{\text{пож}} < H_{\text{хоз}}$, то устраивается насосная станция низкого давления. Насосная станция низкого давления (см. рис. 20, б) - станция, на которой устанавливаются одинаковые насосы, т.е. специальных пожарных насосов нет. Насосная станция низкого давления работает следующим образом. В обычное время работают основные (рабочие) хозяйственные насосы, а при пожаре для обеспечения дополнительного расхода включается дополнительный насос такого же типа, что и рабочие.

5.5. Обеспечение надежности работы насосных станций.

Надежность работы насосных станций определяется надежностью работы

Противопожарное водоснабжение

основных элементов - насосов, запорно-регулирующей аппаратуры, электрооборудования, трубопроводов и др.

Данные об отказах различных частей собственно насосов типа К (консольные) и НД (двустороннего подвода жидкости), полученные в результате обобщения опыта их эксплуатации, показывают, что 60 % отказов приходится на износ подшипников. При этом число отказов зависит от продолжительности работы насоса.

Одним из наиболее широко применяемых методов повышения надежности насосных станций является резервирование. Различают: *структурное, нагрузочное, функциональное, временное* резервирование.

Структурный метод резервирования предусматривает использование на станциях избыточных элементов. Примером его является применение в качестве избыточных насосов трубопроводов, запорно-регулирующей аппаратуры. Основным показателем структурного резерва является кратность $m = k/n$, где k - общее число насосов или других элементов одного и того же назначения; n - число рабочих элементов.

Различают три вида структурного: нагруженный, ненагруженный, облегченный.

Нагруженный резерв характерен для запорно-регулирующей аппаратуры, всасывающих и напорных трубопроводов, когда резервные элементы участвуют в обеспечении расхода наравне с основными.

Для насосов используется ненагруженный резерв, т.е. резервные насосы не работают до отказа основных агрегатов.

На станциях со ступенчатым (неравномерным) режимом работы резервные насосы работают в более легком режиме, чем основные, т.е. это облегченный резерв.

Нагрузочный метод резервирования предусматривает использование возможности насосов и других элементов станции увеличивать подачу (пропускную способность) при отключении части из них. Такой метод характерен для самих насосов и напорных и всасывающих трубопроводов. При наличии нагрузочного резервирования общая кратность резерва будет превышать кратность структурного резервирования.

Функциональный метод резервирования означает возможность взаимозаменяемости оборудования разного назначения. Например, при подборе хозяйственно-питьевых, противопожарных и других насосов учитывается возможность выполнения ими дополнительных функций: дублирования друг друга, создания больших напоров при авариях на водопроводах, сети и т.п.

Временной метод резервирования предусматривает использование резерва по продолжительности работы станции в течение суток. Такой резерв может

Противопожарное водоснабжение

создаваться, например, путем применения насосов с подачей, превышающей суточную. Этот метод используется в системах с регулирующими емкостями. Исследования показывают, что эффективность резервирования как меры повышения надежности зависит от ряда факторов, таких, как показатели надежности оборудования и трубопроводов, число рабочих агрегатов и т.п.

Необходимо, кроме того, учитывать, что повышение надежности работы станции резервированием приводит к увеличению затрат на строительство и эксплуатацию. Поэтому кратность резерва следует обосновывать технико-экономическими расчетами.

Для обеспечения надежности работы насосных станций используют следующие меры. 1. Должны быть установлены резервные насосы (табл. 3).

Таблица 3

Количество рабочих агрегатов одной группы n	Количество резервных агрегатов в насосных станциях категорий обеспеченности подачи воды		
	1	2	3
≤ 6	2	1	1
$6 \leq n \leq 9$	2	1	-
> 9	2	2	-

При этом:

в количество рабочих агрегатов на НС-II низкого давления включаются пожарные насосы;

при установке только противопожарных насосов или при объединенных противопожарных водопроводах высокого давления следует предусматривать только один резервный насос независимо от количества рабочих агрегатов;

количество рабочих агрегатов одной группы, кроме пожарных, должно быть не менее двух; в насосных станциях 2-й и 3-й категории при обосновании допускается установка одного рабочего агрегата.

Насосные станции, подающие воду непосредственно в сеть противопожарного и объединенного противопожарного водопроводов, следует относить к 1-й категории.

2. Противопожарные насосы должны быть обеспечены электропитанием от двух независимых источников, а в случае одного источника и в населенных пунктах с количеством жителей до 5000 человек следует устанавливать резервный противопожарный насос с двигателем внутреннего сгорания и

Противопожарное водоснабжение

автоматическим запуском (от аккумуляторов).

3. Количество всасывающих линий на насосных станциях 1-й и 2-й категории обеспеченности подачи воды должно быть не менее двух. При выключении одной всасывающей линии остальные должны быть рассчитаны на пропуск полного расчетного расхода для насосных станций 1-й и 2-й категории и 70 % расчетного расхода для 3-й категории. Устройство одной всасывающей линии допускается для насосных станций 3-й категории.

4. При установке в НС 1-й и 2-й категории надежности специальных насосов (т.е. на насосных станциях высокого давления) эти насосы должны иметь самостоятельные всасывающие линии.

5. Трубопроводы в НС, а также всасывающие линии за пределами НС следует выполнять из стальных труб.

6. Для выбора диаметра труб и арматуры следует принимать скорости движения воды из табл. 4.

Таблица 4

Диаметр труб, мм	Скорость движения воды в трубопроводах НС, м/с,	
	всасывающем	напорном
$d \leq 250$	0,6 - 1	0,8 - 2
$250 < d \leq 800$	0,8 - 1,5	1 - 3
$d > 800$	1,2 - 2	1,5 - 4

7. Напорная линия каждого насоса должна быть оборудована запорной арматурой и обратным клапаном, установленным между насосом и запорной арматурой. На всасывающих линиях запорную арматуру следует устанавливать у насосов, расположенных под заливом, или при присоединении насосов к общей всасывающей линии.

8. Размещение запорной арматуры на напорных и всасывающих трубопроводах должно обеспечивать возможность замены или ремонта любого из насосов, обратных клапанов, а также запорной арматуры с обеспечением непрерывной подачи воды:

на пожаротушение - полностью;

на хозяйственно-питьевые цели - 70 % от расчетного расхода для НС 1-й и 2-й категории;

на производственные цели - по аварийному графику.

При 1-й категории длительность снижения подачи не должна превышать - 3 сут; 2-й категории - 10 сут; 3-й категории - 15 сут.

Противопожарное водоснабжение

9. Корпус насоса, как правило, должен быть под заливом, создаваемым уровнем воды в водоеме или емкости. В НС, в которых насосы установлены не под заливом, следует предусматривать установку с вакуум-насосами.

10. Помещения насосных станций с размерами 6×9 м и более должны оборудоваться внутренним противопожарным водопроводом с расходом воды 2,5 л/с.

ЛЕКЦИЯ № 11, 12

ТЕМА 6: Внутренний противопожарный водопровод

1. Классификация и основные элементы внутреннего водопровода.

Внутренний водопровод предназначен для подачи воды под определенным напором и с необходимым расходом через систему трубопроводов и устройств к санитарно-техническим приборам, пожарным кранам и технологическому оборудованию здания или группы зданий и сооружений (имеющих общее водоизмерительное устройство) от сети наружного водопровода населенного пункта (предприятия) или из другого водоисточника.

Системы внутреннего водопровода предусматриваются во всех типах зданий, размещенных в канализованных районах. В неканализованных районах населенных пунктов эти системы предусматриваются в двухэтажных жилых домах, лечебно-оздоровительных и учебных учреждениях, предприятиях общественного питания, кинотеатрах, клубах, спортивных сооружениях, банях и прачечных.

Системы внутреннего водопровода включают:

вводы в здания - трубопроводы, ведущие от наружной водопроводной сети (из водоема или другого водоисточника) до водомерного узла, а при его отсутствии - до насосов-повысителей или до внутренней магистрали сети;

водомерные узлы - устройства для измерения количества и расхода воды;

насосные установки - один или несколько насосов-повысителей, создающих (повышающих) давление воды в водопроводной сети и обеспечивающих подачу ее под необходимым напором и с определенным расходом к потребителю;

разводящую сеть, стояки, подводки - трубопроводы, соединяющие насосы-повысители с водопотребителями, подразделяются на магистральные и распределительные (в пределах этажа);

водопотребители - водоразборную арматуру, включая пожарные краны, спринклеры, дренчеры, санитарно-технические приборы и технологические установки;

смесительную, запорную и регулирующую арматуру.

В зависимости от местных условий и технологии производства в систему внутреннего водопровода включаются запасные и регулирующие емкости.

Внутренний водопровод состоит из следующих элементов (рис. 1):

вода в здание - ответвления от наружной сети до внутренней магистральной сети (обычно до водомера), предназначенного для подачи воды от наружной сети в здание;

водомерного узла - водомера с арматурой для учета количества потребляемой воды;

магистральных трубопроводов, служащих для подачи воды к распределительным трубопроводам (стоякам);

Противопожарное водоснабжение

распределительных трубопроводов, служащих для распределения воды по этажам здания к водоразборным точкам;

водоразборной арматуры и пожарных кранов.

Кроме указанных выше основных элементов внутренний водопровод, в случае недостаточного напора в наружной сети может быть оборудован водонапорными баками, насосными и пневматическими установками. Сеть трубопроводов внутреннего водопровода оборудуется запорно-регулирующей арматурой.

С учетом санитарно-гигиенических, технико-экономических и противопожарных требований, особенностей систем наружного водоснабжения, назначения зданий, их площади и высоты в зданиях и сооружениях проектируются следующие системы внутренних водопроводов:

хозяйственно-питьевые;

противопожарные;

производственные;

объединенные хозяйственно-противопожарные, производственно-противопожарные (противопожарный водопровод объединен с хозяйственно-питьевым или (и) с производственным водопроводом).

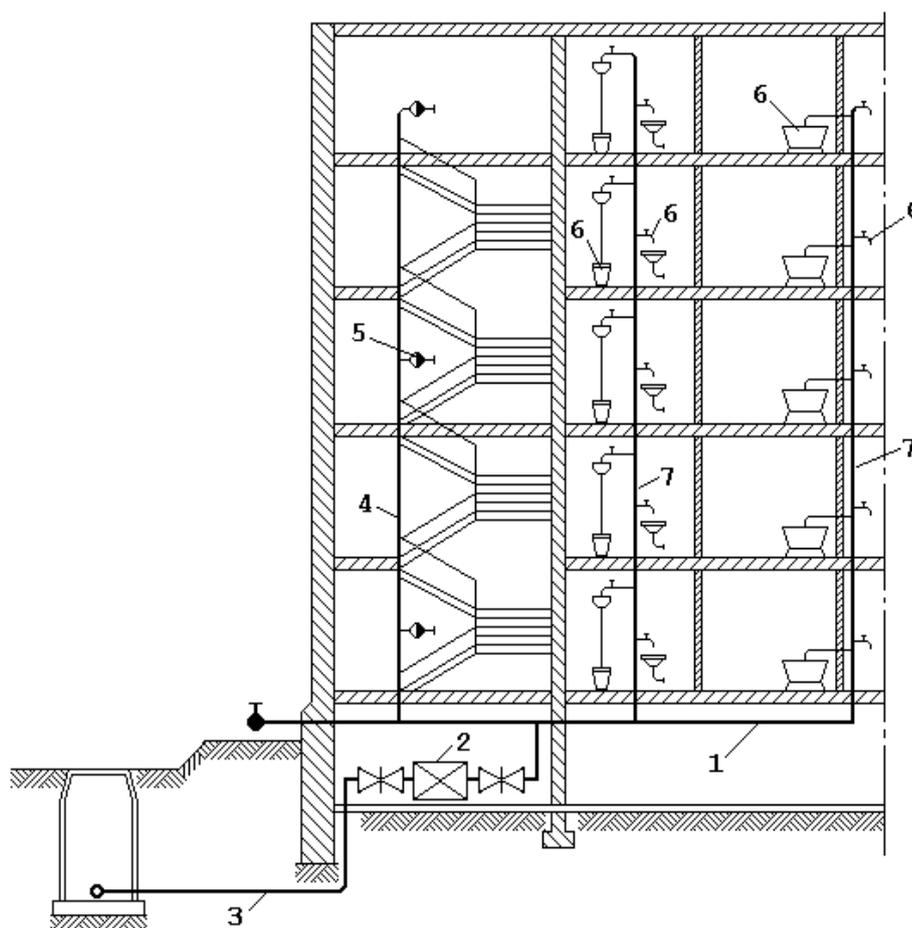


Рис. 1. Элементы внутреннего водопровода:

1 - магистральный трубопровод;

2 - водомерный узел;

3 - ввод;

4 - распределительный пожарный трубопровод (стояк);

Противопожарное водоснабжение

- 5 - пожарный кран;
- 6 - водозаборные краны и другие приборы;
- 7 - распределительный хозяйственно-питьевой трубопровод (стояк).

2. Схемы внутренних водопроводов.

Самостоятельный хозяйственно-питьевой водопровод проектируют в случаях, когда в здании не требуется по нормам внутренний противопожарный водопровод или когда объединение его с противопожарным по каким-либо причинам нецелесообразно.

Самостоятельный внутренний противопожарный водопровод устраивают в многоэтажных зданиях высотой более 50 м, в театрах, в зданиях с взрывопожароопасными производствами и на ряде других ответственных объектов. Указанный водопровод имеет ряд недостатков. Из-за отсутствия постоянного водозабора вода в нем застаивается, в результате стальные и чугунные трубопроводы и оборудование подвергаются коррозии. Часто за сетями, насосами и арматурой не ведется постоянное наблюдение, в то время как в объединенных сетях любую неисправность (аварию), как правило, немедленно устраняют.

В самостоятельный противопожарный водопровод вода может подаваться непосредственно из рек, водоемов, других естественных и искусственных водоемов, наружного производственного водопровода. Вода питьевого качества в данном случае не требуется.

Объединенные сети более выгодны с санитарно-гигиенических и экономических точек зрения, они удобны в эксплуатации и более надежны.

Наиболее часто в зданиях устраивают объединенный хозяйственно-противопожарный водопровод, реже - производственно-противопожарный. Это объясняется тем, что производственная сеть менее разветвленная, чем хозяйственно-питьевая. Санитарные приборы и другие потребители группируются, как правило, во вспомогательных помещениях промышленных предприятий. Кроме того, вода на производственные нужды подается в определенном режиме (в части расходов и напоров воды), предусмотренном технологическим регламентом, нарушение которого недопустимо. Вода на производственные нужды к технологическим аппаратам часто подается непосредственно от наружной сети.

Для варианта, когда внутренние водопроводы нескольких зданий запитываются от одной насосной, наружные трубопроводы, объединяющие внутренние водопроводные сети, проектируются в соответствии с требованиями действующих норм.

Для обеспечения надежной работы водопровода в точке присоединения ввода к наружной сети (см. рис. 1) необходимо поддерживать напор, равный

$$H_{\text{тр}} = k(h_c + h_{\text{вв}}) + h_{\text{вод}} + H_{\text{св}} + \Delta Z, \quad (1)$$

где h_c - потери напора в сети внутреннего водопровода; $h_{\text{вв}}$ - потери напора на вводе; $h_{\text{вод}}$ - потери напора на водомере; $H_{\text{св}}$ - свободный напор в диктующей точке водопроводной сети; ΔZ - разность отметок наиболее высоко расположенного водозаборного устройства (пожарного крана) и ввода; k -

Противопожарное водоснабжение

коэффициент, учитывающий потери напора на местные сопротивления ($k = 1,1$ - в сетях противопожарных водопроводов; $k = 1,15$ - в сетях производственно-противопожарных водопроводов; $k = 1,2$ - в сетях хозяйственно-противопожарных водопроводов).

Если для данной схемы водопровода требуемый напор $H_{тр}$ есть величина постоянная, то действительный напор в наружной сети в течение суток меняется (рис. 2) и может быть как больше, так и меньше требуемого напора.

Минимальный напор в наружной сети у ввода в здание называется гарантированным $H_{г}$. Величина гарантированного напора $H_{г}$ задается водопроводной службой города или объекта. Соотношение величин гарантированного $H_{г}$ и требуемого $H_{тр}$ напоров определяет выбор системы внутреннего водопровода.

Возможны следующие системы внутреннего водопровода по способу создания напора в них: без повысительных установок; с повысительными насосами; с водонапорным баком и насосами; с пневматической установкой; с запасным резервуаром.

Внутренний водопровод, действующий без повысительных установок под напором наружного водопровода (см. рис. 2) устраивают в том случае, когда напор в наружном водопроводе всегда достаточен для подачи необходимого количества воды к наиболее удаленным и высоко расположенным хозяйственным кранам 1 в обычное время работы водопровода и для создания расчетных пожарных струй из наиболее удаленных и высоко расположенных пожарных кранов 2 при работе водопровода во время пожара, т.е.

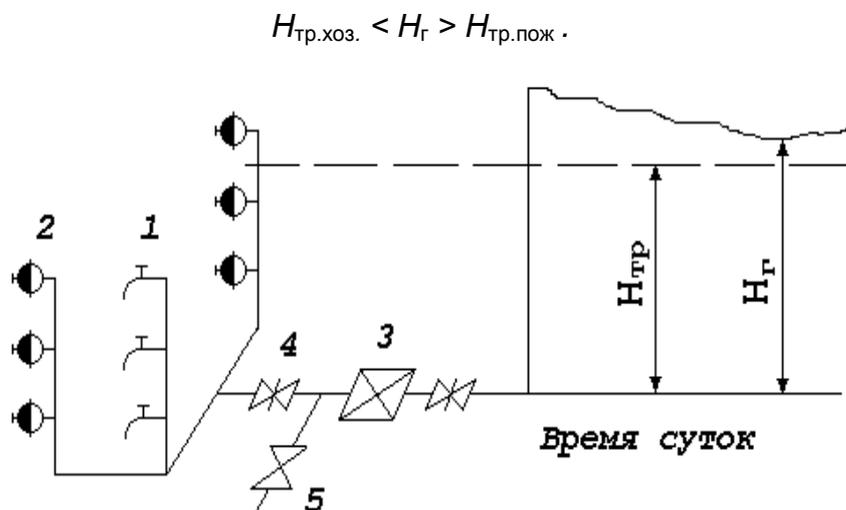


Рис. 2. Схема водопровода без повысительных установок

Эта схема является наиболее простой и распространенной. Ввод в этих случаях оборудуется водомером 3, задвижками 4 для отключения водопроводной сети при ремонте водомера и сливным краном 5 для подсоединения контрольного водомера.

Водопровод с пожарным насосом-повысителем (рис. 3) устраивается в тех случаях, когда гарантированный напор в наружной сети меньше, чем напор, необходимый для работы пожарных кранов, но больше напора, необходимого для нормальной работы хозяйственных приборов, т.е.

Противопожарное водоснабжение

$$H_{\text{тр.хоз}} < H_{\Gamma} < H_{\text{тр.пож}} .$$

В обычное время вода поступает от наружной сети во внутреннюю сеть через водомер, минуя пожарный насос, так как задвижка 4 закрыта.

В случае пожара приводится в действие пожарный насос 1. Пуск насоса осуществляется дистанционно от кнопки, установленной в шкафчике каждого пожарного крана. Одновременно с включением электродвигателя происходит открытие электрозадвижки 4 на обводной линии. При этом пожарный насос должен обеспечить подачу расчетного расхода воды, равного сумме максимального хозяйственного и пожарного расхода, т.е.

$$Q_{\text{расч}} = Q_{\text{хоз}} + Q_{\text{пож}} . \quad (2)$$

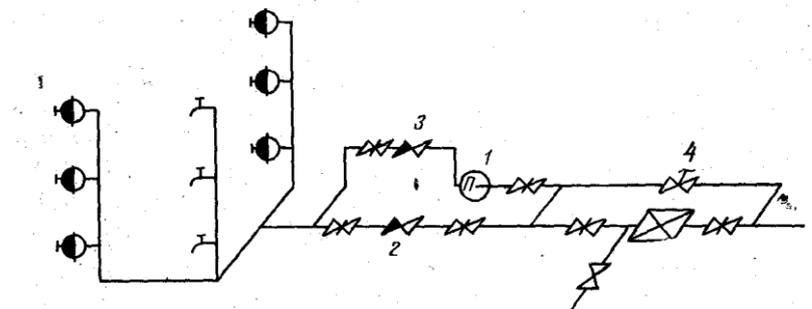


Рис. 3. Схема водопровода с насосами-повысителями

Обратный клапан 2 исключает работу насоса на себя, а обратный клапан 3 предохраняет насос от гидравлического удара при его остановке.

Водопровод с водонапорным баком и насосами (рис. 4) применяют при постоянном недостатке напора в наружной сети, когда гарантированный напор H_{Γ} меньше требуемого напора для хозяйственных приборов $H_{\text{тр.хоз}}$ и пожарных кранов $H_{\text{тр.пож}}$, т.е.

$$H_{\text{тр.хоз}} > H_{\Gamma} < H_{\text{тр.пож}} .$$

В этом случае водонапорный бак играет роль напорно-регулирующей емкости. Работа водонапорного бака и насосов должна быть автоматизирована путем установки реле уровня.

Противопожарное водоснабжение

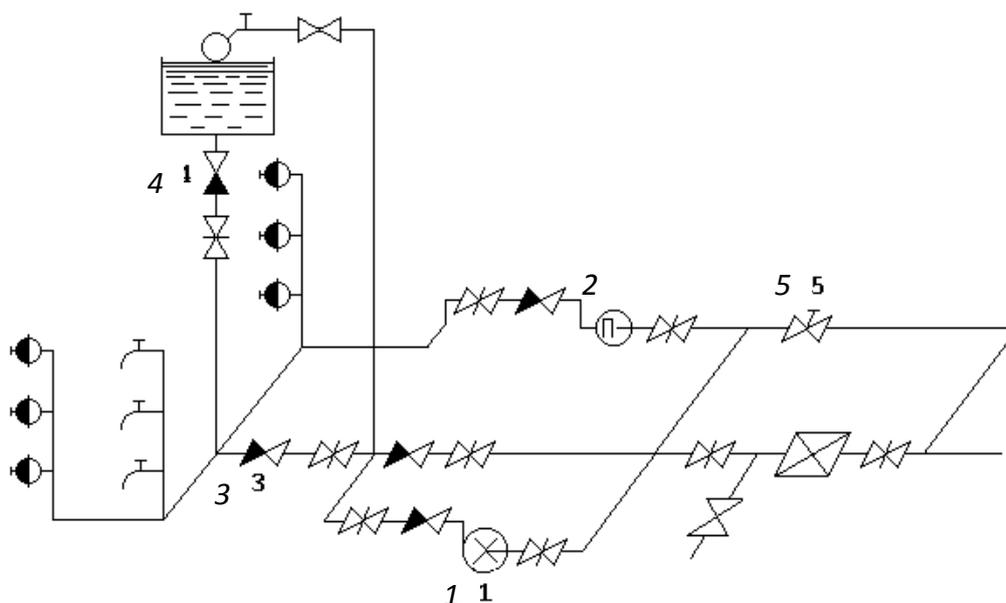


Рис. 4. Схема водопровода с водонапорным баком и насосами:
 1 - хозяйственный насос; 2 - пожарный насос; 3 и 4 - обратные клапаны; 5 - обводная линия с запломбированной задвижкой

В обычное время работы водопровода при подаче хозяйственного насоса 1 больше чем водопотребление избыток воды идет в водонапорный бак. При увеличении водопотребления вода из водонапорного бака поступает в сеть. При этом пожарные краны постоянно находятся под давлением водонапорного бака.

В случае пожара расход воды увеличивается, уровень воды в баке начинает понижаться ниже уровня неприкосновенного запаса и реле уровня включает пожарный насос 2, одновременно открывая электрозадвижку 5. Пожарный насос обеспечивает подачу хозяйственно-питьевых и пожарных расходов воды. При его работе водонапорный бак при помощи обратного клапана 4 автоматически отключается. Обратный клапан 3 предотвращает поступление воды из внутренней водопроводной сети к насосам при питании ее от водонапорного бака. Так как для нормальной работы пожарных кранов требуется создание довольно большого свободного напора, а установка водонапорного бака в обычных условиях на значительной высоте не всегда возможна, то область применения схемы внутреннего пожарного водопровода с насосами и водонапорным баком весьма ограничена. Чаще такие системы применяют в зданиях повышенной этажности.

Водопровод с пневматической установкой (рис. 5) применяется в тех же случаях, что и водопровод с насосами и водонапорным баком, но когда устройство водонапорного бака невозможно. Составной частью такой системы являются: воздушно-водяной бак 1, выполняющий роль напорно-регулирующей емкости, и компрессор 2, служащий для периодической подачи сжатого воздуха.

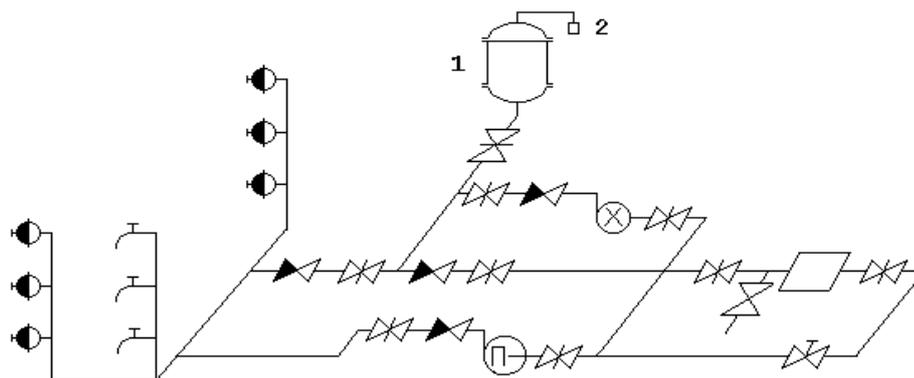


Рис. 5. Схема водопровода с пневматической установкой

Нередко в пневмоустановках применяют два герметически закрытых резервуара, один из которых заполняется водой, другой - сжатым воздухом. Для пуска насосов пневматические установки оборудуются контрольной и автоматической аппаратурой. Принцип работы такой системы заключается в следующем.

При подаче воды на тушение пожара через пожарные краны под давлением воздуха вода вытесняется из резервуара. С уменьшением уровня воды в резервуаре давление в нем падает до определенного минимума, после чего автоматически включается пожарный насос.

Водопровод с запасным резервуаром (рис. 6) устраивается в тех случаях, когда в наружном водопроводе величина гарантированного напора 5 м и менее. Наиболее часто по такой схеме устраиваются внутренние водопроводы в театрах, в цехах повышенной пожарной опасности, в зданиях повышенной этажности.

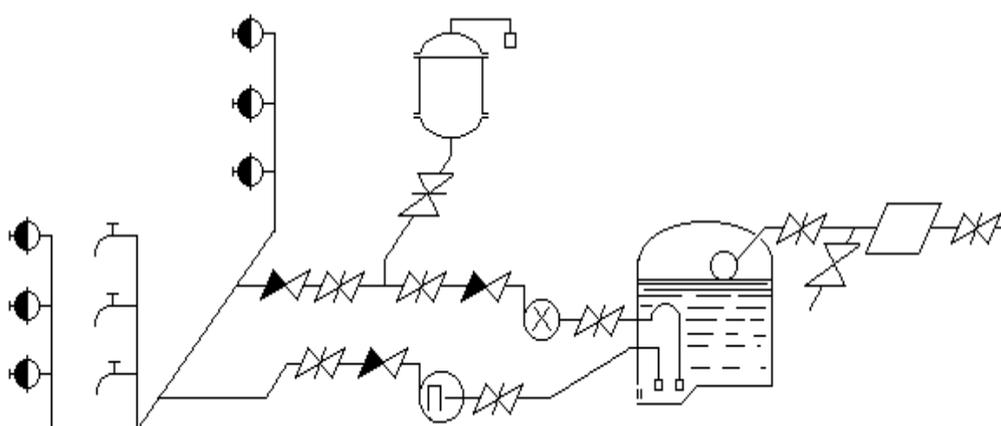


Рис. 6. Схема водопровода с запасным резервуаром

3. Расходы воды на хозяйственные и производственные нужды.

Расчетный расход воды в системах холодного водоснабжения принимается в зависимости от расчетного числа водопотребителей и санитарных приборов.

Нормой расхода воды называется количество воды, необходимое для обеспечения одного человека в единицу времени (обычно в сутки) или количество воды, расходуемое на выпуск единицы продукции, на принятие одной процедуры и т.п.

Норма потребления на бытовые нужды зависит от степени благоустройства здания, числа пользующихся приборами, времени года, типа и количества санитарных приборов, климатических условий и других факторов.

Расход воды определяется отдельным санитарным прибором согласно действующим нормам, в которых приведены основные виды санитарных приборов и в зависимости от величины свободного напора и диаметра условного прохода даны пропускаемые ими секундный и часовой расход воды. Например, умывальник или раковина с водоразборным краном, имеющим диаметр условного прохода 10 мм, при свободном напоре, равном 2 м, имеет секундный расход воды 0,1 л/с, часовой расход воды 30 л/час.

При наличии в здании различных приборов расход воды (средний для одного прибора) определяется по формуле:

$$q_o = \frac{\sum_i N_i P_i q_{oi}}{\sum_i N_i P_i}, \quad (3)$$

где N_i - число приборов; P_i - вероятность действия санитарных приборов, определенных для каждой группы; q_{oi} - секундный расход воды, л/с, прибором, принимаемый в соответствии с действующими нормами для каждой группы потребителей.

Максимальный секундный расход воды на расчетном участке сети определяется по формуле:

$$q = 5q_o \alpha, \quad (4)$$

где q_o - секундный расход воды отдельным прибором; α - коэффициент, учитывающий число приборов, вероятность их действия и использования.

Для определения значения α необходимо вычислить величину P по формуле

$$P = \frac{Q_4 U}{3600 q_o N},$$

где Q_4 – норма расхода воды одним потребителем в час небольшого водопотребления; U – общее число одинаковых потребителей в здании или сооружении.

Противопожарное водоснабжение

Расход воды на производственные нужды зависит от особенностей технологического процесса и определяется как сумма расходов воды, потребляемой технологическим оборудованием с учетом совпадения его по времени.

4. Напоры и пожарные расходы воды для внутренних водопроводов.

Необходимость устройства внутреннего противопожарного водопровода в зданиях и сооружениях определяется требованиями СНиП и других нормативных документов.

Жилые и общественные здания, а также административно-бытовые здания промышленных предприятий оборудуются внутренним противопожарным водопроводом. Расход воды на внутреннее пожаротушение зависит от числа этажей, длины коридоров, объемов зданий, их назначения и принимается в соответствии с табл. 1.

Таблица 1

№ п/п	Жилые, общественные и административно-бытовые здания и помещения	Число струй	Минимальный расход воды на внутреннее пожаротушение, л/с, на одну струю
1	Жилые здания:		
	при числе этажей от 12 до 16	1	2,5
	то же, при общей длине коридора свыше 10 м	2	2,5
	при числе этажей свыше 16 до 25	2	2,5
2	то же, при общей длине коридора свыше 10 м	3	2,5
	Здания управлений:		
	высотой от 6 до 10 этажей и объемом до 25 тыс. м ³	1	2,5
	то же, объемом свыше 25 тыс. м ³	2	2,5
3	при числе этажей свыше 10 и объемом до 25 тыс. м ³ ;	2	2,5
	то же, объемом свыше 25 тыс. м ³	3	2,5
3	Клубы с эстрадой, театры, кино театры, актовые и конференц-залы, оборудованные киноаппаратурой	Согласно СНиП 2.08.02-89 приложение 8	

Противопожарное водоснабжение

4	Общежития и общественные здания, не указанные в поз.2: при числе этажей до 10 и объемом от 5 тыс. до 25 тыс. м ³ ;	1	2,5
	то же, объемом свыше 25 тыс. м ³	2	2,5
	при числе этажей свыше 10 и объемом до 25 тыс. м ³ ;	2	2,5
	то же, объемом свыше 25 тыс. м ³	3	2,5
5	Административно-бытовые здания промышленных предприятий объемом от 5 тыс. до 25 тыс. м ³ ;	1	2,5
	объемом свыше 25 тыс. м ³	2	2,5

В жилых зданиях минимальный расход воды допускается принимать равным 1,5 л/с при наличии пожарных стволов, рукавов и другого оборудования диаметром 38 мм.

В производственных и складских зданиях необходимость устройства внутреннего противопожарного водопровода и его расход определяется по табл. 2 в зависимости от объема здания, степени его огнестойкости, категории зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.

Общий максимальный расчетный расход воды для зданий и сооружений складывается из суммы расходов на хозяйственные и иные нужды, а также расчетного расхода воды на внутреннее пожаротушение. При наличии в здании автоматической установки водяного или пенного пожаротушения учитывается и расчетный расход воды при работе этих установок.

Таблица 2

Степень огнестойкости зданий	Категория зданий по пожарной опасности	Число струй и минимальный расход воды, л/сек, на одну струю, на внутреннее пожаротушение в производственных и складских зданиях высотой до 50 м и объемом, тыс. м ³				
		0,5-5	5-50	50-200	200-400	400-800
I - II	А,Б,В	2 x 2,5	2 x 5,0	2 x 5,0	3 x 5,0	4 x 5,0
III	В	2 x 2,5	2 x 5,0	2 x 5,0	-	-
III	Г,Д	-	2 x 2,5	2 x 2,5	-	-
IV - V	В	2 x 2,5	2 x 5,0	-	-	-
IV - V	Г,Д	-	2 x 2,5	-	-	-

Напор у ввода в здание рассчитывается по формуле 15.1, где требуемый свободный напор у пожарного крана определяется по табл. 3 СНиП 2.04.01-85* с учетом необходимого радиуса действия компактной части струи из пожарного ствола.

5. Пожарные шкафы, классификация и основные параметры.

Пожарные шкафы проектируются в соответствии с требованиями НПБ-151-96 "Шкаф пожарный. Общие технические требования. Методы испытаний", технической документации и по исполнению подразделяются на *навесные, встроенные и приставные*.

Размеры пожарных шкафов определяются в зависимости от количества и диаметров пожарных клапанов и рукавов, применяемых типов стволов, а также с учетом размещения в них огнетушителей.

Типы и основные размеры пожарных шкафов приведены в табл. 3.

В пожарном шкафу предусматривается размещение ручных огнетушителей и оборудования пожарного крана:

клапана пожарного запорного с соединительной головкой;

рукава пожарного напорного с присоединенным к нему пожарным стволом (с перекрывным устройством или без него);

рычага для облегчения открывания клапана (по необходимости).

Таблица 3

Тип ПШ	Количество пожарных кранов в ПШ	Количество огнетушителей в ПШ	Максимальные габаритные размеры ПШ, мм		Код ОКП
			по вертикали	по горизонтали	
ПК-Ж1	1	-	1000	850	485485
ПК-Ж2	2	-	1900	850	485485
ПК-П1	1	2	1000	1000	485485
ПК-П2	2	2	1900	1000	485485

В зависимости от типа объекта пожарный шкаф комплектуется оборудованием с условным проходом 38, 50 или 70 мм и рукавами длиной 10, 15 или 20 м. В пожарных шкафах типа ПК-П1 и ПК-П2 предусматривается место для установки двух огнетушителей емкостью 10 л каждый.

Возможен вариант размещения огнетушителей и оборудования пожарного крана в отдельных отсеках пожарного шкафа.

Пожарный шкаф должен быть оборудован поворотной кассетой для размещения в ней пожарного рукава, укладываемого в двойную скатку, "гармошку".

Для обеспечения естественной вентиляции предусматривается не менее шести вентиляционных отверстий диаметром 20 мм, расположенных на каждой дверке шкафа или на каждой из боковых наружных стенок, по три в верхней и нижней частях дверки и стойки. Допускаются и другие конструктивные решения обеспечения вентиляции.

Противопожарное водоснабжение

Дверки шкафа должны иметь прозрачную вставку, позволяющую проводить визуальную проверку наличия и состояния комплектующих, давать возможность прочтения маркировочных надписей на корпусах огнетушителей. Дверки шкафа должны иметь приспособление для их опломбирования.

Внешне оформление пожарного шкафа должно включать красный сигнальный цвет по ГОСТ 12.4.026-76. Надписи на дверках пожарного шкафа наносятся в соответствии с ГОСТ 12.4.009-83 п. 2.5.10.

При монтаже пожарных клапанов на внутреннем водопроводе зданий (сооружений) должны выполняться требования СНиП, а также следующие правила:

маховичок клапана должен располагаться так, чтобы обеспечивалось удобство его охвата рукой и вращения (расстояние от оси маховичка до стенок 150 мм);

выходной патрубок клапана должен располагаться так, чтобы обеспечивалось удобство присоединения пожарного рукава и исключался резкий "излом" рукава при прокладке его в любую от клапана сторону.

Допускается использовать в качестве пожарных клапаны запорные муфтовые или цапковые общепромышленного назначения.

Пожарные клапаны, изготовленные из чугуна, должны быть окрашены в красный цвет в соответствии с ГОСТ 14202-69.

Пожарный шкаф крепится к строительным конструкциям с учетом установки пожарного крана на высоте 1,35 м над полом помещения.

Спаренные пожарные краны допускается устанавливать один над другим на высоте не менее 1 м от пола.

Комплектующие пожарного шкафа должны соответствовать требованиям, установленным:

НПБ 151-2000. Шкафы пожарные;

НПБ 152-2000. Техника пожарная. Рукава пожарные напорные;

НПБ 153-2000. Техника пожарная. Головки соединительные пожарные;

НПБ 154-2000. Техника пожарная. Клапаны пожарных кранов;

НПБ 177-99*. Стволы пожарные ручные.

Шкафы изготавливаются, как правило, из листовой стали. Допускается изготавливать шкафы из алюминиевых сплавов, древесных материалов с антисептической обработкой, пластмасс и т.п.

Рукава с соединительными головками должны выдерживать испытательное давление не менее 1,25 МПа. Подтекание воды в месте навязки рукавов на головки и через уплотнительные элементы головок не допускаются.

Размещение пожарных кранов. Внутренние пожарные краны устанавливаются на высоте 1,35 м над полом помещения у выходов; на площадках отопляемых лестничных клеток, в вестибюлях, коридорах, проходах и других легкодоступных местах. Каждый пожарный кран оборудуется рукавом длиной 10 или 20 м, пожарным стволом с насадком, диаметр которого определяется расчетом и размещается в опломбированных шкафчиках. В одном здании следует применять стволы с насадками одного диаметра и пожарные рукава одинаковой длины. Если расход пожарной струи $4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, принимают пожарные краны диаметром 50 мм, при расходе более $4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ - 65 мм.

Противопожарное водоснабжение

Для обеспечения условий орошения помещения внутренние пожарные краны должны устанавливаться на расстоянии (рис. 7), равном

$$L_{кр} = k \sqrt{\left(R_k^2 - (1,35 + l_p)^2 \right) - \left(\frac{B}{2} \right)^2}, \quad (5)$$

где $L_{кр}$ - расстояние между пожарными кранами; k - коэффициент, учитывающий условия орошения и принимаемый равным: $k = 1$ - при орошении каждой точки помещения двумя струями; $k = 2$ - при орошении каждой точки помещения одной струей; R_k - радиус действия компактной части струи; l_p - длина пожарного рукава; B - ширина здания; T - высота помещения; 1,35 - высота расположения пожарного ствола.

Как видно из формулы (5), с увеличением радиуса компактной части струи R_k расстояние между пожарными кранами увеличивается, что ведет к уменьшению строительных затрат на трубопроводы и монтаж пожарных кранов. Однако при этом несколько возрастают эксплуатационные затраты в связи с установкой более мощных пожарных насосов, необходимых для создания больших напоров у кранов. При проектировании внутренних пожарных водопроводов можно радиус компактной части струи определять при угле наклона $\alpha = 50-60^\circ$.

С достаточной для практических расчетов степенью точности можно принять $\alpha = 60^\circ$. Тогда, учитывая, что при $\alpha = 60^\circ$

$$\sqrt{R_k^2 - (1,35 + l_p)^2} = \frac{R_k}{2}$$

Формула (5) примет вид

$$L_{кр} = k \sqrt{\left(\frac{R_k}{2} + l_p \right)^2 - \left(\frac{B}{2} \right)^2}. \quad (6)$$

Зная необходимое расстояние между пожарными кранами, определяют их количество.

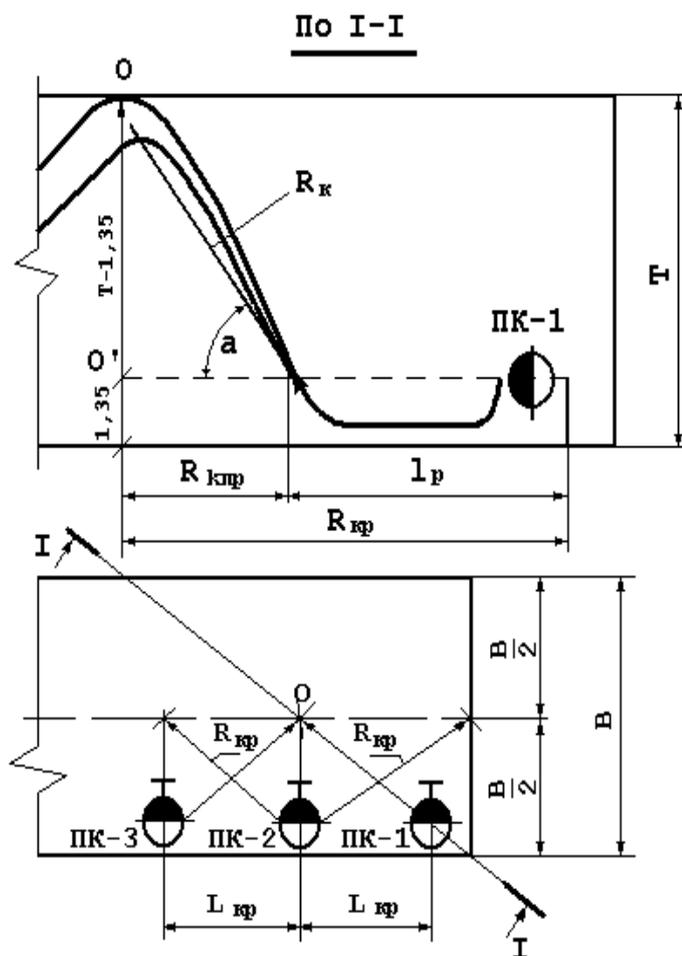


Рис. 7. Определение расстояния между пожарными кранами: при установке ПК-2 выполняются условия орошения каждой точки помещения двумя струями, при отсутствии ПК-2 - одной струей.

6. Насосные станции и водонапорные баки.

Насосные станции предназначаются для обеспечения необходимого напора и расхода воды в сети внутреннего водопровода в случае, когда недостаточен напор воды в наружной водопроводной сети или в случае забора воды из водоема.

Насосные станции подключаются к водоисточникам через вводы. Забор воды из городской водопроводной сети осуществляется, как правило, по двум вводам через водомерное устройство. Один ввод в здание допускается при наличии в здании менее 12 пожарных кранов и отсутствии автоматических установок водяного и пенного пожаротушения. Каждый ввод рассчитывается на пропуск полного расчетного расхода воды.

Для учета количества и расхода воды перед насосными установками предусматриваются водомерные узлы.

Водомер подбирается по диаметру условного прохода счетчика и его следует проверять на пропуск максимального расхода воды на хозяйственно-

Противопожарное водоснабжение

питьевые, производственные и иные нужды, плюс расчетный расход воды на внутреннее пожаротушение (пожарные краны, спринклеры, дренчеры).

Если в здании один ввод или счетчик не обеспечивает пропуск максимального расчетного расхода воды, у источника предусматривается обводная линия с задвижкой. Задвижка обеспечивается электроприводом, если счетчики не рассчитаны на максимальный пропуск воды при пожаротушении.

Тип насосной установки и режим ее работы определяются на основании технико-экономических расчетов.

Насосные установки располагаются в помещениях тепловых пунктов, бойлерных, котельных и других технических отапливаемых помещениях. Пожарные насосы-повысители и регулирующие емкости устанавливаются в помещениях, выгороженных противопожарными преградами и имеющих выход непосредственно наружу или в лестничную клетку.

Насосные станции, обслуживающие несколько зданий в жилых микрорайонах городов, могут располагаться в отдельно стоящих зданиях центральных тепловых пунктов.

Водонапорные баки устанавливаются для регулирования неравномерности водопотребления, сохранения запаса воды и создания напора, необходимого для бесперебойного снабжения водой здания.

Емкость бака определяется по формуле:

$$W_{\text{б}} = \beta W_{\text{пер}} + W_{\text{н.з.}}, \quad (7)$$

где β - коэффициент запаса емкости бака, $\beta = 1,2 - 1,4$; $W_{\text{н.з.}}$ - неприкосновенный пожарный запас воды; $W_{\text{пер}}$ - регулирующий объем воды в баке.

При производительности насосной установки, превышающей максимальный часовой расход,

$$W_{\text{пер}} = \frac{Q_{\text{н}}}{4n}, \quad (8)$$

где $Q_{\text{н}}$ - производительность насосной установки, м³/ч; n - допускаемое включение насосной установки в 1 ч, $n = 2-4$.

Неприкосновенный пожарный запас воды из расчета 10-минутного тушения пожара должен быть равен:

$$W_{\text{н.з.}} = W_{\text{пож}} + W_{\text{хоз}}, \quad (9)$$

где $W_{\text{пож}}$ - объем воды, необходимый для работы пожарных кранов; $W_{\text{хоз}}$ - объем воды для хозяйственно-питьевых нужд:

$$W_{\text{пож}} = \frac{10 \cdot 60}{1000} Q_{\text{пож}} = 0,6 Q_{\text{пож}}; \quad (10)$$

$$W_{\text{хоз}} = 0,6 Q_{\text{хоз}}. \quad (11)$$

В формулах (10) и (11) $Q_{\text{пож}}$ и $Q_{\text{хоз}}$ соответственно пожарный и хозяйственно-питьевой расходы воды, л/с.

Противопожарное водоснабжение

Высота установки бака определяется из условия обеспечения работы ПК:

$$H_6 = kh_c + H_{п.к} + \zeta_{п.к} - Z_6, \quad (12)$$

где h_c - потери напора в сети; $H_{п.к}$ - напор у пожарного крана; $Z_{п.к} - Z_6$ - разность отметок установки пожарного крана и дна бака; k - коэффициент, учитывающий потери напора в местных сопротивлениях.

7. Трассировка внутренних противопожарных водопроводов.

Внутренние противопожарные водопроводы предназначены для тушения пожаров в начальной стадии их возникновения обслуживающим персоналом, членами добровольных пожарных дружин или гражданами, а при развившемся пожаре - профессиональными пожарными как дополнительное средство к стволам, подаваемым от передвижной пожарной техники.

Схемы внутренних противопожарных водопроводов зависят от высоты, площади здания, его назначения, напора в наружной водопроводной сети.

Вода от наружного водопровода поступает в здание по вводам, на которых устанавливаются водомеры (счетчики проходящего количества воды). Далее вода от ввода попадает по магистральным и разводящим трубопроводам к водоразборным приборам.

В зданиях небольшой высоты (до 4 этажей) применяют, как правило, схемы водопровода с верхней или нижней разводкой. В случае с нижней разводкой вода подается через ввод в магистральное кольцо, проложенное в нижнем техническом, цокольном или первом этаже. Далее по вертикальным стоякам к водоразборным приборам.

При варианте с верхней разводкой магистральное кольцо прокладывается в чердаке, верхнем техническом этаже или под кровлей по фермам производственного здания. Более удобной и надежной считается схема водопровода с нижней разводкой. Такую трассировку сети применяют в жилых, общественных зданиях и некоторых промышленных цехах. В этом случае магистраль прокладывается под потолком подвала или под полом первого этажа в специальных каналах. Стояки прокладывают открыто или скрыто по стенам, в панелях, санитарно-технических кабинах, иногда в коридорах, лестничных клетках. В административных, общественных, производственных и вспомогательных зданиях промышленных предприятий стояки должны прокладываться в специальных несгораемых шахтах.

При верхней разводке (рис. 8) магистральные трубопроводы прокладываются по чердаку или под потолком верхнего этажа, а также по фермам и стенам здания. Стояки прокладываются аналогично схемам с нижней разводкой и нередко в виде опусков по колоннам. В этом случае ввод водопровода с магистралью соединяют главным (отдельным) стояком, к которому присоединять водоразборные точки не разрешается. Верхнюю разводку часто применяют в высотных и бесфонарных производственных зданиях. Однако при пожаре вследствие обрушения конструкций возможен выход из строя водопроводной

Противопожарное водоснабжение

сети. Поэтому внутренние противопожарные водопроводы устраивать по схеме с верхней разводкой магистралей сети не рекомендуется.

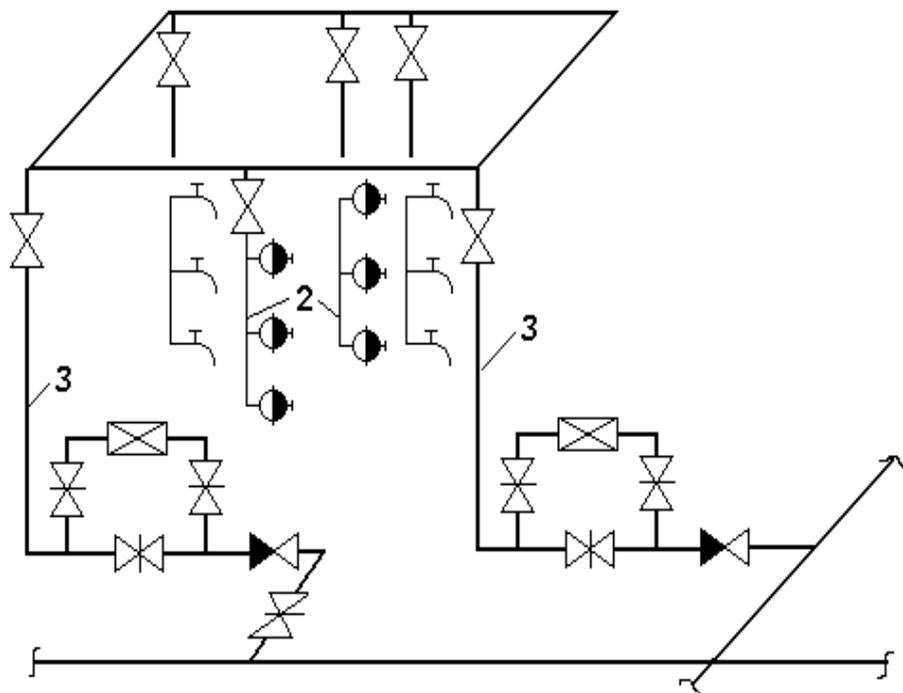


Рис. 8. Водопроводная сеть с верхней разводкой магистралей

В некоторых коммунальных, а также производственных зданиях, где водоразборные приборы сильно "разбросаны" по этажам и несимметрично расположены по вертикали друг над другом, применяют трассировку с вертикальной разводкой магистралей (рис. 9). Применение горизонтальной разводки в этом случае вызвало бы установку большого количества стояков, что усложняет схему и увеличивает затраты трубопроводов и других материалов на монтаж.

Магистральные сети могут быть тупиковые и кольцевые с одним или несколькими вводами. Внутренние сети пожарных или объединенных пожарно-хозяйственных водопроводов с количеством пожарных кранов более 12 устраиваются кольцевыми (рис. 8) или закольцованными вводами (рис. 10). На кольцевой сети устанавливаются ремонтные задвижки таким образом, чтобы при аварии отключалось не более пяти пожарных кранов. Если на стояке установлено больше пяти пожарных кранов, то необходимо предусмотреть отключение и самого стояка.

Внутренние сети пожарных и объединенных пожарных водопроводов проектируются из стальных труб.

Противопожарное водоснабжение

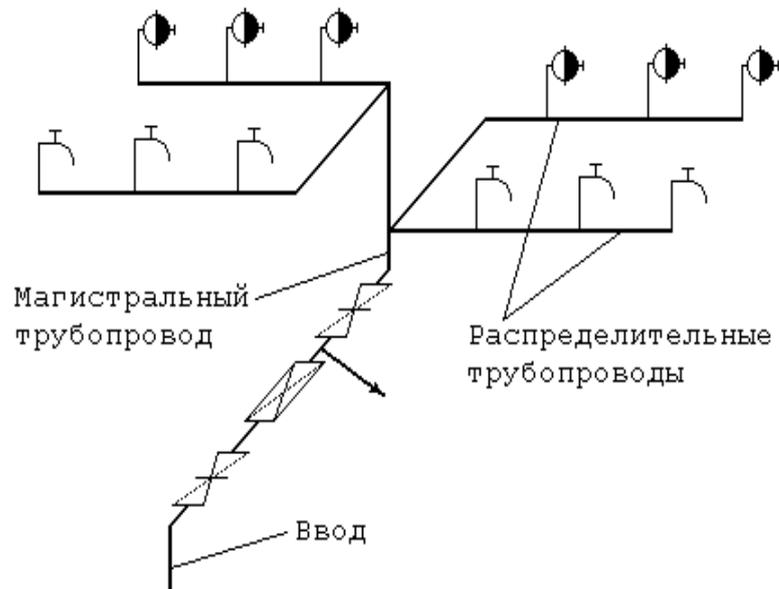


Рис. 9. Водопроводная сеть с вертикальной разводкой магистралей

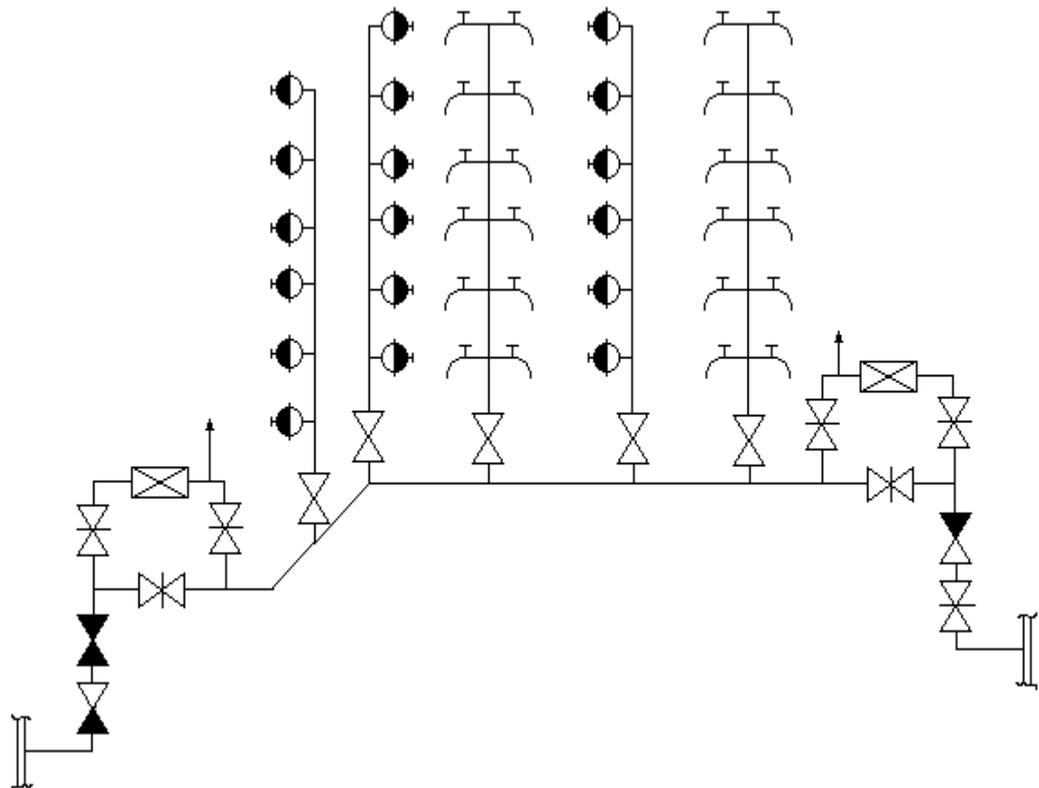


Рис. 10. Водопроводная сеть, закольцованная вводами

8. Гидравлический расчет внутренних водопроводов.

Гидравлический расчет внутреннего водопровода проводится в целях определения наиболее экономичных диаметров труб, требуемого напора у расчетного пожарного крана и на вводе в здание, а также для выбора схемы внутреннего водопровода. При этом расчет водопроводных сетей, питаемых несколькими вводами, производится с учетом выключения одного из них.

Гидравлический расчет внутренних водопроводов проводят в следующем порядке:

1. Устанавливают норму расхода воды и число струй на внутреннее пожаротушение.

2. Определяют необходимый радиус компактной части струи и по его величине (по табл. СНиП) находят действительный расход (он не должен быть меньше нормативного) пожарной струи и требуемый напор у пожарного крана.

3. По формуле (6) определяют расстояние между пожарными кранами.

4. Составляют аксонометрическую схему сети и намечают на ней расчетные участки, а также расчетное направление движения воды. При этом за расчетный участок принимают отрезок сети, в пределах которого величина расхода не изменяется; каждый стояк (распределительная сеть) считается одним расчетным участком. За расчетное направление принимают направление движения воды от ввода до самого удаленного и высоко расположенного пожарного крана (диктующая точка).

5. Определяют расход воды по расчетным участкам с приборами хозяйственно-питьевого или производственного назначения по формулам (3) - (4), сосредоточивая эти расходы в точках присоединения распределительной сети к магистрали.

6. Производится предварительное распределение сосредоточенных расходов по участкам магистральной сети.

7. Задаются диаметрами труб для пропуска расчетных расходов воды с учетом допустимых экономических скоростей.

В водопроводных сетях скорости движения воды не должны превышать 1,5 - 2,0 м/с.

Диаметры труб могут быть определены по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}.$$

8. Производится расчет магистральной сети. Кольцевую сеть рассчитывают по обычным правилам (см. гл. 13 учебника) при условии отключения одного из вводов. Потери напора подсчитываются по формуле:

$$h = AlQ^2.$$

9. Подбирают водомер.

10. Определяют потери напора в пожарном стояке, на вводе и по всей длине расчетного направления.

Противопожарное водоснабжение

11. По формуле (1) вычисляют требуемый напор у ввода. Сравнивают величину требуемого напора $H_{тр.пож}$ с величиной гарантированного напора $H_{г}$ в наружной водопроводной сети, и если выясняется недостаток гарантированного, то предусматривают установку пожарных насосов. Насосы подбираются по каталогу (по расчетному расходу и напору). При объединенном хозяйственно-пожарном водопроводе подача насоса должна быть равна суммарному расходу воды на хозяйственно-питьевые, производственные и пожарные нужды; при специальном пожарном - расходу, необходимому только для целей пожаротушения.

При работе насоса от наружной водопроводной сети требуемый напор пожарного насоса определяется по формуле:

$$H_{н} = H_{тр.пож} - H_{г}, \quad (13)$$

а при заборе воды насосом из запасного резервуара - по формуле:

$$H_{н} = k \left(h_{с} + h_{вс} \right) + H_{св} + \Delta z, \quad (14)$$

где $h_{с}$ - потери напора в сети; $h_{вс}$ - потери напора во всасывающей линии; Δz - разность отметок между наиболее удаленном от насоса и высоко расположенным пожарным краном и нижним уровнем воды в резервуаре.

В случае устройства водопровода с запасным резервуаром определяют емкость последнего из условия хранения в нем запаса воды на трехчасовое тушение пожара при подаче расчетного расхода по формуле:

$$W_{р} = 10,8 \cdot 10^3 Q_{расч}, \quad (15)$$

где $Q_{расч}$ - расчетный расход воды, м³/с.

Для того чтобы определить необходимость установки хозяйственных насосов с гидропневмобаком или с водонапорным баком, проводится расчет водопроводной сети при пропуске хозяйственных расходов. Причем в системах с гидропневмобаком по формулам дополнительно определяют давление воздуха и объем воды в баке (для выбора реле давления и типового гидропневмобака), а в системах с водонапорным баком - емкость и высоту установки бака, используя формулы (9) - (14).

Пример. Рассчитать объединенный хозяйственно-противопожарный водопровод двухэтажного производственного здания II степени огнестойкости категории В с высотой помещений 8,2 м и размерами в плане 24х60 м (объем 23616 м³). На хозяйственно-питьевые нужды вода подается по двум стоякам, на которых установлено 16 смывных бачков, 4 лабораторных мойки, 8 питьевых фонтанчиков, 16 писсуаров, 16 умывальников, 4 гигиенических душа. В здании работает 400 человек. Норма расхода воды одним водопотребителем $Q_{ч} = 14,1$ л/ч. Гарантированный напор в наружной сети 15 м.

1. Определим нормативный расход и число пожарных струй по СНиП.

Противопожарное водоснабжение

На внутреннее пожаротушение в производственном здании высотой до 50 м требуется 2 струи по $5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$:

$$Q_{\text{вн}} = 2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

2. Определим радиус компактной части струи при угле наклона струи $\alpha = 60^\circ$

$$R_{\text{к}} = \frac{T - 1,35}{\sin \alpha} = \frac{8,2 - 1,35}{\sin 60^\circ} = 8 \text{ м}.$$

Так как расход пожарной струи больше $4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, водопроводная сеть должна оборудоваться пожарными кранами 65 мм со стволами, имеющими насадки 19 мм, и рукавами длиной 20 м. При этом в соответствии с таблицей действительный расход струи будет равен $5,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, напор у пожарного крана 19,9 м, а компактная часть струи $R_{\text{к}} = 12 \text{ м}$.

3. Определим расстояние между пожарными кранами из условия орошения каждой точки помещения двумя струями:

$$L_{\text{кр}} = k \sqrt{\left(\frac{R_{\text{к}}}{2} + l_{\text{п}}\right)^2 - \left(\frac{B}{2}\right)^2} = 1 \sqrt{\left(\frac{12}{2} + 20\right)^2 - \left(\frac{24}{2}\right)^2} = 23 \text{ м}.$$

При таком расстоянии требуется установить на каждом этаже по 8 пожарных кранов (рис. 11). Так как общее количество пожарных кранов более 12, магистральная сеть должна быть кольцевой и питаться двумя вводами.

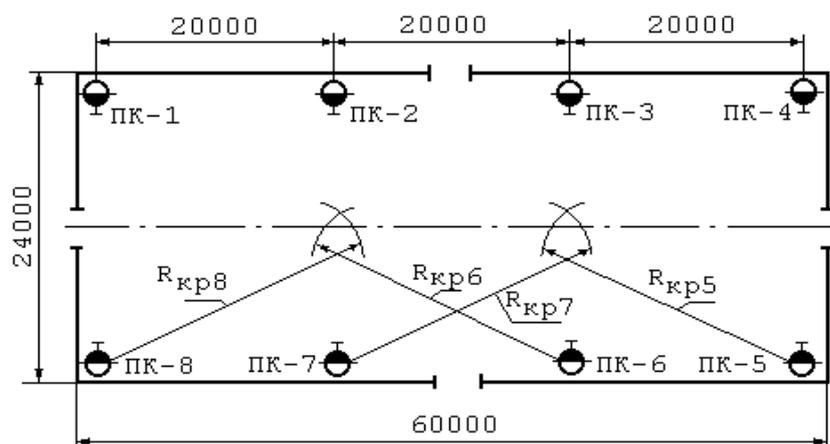


Рис. 11. Размещение пожарных кранов из условия орошения каждой точки помещения двумя струями

4. Составим аксонометрическую схему водопроводной сети (рис. 12), наметив на ней расчетные участки. Как видно, за расчетное направление следует принять направление от точки 0 до ПК-16 (расчет проводится при отключении второго ввода).

Противопожарное водоснабжение

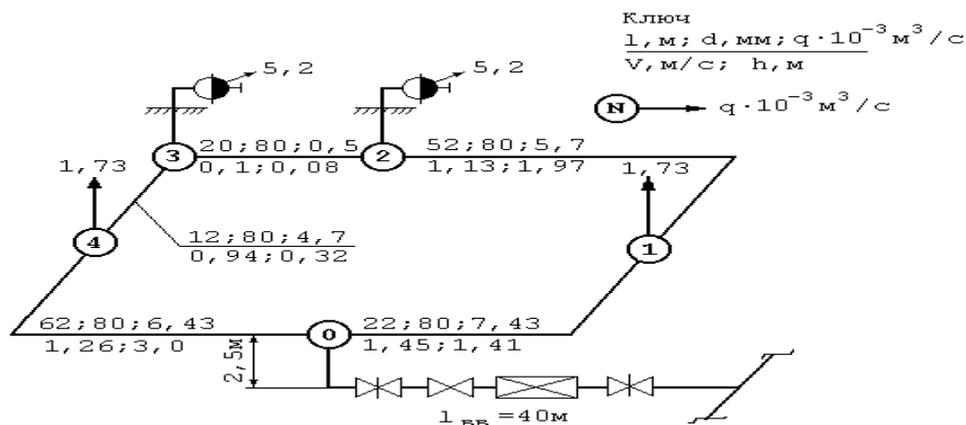


Рис. 12. Расчетная схема внутреннего водопровода

5. Вычислим расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды. Максимальный расход одним прибором будет равен $q_0 = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ ($q_0 = 0,2 \text{ л/с}$).

По формуле (4) определим вероятность действия приборов

$$P = \frac{14,1 \cdot 400}{3600 \cdot 2 \cdot 64} = 1,123.$$

По формуле (3) определяем максимальный расход воды

$$q = 5 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 3,46 = 3,46 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Сосредоточим полученные величины расходов в точках присоединения хозяйственных стояков к магистральной сети, т.е. в точках 1 и 4.

$$q_1 = q_4 = \frac{q}{2} = \frac{3,46 \cdot 10^{-3}}{2} = 1,73 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

6. Распределим сосредоточенные расходы по участкам магистральной сети, как показано на рис. 12, принимая за точку схода точку 3.

7. Определим диаметры труб.

Для определения диаметров труб магистральной сети воспользуемся формулой

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

где $v = 1,5 \text{ м/с}$.

Диаметр труб на участке 0-1 с максимальным расходом $7,43 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$

Противопожарное водоснабжение

$$d_c = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,43 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 1,5}} = 0,79 \cdot 10^{-1} \text{ м} = 79 \text{ мм.}$$

Диаметр труб для вводов

$$d_{\text{вв}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 13,86 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 1,5}} = 1,08 \cdot 10^{-1} \text{ м} = 108 \text{ мм.}$$

Принимаем трубы стальные диаметром 80 мм для магистральной сети и трубы чугунные диаметром 100 мм для вводов.

8. Производим расчет кольцевой магистральной сети. Потери напора определяем по формуле

$$h = A l Q^2,$$

где A - удельное сопротивление труб.

Результаты вычислений сводим в табл.

Как следует из табл., средние потери напора в сети равны

$$h_{\text{ср}} = \frac{\sum h_{\text{I}} + \sum h_{\text{II}}}{2} = \frac{3,46 + 3,32}{2} = 3,39 \text{ м.}$$

Таблица

На- прав- лени е	Учас- тки	l , м	d , мм	A	$S=A \cdot l \cdot 10^{-4}$	$q \cdot 10^{-3}$, м ³ /с	$sq \cdot 10^{-2}$	$h=sq^2$, м	V , м/с	δ	$h=\delta$ sq^2 , м
	0-1	22	80	116 7	2,56	7,43	1,90	1,41	1,45	1,000	1,410
I	1-2	52	80	116 7	6,06	5,70	3,45	1,97	1,13	1,000	1,970
	2-3	20	80	116 7	2,33	0,50	0,12	0,06	0,10	1,410	0,085
$Sh_{\text{I}} = 3,46 \text{ м}$											
II	0-4	62	80	116 7	7,24	6,43	4,66	3,00	1,26	1,000	3,000
	4-3	12	80	116 7	1,40	4,70	0,66	0,31	0,94	1,035	0,320
$Sh_{\text{II}} = 3,3 \text{ м}$											

Противопожарное водоснабжение

9. Подбираем водомер на пропуск расчетного расхода. Расчетный расход (с учетом пожарного) $Q_{расч} = 13,86 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$. Принимаем водомер ВВ-80. Потери напора в нем будут равны

$$h_{вод} = SQ_{расч}^2 = 2,07 \cdot 10^3 (13,86 \cdot 10^{-3})^2 = 0,4 \text{ м},$$

что меньше допустимой величины 2,5 м.

10. Определим потери напора в пожарном стояке и на вводе:

$$h_{ст} = A_{70} l_{ст} Q_c^2 = 1167 \cdot 9,55 \left(2 \cdot 10^{-3} \right)^2 = 0,3 \text{ м};$$

$$h_{вв} = A_{100} l_{вв} Q_{расч}^2 = 311,7 \cdot 42,55 \left(3,86 \cdot 10^{-3} \right)^2 = 2,7 \text{ м}.$$

Тогда потери напора в сети на расчетном направлении 0-ПК-16

$$h_{ср} + h_{ст} = 3,39 + 0,3 = 3,69 \text{ м}.$$

11. Определим требуемый напор на вводе

$$H_{тр.пож} = 1,2h_c + h_{вв} + h_{вод} + H_{шк} + \Delta z,$$

где $\Delta z = 2,5 + 8,2 + 1,35 = 12,05 \text{ м}$;

$$H_{тр.пож} = 1,2 \cdot 3,69 + 2,7 + 0,4 + 19,9 + 12,05 = 39,48 \text{ м}.$$

Так как величина гарантированного напора, равная 15 м, меньше величины требуемого, необходимо установить насос, обеспечивающий создание напора:

$$H_n = H_{тр.пож} - H_r = 39,48 - 15 = 24,5 \text{ м}$$

при подаче $Q_{расч} = 13,86 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$.

Принимаем по каталогу насос марки К45/30 с рабочими параметрами:

$$Q_n = 15 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}; \quad H_n = 27 \text{ м}.$$

Следовательно, водопровод должен быть устроен по схеме с пожарными насосами-повысителями.

ЛЕКЦИЯ № 13, 14

ТЕМА 7: Специальные наружные противопожарные водопроводы высокого давления

1. Область применения и устройство противопожарных водопроводов высокого давления.

Наружные противопожарные водопроводы устраивают на складах лесных материалов, нефти и нефтепродуктов, на предприятиях нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности, где развитие пожара происходит быстро и использование передвижных сил и средств не обеспечивает эффективного пожаротушения.

Склады лесных материалов предназначены для хранения запасов пиломатериалов, круглого леса, балансовой древесины, осмола, дров, щепы и опилок. Они устраиваются на бетонированных, асфальтных, грунтовых площадках.

Пожары на складах лесоматериалов имеют ряд характерных особенностей. Наиболее существенными из них являются:

- большая скорость распространения фронта пламени по штабелям;
- мощное тепловое излучение от горящих штабелей;
- массовый высев из конвективной колонки искр и головней и перенос их на расстояние;
- большая скорость притока свежего воздуха в зону горения.

Противопожарное водоснабжение должно устраиваться таким образом, чтобы обеспечить расход воды на пожаротушение не менее 200 л/с через 5 мин после получения сообщения о пожаре в течение не менее 40 мин и возможности наращивания расхода воды до 500-600 л/с.

Современные открытые технологические установки по переработке углеводородных газов, нефти и нефтепродуктов характеризуются большой производительностью и площадью застройки. Они обычно состоят из однотипных аппаратов, высота которых достигает 80-100 м, объем до 2000 м³. Технологические процессы в них осуществляются при высоких температурах и давлениях.

Анализ статистических данных показал, что каждый четвертый пожар сопровождается взрывом с последующим развитием горения на площади до 5000 м². Если же пожар возникает без взрыва, то средняя площадь пожара несколько ниже и составляет 500 м² (79 % случаев), максимальная площадь достигает 3000 м². Увеличению площади пожара способствует подаваемая на охлаждение технологического оборудования вода, по которой горящий нефтепродукт растекается по территории установки. Поэтому правильная организация сбросов пожарных расходов воды через канализацию является важным мероприятием по ограничению развития пожара на установке. Во многих случаях для ликвидации пожаров привлекается более 20 основных и специальных автомобилей. Расходы воды на тушение пожара могут достигать 300 л/с и более.

Противопожарное водоснабжение

Быстрое введение большого количества воды из стационарных лафетных стволов или других систем водяного орошения является решающим условием успешного тушения данных пожаров.

Необходимость устройства противопожарных водопроводов на складах лесных материалов определяется СНиП 2.11.06-91, на складах нефти и нефтепродуктов СНиП 2.11.03-93, на предприятия нефтехимии - ведомственными нормами технологического проектирования.

Наружные противопожарные водопроводы, как правило, устраивают по принципу высокого давления. Режим работы подобных систем водоснабжения имеет ряд особенностей по сравнению с объединенными водопроводами.

Обычно в противопожарных водопроводах требуется временное повышение давления в период пожаротушения, в другое же время в них поддерживается сравнительно небольшое давление с помощью производственных или хозяйственных насосов, обеспечивающих заполнение всей системы водой. Водопроводы с постоянно высоким давлением устраивают только в особых случаях, так как эксплуатация таких систем требует значительных затрат электроэнергии.

В результате резкого изменения давления и подачи, больших расходов воды в трубах и арматуре возникают гидравлические удары и кавитационные процессы, которые заставляют предъявлять повышенные требования к надежности всей системы.

Основной мерой обеспечения надежности подачи пожарных расходов воды является обязательное кольцевание водопроводной сети. Для водопроводных линий применяют сварные стальные трубы, способные выдержать значительные внутренние давления и внешние динамические нагрузки. Использование железобетонных и чугунных труб ограничивается возможностью разрушения менее прочных по сравнению со стальными стыковых соединений.

Задвижки на сети необходимо устанавливать таким образом, чтобы в случае неисправности на каком-либо участке водопровода одновременно выключалось не более двух лафетных стволов. Расстановка лафетных стволов должна обеспечивать равномерное орошение защищаемой поверхности.

Подача воды к лафетным стволам и гидрантам может осуществляться непосредственно из естественных водоисточников или резервуаров без предварительной очистки. Поверхностные водоисточники (реки, озера) обычно используют для противопожарного водоснабжения складов лесных материалов. При этом необходимо учитывать сезонные колебания уровня воды, возможность наносов, а также предусматривать дополнительные мероприятия для защиты водоприемных сооружений от замерзания.

Рассматривая наиболее типичные схемы водоснабжения лесобирж (рис. 1), отметим, что пожарные насосы могут устанавливаться как на НС-I (рис. 1, а), так и на НС-II (рис. 1,б). На рис. 2 представлена схема противопожарного водоснабжения нефтебазы. Водопроводная сеть имеет две независимые нитки подземных трубопроводов, первая из которых предназначена для подачи воды, вторая для водного раствора пенообразователя.

Для систем подачи и распределения воды во все виды установок водяного и водопенного тушения пожаров проектируют автоматические насосные станции.

Противопожарное водоснабжение

Контрольно-пусковой узел, размещаемый на водопроводной сети, предназначен для включения и выключения подачи воды и водного раствора пенообразователя при отборе воды из водопровода. Контрольно-пусковые узлы размещают в водопроводных или специальных подземных камерах.

На предприятиях нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности противопожарные водопроводы высокого давления с лафетными стволами предусматриваются на наружных взрыво- и пожароопасных установках для защиты аппаратуры и оборудования, содержащих горючие газы; легковоспламеняющиеся и горючие жидкости; на сырьевых, товарных и

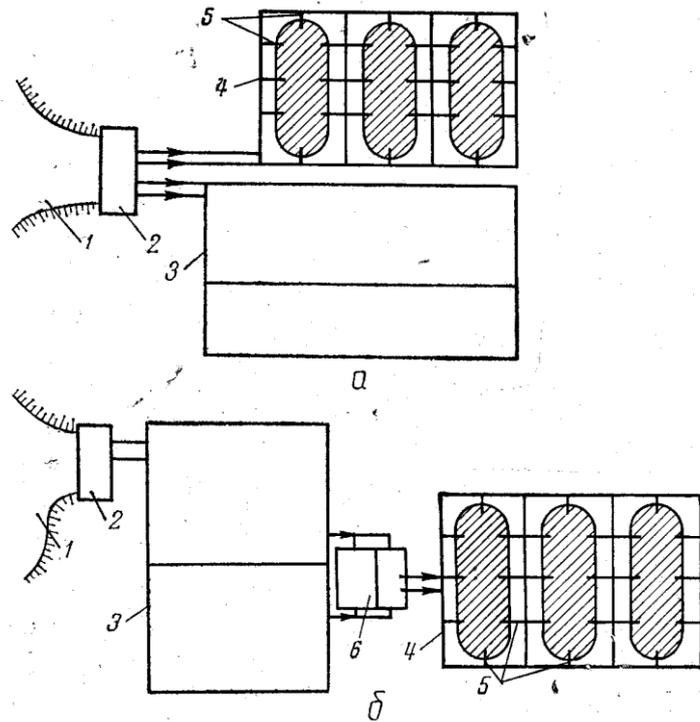
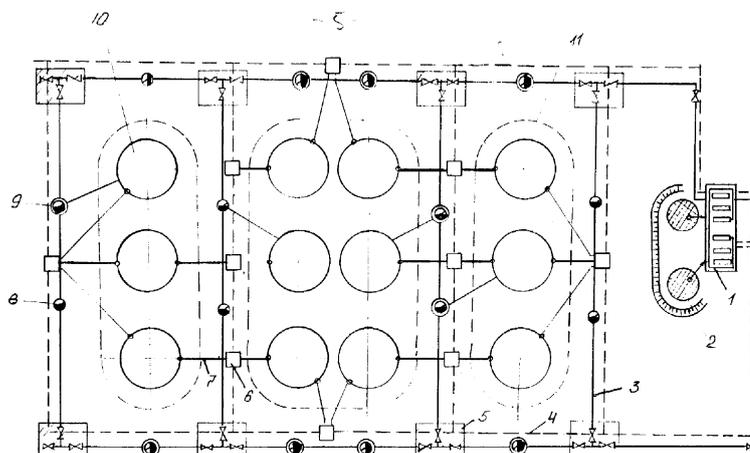


Рис. 1. Схемы водоснабжения лесобирж:

- | | |
|---------------------------|---|
| 1 - водоисточник; | 4 - противопожарный водопровод лесобиржи; |
| 2 - НС-I; | 5 - ответвления к лафетным вышкам; |
| 3 - водопровод комбината; | 6 - насосная станция лесобиржи. |



Противопожарное водоснабжение

Рис. 2. Принципиальная схема противопожарного водоснабжения товарно-сырьевой базы нефти и продуктов ее переработки:

- 1 - насосная станция для подачи воды и водного раствора пенообразователя;
- 2 - резервуары для хранения воды;
- 3 - противопожарный водопровод;
- 4 - водопроводная сеть для подачи водного раствора пенообразователя;
- 5 – водопроводные колодцы с задвижками;
- 6 - камеры с контрольно-пусковыми узлами;
- 7, 11 - сухотрубы;
- 8, 9 - колодцы с пожарными гидрантами;
- 10 - резервуар с нефтью и продуктами ее переработки

промежуточных складах (парках) для защиты шаровых (сферических) и горизонтальных (цилиндрических) резервуаров со сжиженными углеводородными газами (СУГ), легковоспламеняющимися и горючими жидкостями (ЛВЖ и ГЖ); на железнодорожных сливно-наливных эстакадах СУГ, ЛВЖ и ГЖ.

Опыт эксплуатации противопожарных водопроводов со стационарными лафетными стволами показывает, что для приведения их в действие требуется длительное время, отсутствует возможность оперативного регулирования подачи жидкости в очаг горения при изменяющейся интенсивности пожаротушения.

Для исключения этих недостатков на объектах, имеющих высокую концентрацию энергии и мощностей, либо множество легковоспламеняющихся, отравляющих, взрывоопасных материалов, где процесс развития пожара идет чрезвычайно быстро, приводя к тяжелым экологическим последствиям, целесообразно использовать роботизированное устройство пожаротушения (РП).

РП представляет собой новый вид пожарной техники, позволяющий автоматически подавать огнетушащее вещество в зону пожара с одновременным сканированием в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Это повышает эффективность пожаротушения, снижает материальный ущерб и обеспечивает безопасность пожарных, так как борьба с пожаром ведется на начальной стадии.

Использование в конструкции лафетного ствола специальных легкоъемных насадок позволяет применять в качестве огнетушащего вещества воду или пену.

Устройство РП незаменимо для охлаждения от перегрева несущих конструкций и технологического оборудования. Благодаря обучаемой и программируемой системе управления оно легко адаптируется к особенностям любого объекта и может применяться для защиты от огня складских и производственных помещений, ангаров, нефтехранилищ и т.д.

В табл. 1 приведены тактико-технические и эксплуатационные характеристики роботизированного устройства РП.

Таблица 1

Расход воды при номинальном давлении 0,5 МПа, л/с	19
--	----

Противопожарное водоснабжение

1	2
Дальность подачи компактной водяной струи, м, при давлениях: - 0,6 МПа - 1,0 МПа	30 50
Перемещение ствола в градусах: в вертикальной плоскости в горизонтальной плоскости	-55 +90 240
1	2
Угловая скорость перемещения ствола при подаче воды, град/с	0 - 9
Способ обучения	Заданием набора точек траектории
Вид управления	Автоматический, программный
Напряжение, В: источника питания устройства питания электродвигателя	220 12
Масса, кг	100

Защита аппаратов колонного типа высотой более 30 м должна производиться комбинированно:

до высоты 30 м - лафетными стволами и передвижной пожарной техникой;

выше отметки 30 м - стационарными установками орошения (рис. 3). В тех случаях, когда защита аппаратов невозможна (мешают другие аппараты), их следует защищать стационарными установками орошения на всю высоту.

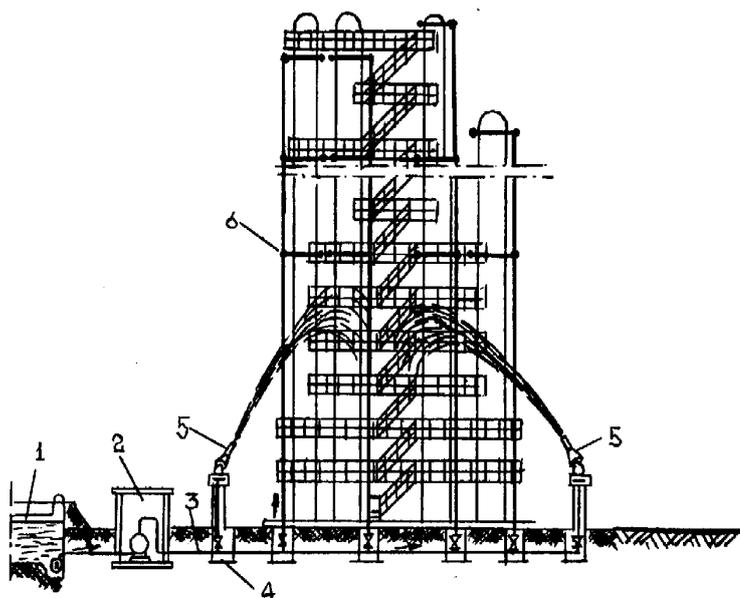


Рис. 3. Принципиальная схема установок пожарной защиты ректификационных колонн:

- 1 - водоисточник;
- 2 - водопитатель;
- 3 - система подачи распыления воды;
- 4 - камера контрольно-пускового устройства;
- 5 - лафетные стволы на вышках;
- 6 - стационарная система водоорошения.

2. Расход воды на пожаротушение.

Расход воды для пожаротушения и количество одновременных пожаров складов лесоматериалов зависит от их вида и способа хранения, емкости и площади склада.

Количество одновременных пожаров следует рассчитывать с учетом площади склада: 50 га - один пожар, более 50 га - два пожара. Продолжительность тушения пожара должна быть не менее 5 ч.

Расход воды на пожаротушение открытых складов на один пожар следует принимать не менее указанного в табл. 2.

Противопожарное водоснабжение

Таблица 2

Вид и способ хранения лесоматериалов	Емкость склада лесоматериалов		
	плотных, тыс. м ³		
	10-100	100-500	Свыше
Расход воды на пожаротушение, л/с			
Пиломатериалы, штабели			
пакетные	90	120	150
рядовые	120	150	180
Круглые лесоматериалы в штабелях	90	120	150
Балансовая древесина, осмол и дрова в кучах	150	180	240
Щепа и опилки в кучах	90	120	150
Кора и древесные отходы в кучах	60	90	120

Расход воды на пожаротушение складов лесоматериалов емкостью до 10 тыс. плотных м³ следует принимать по СНиП 2.04.02-84*.

Противопожарный водопровод следует рассчитывать из условия орошения каждой точки штабеля или кучи лесоматериалов не менее чем двумя компактными струями из лафетных стволов.

При расходе воды на пожаротушение 150-180 л/с противопожарный водопровод должен обеспечивать одновременную работу трех, более 180 л/с - четырех лафетных стволов. При этом стационарные лафетные стволы предусматривают при расходе воды на пожаротушение свыше 90 л/с. На территории склада необходимо также предусматривать пожарные резервуары или водоемы емкостью не менее 500 м³.

Расход воды для пожаротушения из сети противопожарного водопровода на предприятиях нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности должен приниматься из расчета двух одновременных пожаров на предприятии: одного пожара в производственной зоне и второго пожара - в зоне сырьевых или товарных складов горючих газов, нефти и нефтепродуктов.

Противопожарное водоснабжение

Расход воды определяется расчетом, но должен приниматься не менее: для производственной зоны - 120 л/с, для складов - 150 л/с. Расход и запас воды должен обеспечивать тушение и защиту оборудования стационарными установками и передвижной пожарной техникой.

За расчетный расход воды при пожаре на складе нефти и нефтепродуктов следует принимать один из следующих наибольших расходов: на пожаротушение и охлаждение резервуаров (исходя из наибольшего расхода при пожаре одного резервуара); на пожаротушение и охлаждение железнодорожных цистерн, сливно-наливных устройств и эстакад или на пожаротушение сливно-наливных устройств для автомобильных цистерн; наибольший суммарный расход на наружное и внутреннее пожаротушение одного из зданий склада.

Расходы огнетушащих средств следует определять, исходя из интенсивности их подачи (табл. 3) на расчетную площадь тушения нефти и нефтепродуктов (например, в наземных вертикальных резервуарах со стационарной крышей за расчетную площадь тушения принимается площадь горизонтального сечения резервуара).

Расход воды на охлаждение наземных вертикальных резервуаров следует определить расчетом, исходя из интенсивности подачи воды, принимаемой по табл. 3. Общий расход воды определяется как сумма расходов на охлаждение горящего резервуара и охлаждение соседних с ним в группе.

Таблица 3

Система охлаждения резервуаров	Интенсивность подачи воды, л/с, на 1 м. длины	
	окружности горящего резервуара	половины окружности соседнего резервуара
Стационарная установка охлаждения:		
резервуаров с высотой стенки более 12 м	0,75	0,30
резервуаров с высотой стенки до 12 м и резервуаров с плавающей крышей	0,50	0,20
Передвижная пожарная техника	0,80	0,30

Свободный напор в сети противопожарного водопровода при пожаре следует принимать:

при охлаждении стационарной установкой - по технической характеристике кольца орошения, но не менее 10 м на уровне кольца орошения;

при охлаждении резервуаров передвижной пожарной техникой по технической характеристике пожарных стволов, но не менее 40 м.

Расчетную продолжительность охлаждения резервуаров (горящего и соседних с ним) следует принимать:

Противопожарное водоснабжение

наземных резервуаров при тушении пожара автоматической системой - 4 ч;
при тушении передвижной пожарной техникой - 6 ч;
подземных резервуаров - 3 ч.

Общий расход воды из водопроводной сети для защиты аппаратов колонного типа при условном пожаре стационарными установками водяного орошения принимается как сумма расходов воды на орошение горящего колонного аппарата и двух соседних с ним, расположенных на расстоянии менее двух диаметров наибольшего из них. Интенсивность подачи воды в расчете на 1 м^2 защищаемой поверхности аппаратов колонного типа с СУГ и ЛВЖ принимается равной $0,1 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$.

3. Гидравлический расчет водопроводов с лафетными стволами и систем орошения.

Для складов лесоматериалов вместимостью от 100 до 500 тыс. плотных м^3 древесины определение количества лафетных стволов и расстояния между ними покажем на примере защиты кучи балансовой древесины.

При проектировании складов лесоматериалов следует учитывать требования СНиП к их размещению, требования ГОСТ к планировке территорий складов и расположению штабелей, а также требования ведомственных норм технологического проектирования к геометрическим параметрам куч балансовой древесины, осмола, дров, щепы, опилок, коры и древесных отходов.

Балансовая древесина, смол и дрова хранятся в кучах прямоугольной или круглой формы высотой до 30 метров, шириной основания до 90 метров и вместимостью до 250 тыс. плотных м^3 древесины.

При высоте куч до 14 м емкость каждой кучи должна быть не более 50 тыс. плотных м^3 , ширина прямоугольной кучи или диаметр круглой кучи у основания - не более 50 м.

При определении места расположения стволов необходимо исходить из того, что компактные водяные струи лафетных стволов, установленных с каждой стороны кучи, должны достигать ее гребня.

Лафетные стволы следует устанавливать на расстоянии не менее 15 м от основания кучи лесоматериалов на специальных лафетных вышках или подставках.

Предположим, что куча баланса имеет размеры, показанные на рис. 4. Расставим лафетные стволы из условия орошения каждой точки поверхности кучи двумя компактными струями. В этом случае диктующая, т.е. наиболее удаленная и высоко расположенная точка, в которой должны соприкоснуться струи от двух смежных стволов, находится на гребне кучи против вышки. Для подачи струй используем стволы с насадками диаметром 65 мм (диаметр насадков следует принимать не менее 38 мм) при напоре у ствола 70 м. Тогда расход из одного ствола составит 116,5 л/с, а радиус действия компактной струи - 52 м (табл. 4) при наклоне ствола к горизонтальной плоскости 30° .

Противопожарное водоснабжение

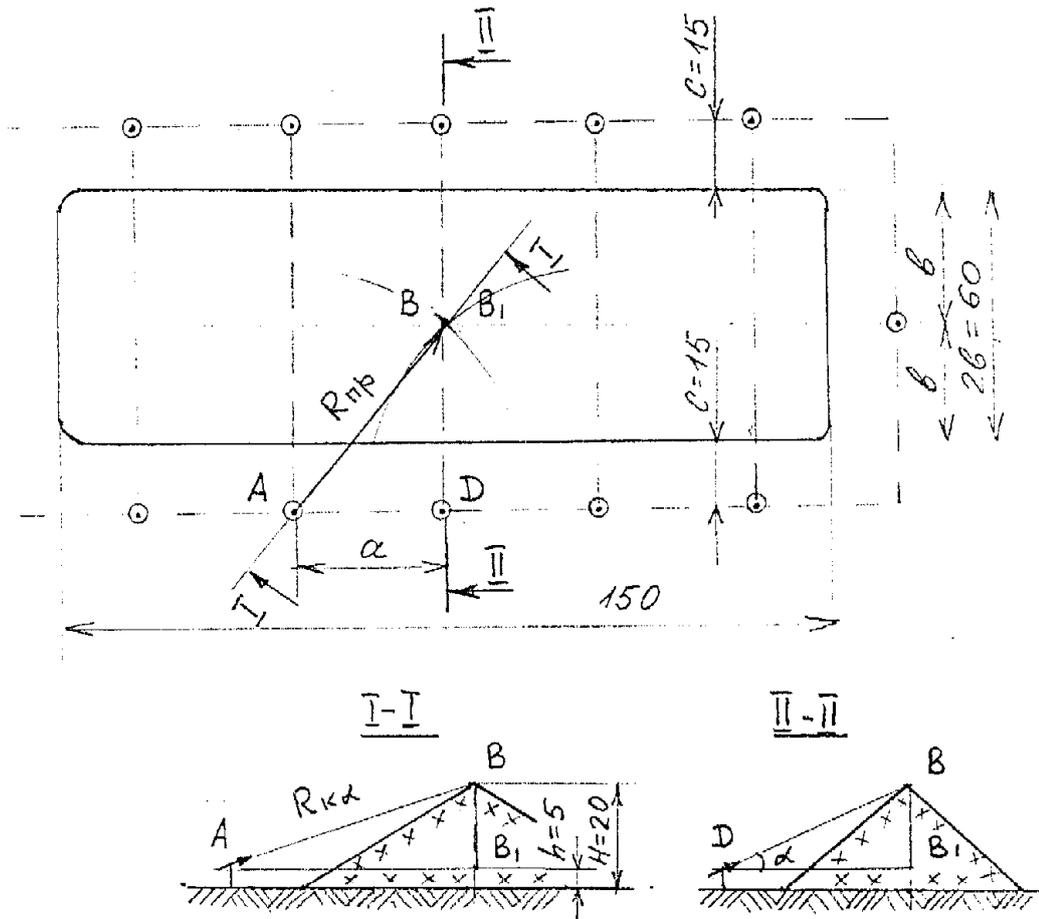


Рис. 4. Схема размещения стационарных лафетных стволов у кучи балансовой древесины

Расход воды, радиус действия компактной части и всей струи, включая раздробленную часть, в зависимости от напора перед стволом и диаметра насадка при наклоне ствола к горизонтальной плоскости 30° приведены в табл. 4.

При угле наклона лафетного ствола более или менее 30° к горизонтальной плоскости следует корректировать показатель радиуса действия компактной части струи умножением его на коэффициент, соответствующий углу наклона ствола, согласно табл. 5.

Противопожарное водоснабжение

Таблица 4

Диаметр насадка, мм	Напор у ствола, м	Расход воды, л/с	Радиус действия струи, м	
			R_k	R_p
28	40	17,2	30	50
	50	19,3	32	55
	70	22,8	36	65
	90	25,9	38	72
32	40	22,5	30,5	50
	50	25,1	34	55
	70	29,6	38	65
	90	33,8	40	72
38	40	31,7	32	57
	50	35,4	35,5	62
	70	41,9	39,5	72
	90	47,6	43	80
50	40	55,0	33	60
	50	61,4	37,5	65
	70	72,6	42,5	75
	90	82,5	46	85
65	40	88,0	35	62
	50	98,5	42	70
	70	116,5	52	90
	90	134,0	59	108

Таблица 5

Угол наклона лафетного ствола к горизонтальной плоскости, град	5	20	25	30	35	40	50	60	70	75
Коэффициент пересчета радиуса действия компактной части струи φ	1,18	1,1	1,05	1,0	0,95	0,92	0,88	0,85	0,83	0,82

Из треугольника DBB_1 (см. рис. 4) определим угол наклона лафетного ствола к горизонту

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{BB_1}{DB_1} = \frac{H-h}{b+c} = \frac{20-5}{30+15} = 0,33,$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} 0,33 = 18,5^\circ, \text{ при этом } \varphi = 1,11.$$

Тогда $R_{к\alpha} = \varphi R_k = 1,11 \cdot 52 = 57,72$ м.

Проекцию компактной струи найдем из прямоугольного треугольника ABB_1 (см. рис. 4)

$$R_{\text{пр}}^2 = AB_1^2 = AB^2 - BB_1^2 = R_{к\alpha}^2 - (H-h)^2.$$

$$\text{Тогда } R_{\text{пр}} = \sqrt{R_{к\alpha}^2 - (H-h)^2} = \sqrt{57,72^2 - (20-5)^2} = 55,73 \text{ м.}$$

Расстояние между смежными лафетными стволами определим из прямоугольного треугольника AB_1D (см. рис. 4)

$$a = \sqrt{R_{\text{пр}}^2 - (b+c)^2} = \sqrt{55,73^2 - (30+15)^2} = 32,9 \text{ м.}$$

С учетом найденных расстояний между стволами производят определение мест расположения лафетных вышек графическим способом (см. рис. 4). При этом расстояния для защиты кучи требуется 12 лафетных стволов.

Расход воды на пожаротушение для склада емкостью более 100 тыс. плотных м³ балансовой древесины принимается равным 180 л/с (см. табл. 2). При данном расходе воды по СНиПу необходима одновременная работа трех лафетных стволов. Следовательно, общий расход воды составит

$$Q_{\text{общ}} = 3Q_{\text{ств}} = 3 \cdot 116,5 = 349,5 \text{ л/с}$$

при напоре у ствола $H = 70$ м.

Далее, задаваясь следующими условиями работы водопроводной сети: маркой стволов, расчетным свободным напором у наиболее удаленных стволов,

Противопожарное водоснабжение

высотой вышки, превышением оси ствола над уровнем воды в водоисточнике, длиной водопроводов, проводят гидравлический расчет водопровода в целях определения диаметра труб и потерь напора водопроводной сети.

По величине напора и общего расхода воды на цели пожаротушения подбирают марку насосов.

Расчет кольцевого оросительного трубопровода рассмотрим на примере охлаждения боковой поверхности при пожаре наземного вертикального резервуара с ЛВЖ со стационарной крышей номинальным объемом $W = 5000 \text{ м}^3$, диаметром $d_p = 21 \text{ м}$ и высотой $H = 15 \text{ м}$. Стационарная установка охлаждения резервуара состоит из горизонтального секционного кольца орошения (оросительного трубопровода с устройствами распыления воды), размещаемого в верхнем поясе стенок резервуара, сухих стояков и горизонтальных трубопроводов, соединяющих секционное кольцо орошения с сетью противопожарного водопровода (рис. 5).

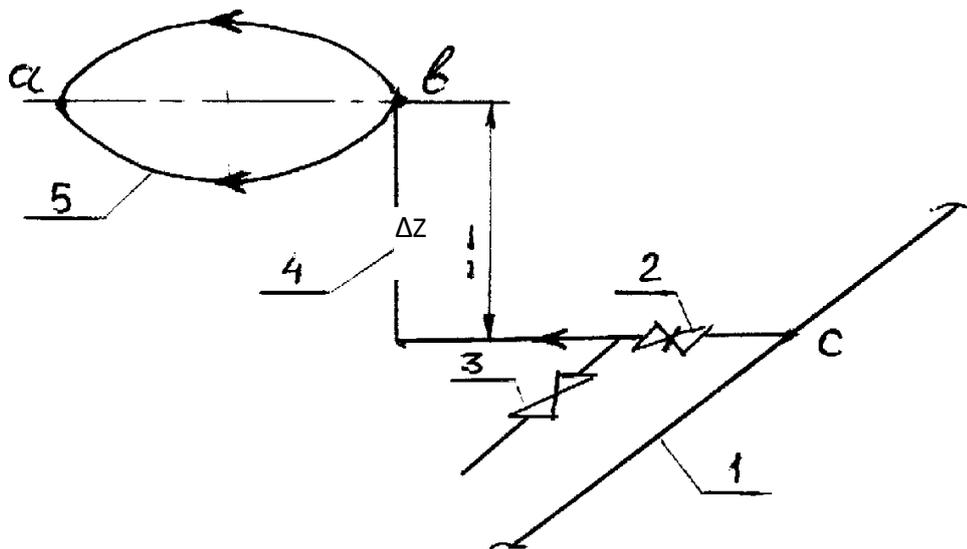


Рис. 5. Схема участка водопроводной сети с кольцом орошения:

- 1 - участок кольцевой сети;
- 2 - задвижка на ответвлении;
- 3 - кран для слива воды;
- 4 - сухой стояк и горизонтальный трубопровод;
- 5 - оросительный трубопровод с устройствами для распыления воды.

Определим общий расход на охлаждение резервуара при интенсивности подачи воды $J = 0,75 \text{ л/с}$ на 1 м длины его окружности (см. табл. 3)

$$Q = J \pi d_p = 0,75 \cdot 3,14 \cdot 21 = 49,5 \text{ л/с.}$$

В кольце орошения в качестве оросителей принимаем дренажные трубы с плоской розеткой ДП - 12 с диаметром выходного отверстия 12 мм.

Определяем расход воды из одного дренажного трубопровода по формуле

$$q = K \sqrt{H_a},$$

Противопожарное водоснабжение

где K - расходная характеристика дренчера, $K = 0,45 \text{ л/(с·м}^{0,5}\text{)}$; $H_a = 5 \text{ м}$ - минимальный свободный напор.

Тогда $q = 0,45\sqrt{5} = 1 \text{ л/с}$.

Определяем количество дренчеров

$$n = \frac{Q}{q} = \frac{49,5}{1} \approx 50.$$

Тогда $Q = nq = 50 \cdot 1 = 50 \text{ л/с}$.

Расстояние между дренчерами при диаметре кольца $D_k = 22 \text{ м}$.

$$\Delta l = \frac{\pi D_k}{n} = \frac{3,14 \cdot 22}{50} = 1,38 \text{ м}.$$

Диаметр ответвления $d_{\text{вс}}$ подводящего воду к кольцу, при скорости движения воды $V = 5 \text{ м/с}$ равен:

$$d_{\text{вс}} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 50 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 5}} = 0,113 \text{ м}.$$

Принимаем диаметр трубопровода $d_{\text{вс}} = 125 \text{ мм}$.

По кольцу от точки b к точке a вода пойдет по двум направлениям, поэтому диаметр трубы кольцевого участка определим из условия пропуска половины общего расхода

$$d_k = \sqrt{\frac{4Q}{2\pi V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 50 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 3,14 \cdot 5}} = 0,08 \text{ м}.$$

Для равномерности орошения стенок резервуара, т.е. необходимости незначительного перепада напора в кольце орошения у диктующего (точка a) и ближайшего к точке b дренчеров принимаем $d_k = 100 \text{ мм}$.

По формуле $h = \frac{1}{3} A l Q^2$ определим потери напора h_k в полукольце

$$h_k = \frac{1}{3} A_{100} l \left(\frac{Q}{2}\right)^2 = \frac{1}{3} 321,6 \cdot 10^{-6} \cdot 34,5 \left(\frac{50}{2}\right)^2 = 2,3 \text{ м}.$$

Здесь $A_{100} = 321,6 \cdot 10^{-6} \text{ с/л}^2$, $A_{125} = 86,2 \cdot 10^{-6} \text{ с/л}^2$ - удельные сопротивления новых стальных труб диаметром 100 и 125 мм соответственно; длина полукольца

$$l = \frac{\pi D_k}{2} = \frac{3,14 \cdot 22}{2} = 34,5 \text{ м}.$$

Расход воды из дренчера в начале кольца орошения (точка b)

$$q_b = 0,45\sqrt{H_a + h_k} = 0,45\sqrt{5 + 2,3} = 1,2 \text{ л/с}.$$

Средний расход из дренчеров

$$q_{\text{ср}} = \frac{q + q_b}{2} = \frac{1 + 1,2}{2} = 1,1 \text{ л/с}.$$

Действительный расход воды из кольца орошения

Противопожарное водоснабжение

$$Q_d = nq_{cp} = 50 \cdot 1,1 = 55 \text{ л/с.}$$

Определим свободный напор в точке присоединения ответвления к сети противопожарного водопровода H_c . Этот напор будет определяться из линейных и местных потерь напора в ответвлении bc длиной 40 м, напора в точке b ($H_b = H_a + h_k$) и высоты подъема от точки c к точке b , равной $\Delta z = 15$ м.

$$H_c = 1,1h_{bc} + H_b + \Delta z = 1,1A_{125}l_{bc}Q_d^2 + H + h_k + \Delta z = \\ = 1,1 \cdot 86,2 \cdot 10^{-6} \cdot 40 \cdot 55^2 + 5 + 2,3 + 15 = 34 \text{ м.}$$

Величина свободного напора в начале ответвления учитывается при определении характеристики насоса.

Для более высоких установок (например, ректификационных колонн) можно предусмотреть несколько перфорированных трубопроводов на различных отметках. Напор наиболее высоко расположенного трубопровода с отверстиями необходимо принимать не более 20-25 м.

4. Противопожарные водопроводы с пенными установками пожаротушения.

На складах нефти и нефтепродуктов, а также на промышленных предприятиях с применением большого количества твердых пожароопасных веществ и материалов, с развитым кабельным хозяйством предусматривают пожаротушение воздушно-механической пеной средней и низкой кратности.

Расчетные расходы раствора пенообразователя, а также воды и пенообразователя на тушение пожара следует определять, исходя из интенсивности подачи раствора пенообразователя, принимаемой по табл. 6, на расчетную площадь тушения и рабочей концентрации пенообразователя. Расчетное время тушения пожара для систем автоматического пенного пожаротушения - 10 мин, для передвижной пожарной техники - 15 мин. Инерционность стационарных систем пожаротушения не должна превышать 3 мин. При гидравлическом расчете необходимо учитывать влияние вязкости пенообразователей на величину потерь. Нормативный запас пенообразователя и воды на приготовление его раствора, необходимый для хранения, следует принимать из условия обеспечения трехкратного расхода раствора на один пожар (при наполненных растворопроводах стационарных установок пожаротушения).

Таблица 6

Нефть и нефтепродукты с температурой вспышки	Интенсивность подачи раствора пенообразователя, л/(с·м ²), назначения		
	общее	целевое	
	Пена средней кратности	Пена средней кратности	Пена низкой кратности
28°С и ниже	0,08	0,05	0,08
Выше 28°С	0,05	0,05	0,06

Свободный напор в сети растворопроводов стационарных установок пожаротушения должен быть при пожаре не более 60 м и не менее 40 м перед генераторами пены, установленными стационарно или присоединяемыми с помощью пожарных рукавов.

При применении на складе нефти и нефтепродуктов стационарных систем автоматического и неавтоматического пожаротушения следует проектировать общую насосную станцию и сеть растворопроводов.

Сети противопожарного водопровода и растворопроводов (постоянно наполненных раствором или сухих) для тушения пожара резервуарного парка или железнодорожной эстакады, оборудованной сливно-наливными устройствами с двух сторон, следует проектировать кольцевыми с тупиковыми ответвлениями (в том числе и к резервуарам, оборудованным установкой автоматического пожаротушения).

Сети следует прокладывать за пределами внешнего обвалования (или ограждающих стен) резервуарного парка и на расстоянии не менее 10 м от железнодорожных путей эстакады.

К наземным резервуарам объемом 10 тыс. м³ и более, а также к зданиям и сооружениям склада, расположенным далее 200 м от кольцевой сети растворопроводов, следует предусматривать по два тупиковых ответвления (ввода) от разных участков кольцевой сети растворопроводов для подачи каждым из них полного расчетного расхода для тушения пожара. Тупиковые участки растворопроводов допускается принимать длиной не более 250 м.

Прокладку растворопроводов следует предусматривать, как правило, в одной траншее с противопожарным водопроводом с устройством общих колодцев для узлов управления и для пожарных гидрантов (см. рис. 2).

При применении задвижек с электроприводом в районах с возможным затоплением колодцев грунтовыми водами электропривод задвижки должен быть поднят над уровнем земли и накрыт защитным кожухом.

В районах с суровым климатом задвижки с электроприводом следует размещать в утепленных укрытиях.

ЛЕКЦИЯ № 15

ТЕМА 8: Специальные внутренние противопожарные водопроводы

1. Противопожарные водопроводы зданий повышенной этажности.

Схемы противопожарных водопроводов. К зданиям повышенной этажности относят здания 17 этажей и более. При такой (более 50 м) высоте подача стволов на верхние этажи затруднительна, а надежная работа насосно-рукавных систем при пожаре не гарантируется, так как для создания струй с радиусом компактной части 16 м на насосах необходимо поддерживать напор 100 м и более, тогда как рукава, бывшие в употреблении, выдерживают напор 70-90 м. Поэтому в таких зданиях устраивают специальные противопожарные водопроводы со своими насосными станциями, водонапорными и гидропневмобаками, обеспечивающими создание полного расчетного напора воды для целей пожаротушения.

Для уменьшения напора во внутренних водопроводных сетях высотное здание разбивают на зоны, в каждой из которых устраиваются самостоятельные сети противопожарного и хозяйственно-питьевого водопровода. Водопроводы, расположенные в зонах, называют *зонными*. Высота зоны не должна превышать величины

$$\Delta z = H_{\text{макс}} - H_{\text{п.к}} - h_c, \quad (1)$$

где Δz - высота зоны, т.е. разность отметок между зонами; $H_{\text{макс}}$ - максимальный гидродинамический напор на отметке нижних пожарных кранов, величина которого в противопожарном водопроводе не должна быть более 90 м; $H_{\text{п.к}}$ - требуемый свободный напор у самого высокорасположенного пожарного крана; h_c - потери напора в сети.

Кроме того, число зон должно быть обосновано экономически. Заметим, что с увеличением числа зон возрастают строительные затраты, но уменьшается количество энергии, необходимой для подъема воды. Поэтому число зон должно быть таким, чтобы, во-первых, выполнялось техническое требование эксплуатации пожарного водопровода ($H_{\text{макс}} = 90$ м), обеспечивающее надежность подачи воды, во-вторых, строительные и эксплуатационные затраты были минимальными.

Зонное водоснабжение осуществляется по двум основным схемам: параллельной и последовательной. При параллельной схеме (рис. 1, а) вода подается в каждую зону насосами, установленными внизу здания, при последовательной схеме (рис. 1, б) вода подается из зоны в зону.

Как при последовательной, так и при параллельной схемах каждая зона имеет свои хозяйственные и пожарные насосы и водонапорные баки (или пневмобаки).

Противопожарное водоснабжение

При понижении уровня воды в водонапорном баке от реле уровня включаются хозяйственно-питьевые насосы, которые дополняют запас воды.

При работе пожарных кранов уровень воды в водонапорном баке резко падает, и тогда от реле уровня (неприкосновенного запаса) или струйного реле включается пожарный насос зоны, в которой произошел пожар.

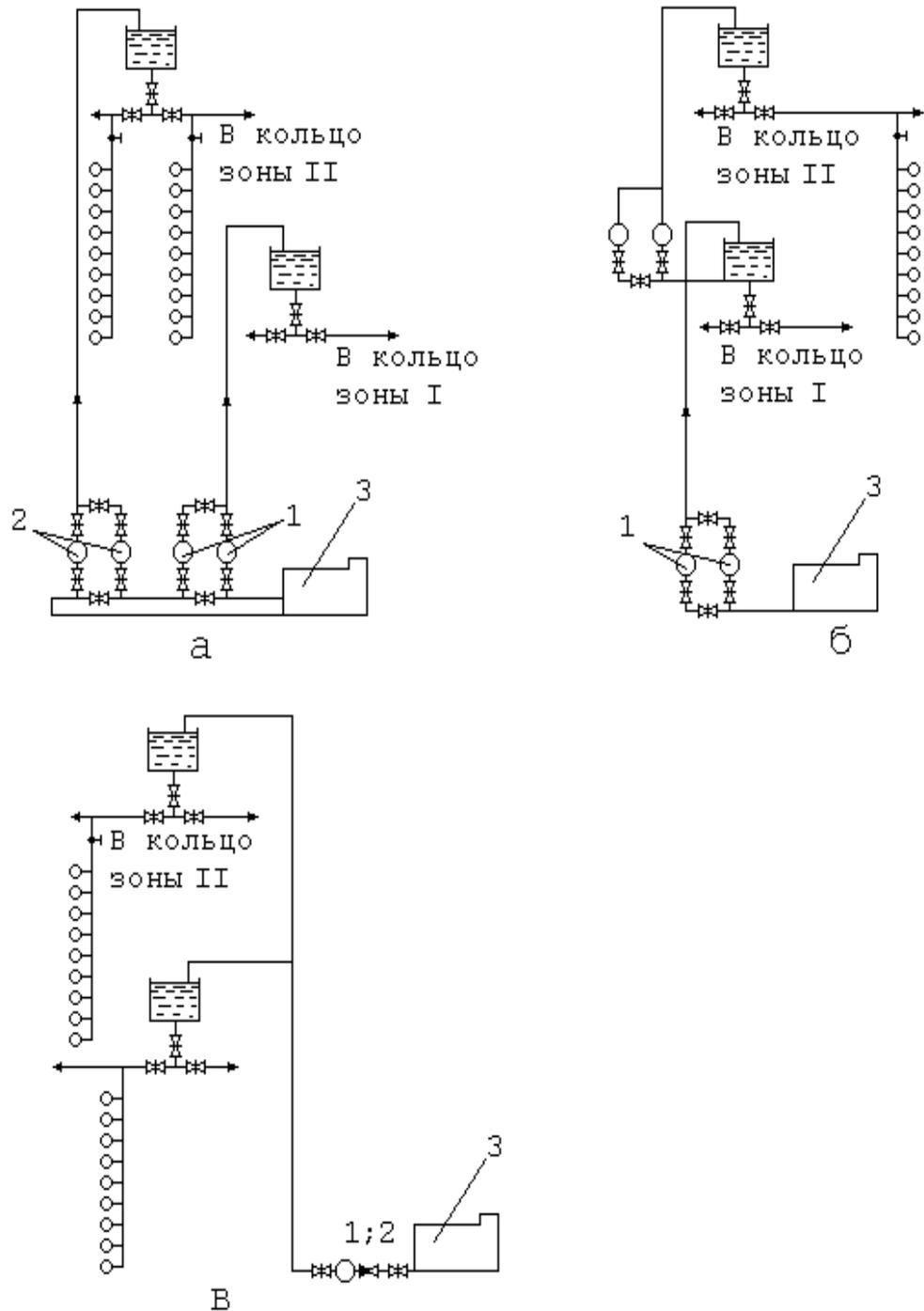


Рис. 1. Схемы подачи воды в зданиях повышенной этажности:

а - параллельная;

б - последовательная;

в - общая

1 - насосы зоны I;

2 - насосы зоны II;

3 - резервуары

Противопожарное водоснабжение

От наружной водопроводной сети воду подают во внутреннюю зонную систему по двум вводам. Если в наружной водопроводной сети недостаточен расход воды, то у здания предусматривают устройство запасного резервуара.

В водонапорные баки вода подается хозяйственными насосами, а из них - к водоразборным устройствам хозяйственной сети данной зоны. Кроме того, водонапорный бак через специальный трубопровод питает сеть зонного пожарного водопровода, т.е. пожарный водопровод каждой зоны находится постоянно под давлением водонапорного бака.

Вполне очевидно, что при последовательном зонировании насосы одной зоны должны подать такое количество воды, чтобы обеспечить водопотребление во всех зонах, расположенных выше. Следовательно, при аварии одного из элементов системы вышележащие этажи могут остаться без воды. Поэтому последовательная схема менее надежна, чем параллельная, и значительно реже применяется в практике строительства внутренних водопроводов.

В случае устройства водопровода по принципу последовательного зонирования последовательная система должна быть дополнена общей системой (рис. 1, в), при которой вода может подаваться в любой бак дополнительным насосом.

К преимуществам параллельной системы следует отнести и удобство обслуживания насосной станции, так как все насосы расположены в одном (подвальном) помещении.

Каждая зона работает независимо друг от друга. Но параллельная система требует больше труб, чем последовательная.

В дальнейшем рассмотрим наиболее часто применяемые схемы внутренних водопроводов зданий повышенной этажности. На рис. 2 представлена схема двухзонного внутреннего противопожарного водопровода.

По трубопроводам 1 вода хозяйственно-питьевыми насосами подается в баки 2 зоны II, а по трубопроводам 8 - в баки 9 зоны I. Вода из баков в хозяйственно-питьевую сеть поступает по трубопроводам 6 и 10. Каждая зона имеет свои водопроводные сети 7 и 11 с пожарными кранами, в которые пожарными насосами вода подается по трубопроводам 12 и 15. Сеть противопожарного водопровода оборудована спаренными пожарными кранами (показано по одному пожарному крану). Включение пожарных насосов производится от струйных реле 4, установленных на питательных трубопроводах с обратными клапанами 3 и задвижками 5, которые соединяют водонапорные баки и сети зоны противопожарного водопровода. Для подачи воды автонасосами противопожарные сети каждой зоны оборудованы двумя патрубками диаметром 77 мм, выведенными наружу.

Противопожарное водоснабжение

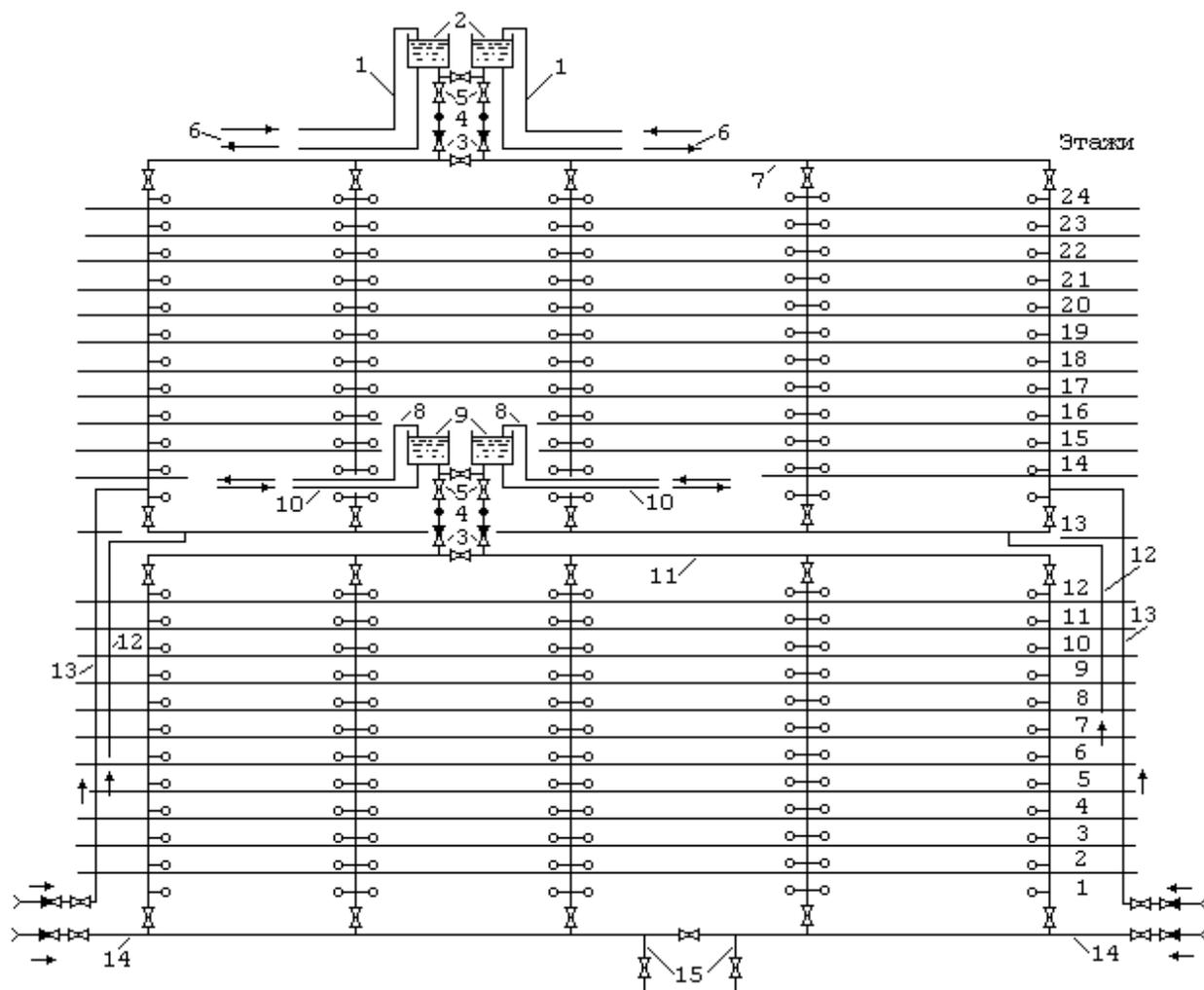


Рис. 2. Схема двухзонного внутреннего противопожарного водопровода:

- 1 - трубопроводы подачи воды от хозяйственно-питьевых насосов в баки зоны II;
- 2 - баки зоны II;
- 3 - обратные клапаны;
- 4 - струйные реле;
- 5 - задвижки;
- 6 - трубопроводы подачи воды из баков в хозяйственно-питьевую сеть (на рисунке не показана);
- 7 - водопроводная сеть с пожарными кранами зоны II;
- 8 - трубопроводы для подачи воды от хозяйственно-питьевых насосов в баки зоны I;
- 9 - баки зоны I;
- 10 - трубопроводы для подачи воды из баков в хозяйственно-питьевую сеть;
- 11 - водопроводная сеть с пожарными кранами I зоны;
- 12 - трубопровод для подачи воды от пожарных насосов II зоны;
- 13 - трубопроводы для подачи воды во зону II;
- 14 - трубопроводы с соединительными головками на конце для подачи воды автономными в противопожарные сети зон;
- 15 - трубопроводы для подачи воды от пожарных насосов зоны I

Противопожарное водоснабжение

На рис. 3 показана схема трехзонного водоснабжения 38-этажного здания. Внутренний пожарный водопровод имеет три зоны: зона I включает подвал и 1-12-й этажи; зона II - 13-25-й этажи; зона III - 26-38-й этажи.

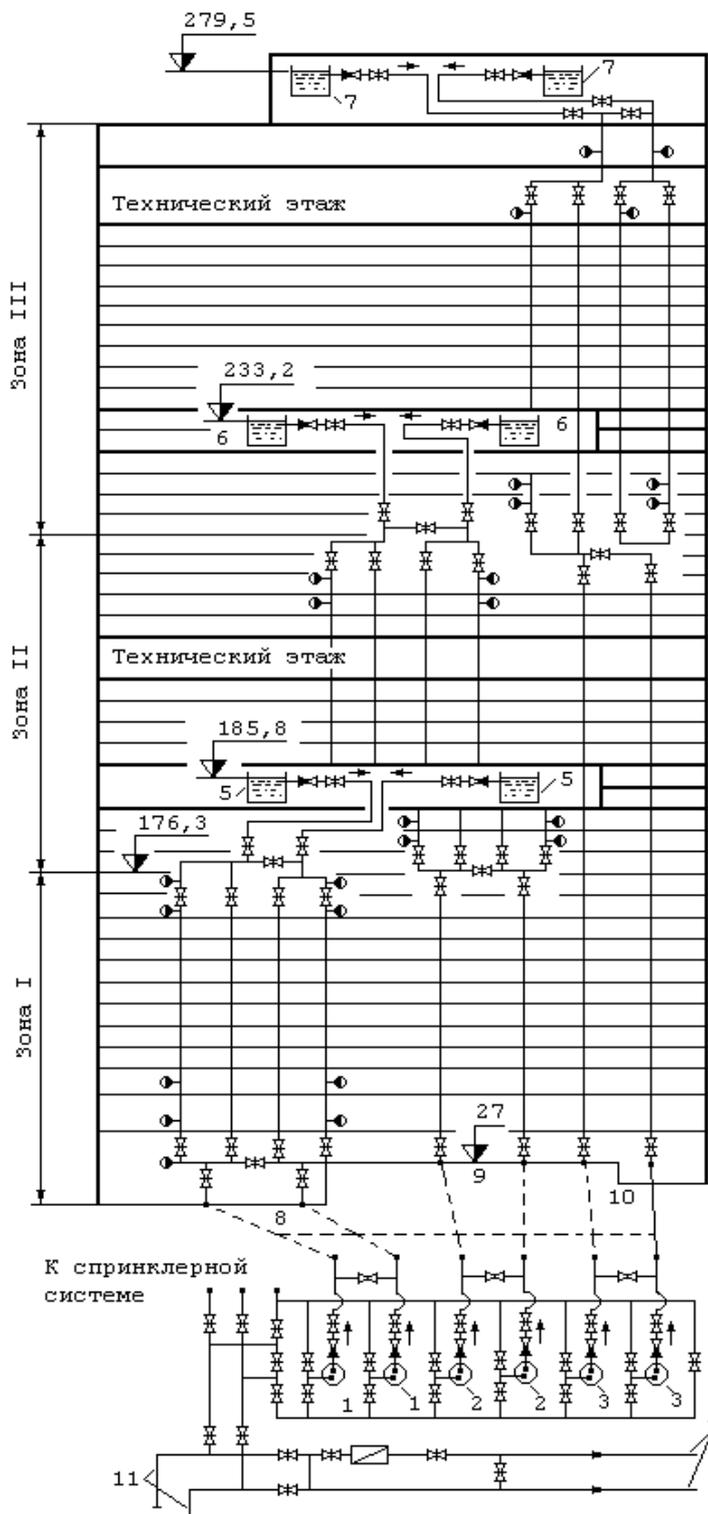


Рис. 3. Схема трехзонного водоснабжения 38-этажного здания:

- 1, 2, 3 - пожарные насосы зон;
- 4 - трубопроводы, питающие хозяйственные насосы;
- 5, 6, 7 - водонапорные баки; 8, 9, 10 - трубопроводы, питающие внутреннюю пожарную сеть зон; 11 - вводы

Противопожарное водоснабжение

Сеть пожарного водопровода оборудована спаренными пожарными кранами (на рис. 3 показано по одному пожарному крану). Включение пожарных насосов производится от струйных реле, установленных на выводе сети из бака. Кроме того, автоматическое включение насосов может осуществляться также и от реле уровня при понижении уровня пожарного запаса воды в баке.

Для надежности работы пожарного водопровода вода забирается насосами из магистрального кольца и подается по двум вводам во внутреннюю водопроводную сеть. Магистральное кольцо питается от городской сети также по двум вводам. На вводах и магистральном кольце установлены задвижки таким образом, чтобы при аварии можно было подавать и забирать воду любым насосом и из любого ввода.

В жилых домах и гостиницах, когда водопотребление равномерно и возможна круглосуточная работа хозяйственно-питьевых насосов, для поддержания напора в противопожарной сети ее соединяют с внутренней хозяйственно-питьевой сетью (рис. 4).

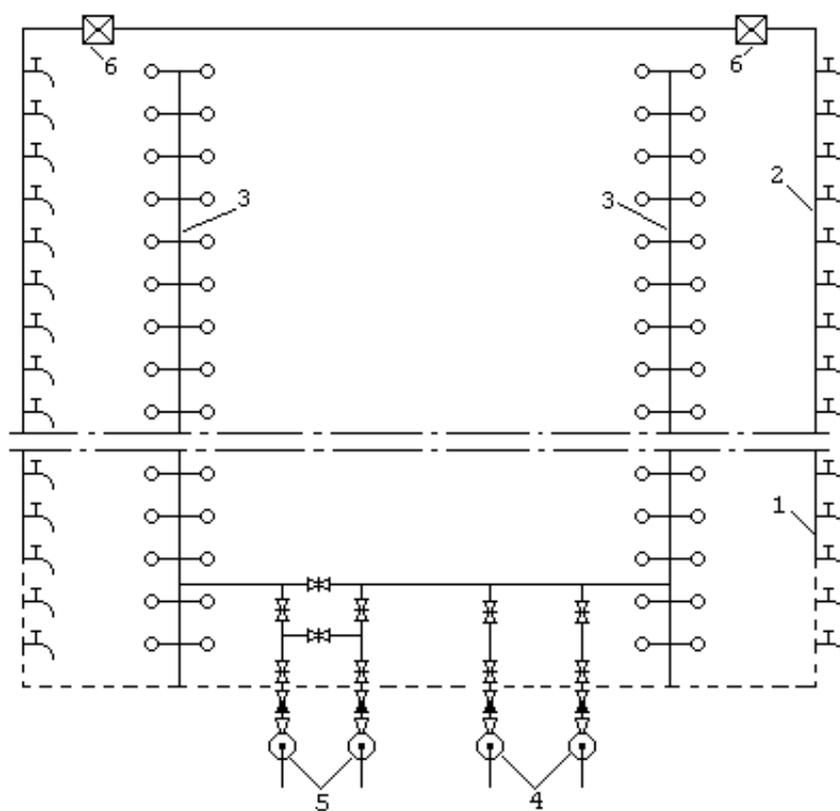


Рис. 4. Схема объединенного водопровода 22-этажного здания

Хозяйственно-питьевая сеть питается следующим образом: зона I (сеть 1) от городской наружной сети; зона II - (сеть 2) от хозяйственных насосов 4, подающих воду по пожарным стоякам 3. В случае пожара включаются пожарные насосы 5 и подают воду к пожарным кранам. Так как пожарные насосы создают давление гораздо большее, чем хозяйственные, при пожаре при помощи регулятора

Противопожарное водоснабжение

давления 6 сеть хозяйственно-питьевого водопровода отключается. К недостаткам такой схемы следует отнести трудность устройства автоматики включения пожарных насосов.

Включение пожарных насосов может осуществляться от реле давления (электроконтактных манометров) и дистанционно от кнопок около внутренних пожарных кранов.

Иногда гарантированный напор у ввода значительный. В этом случае пожарные краны нижних этажей могут находиться под напором наружной водопроводной сети (рис. 5).

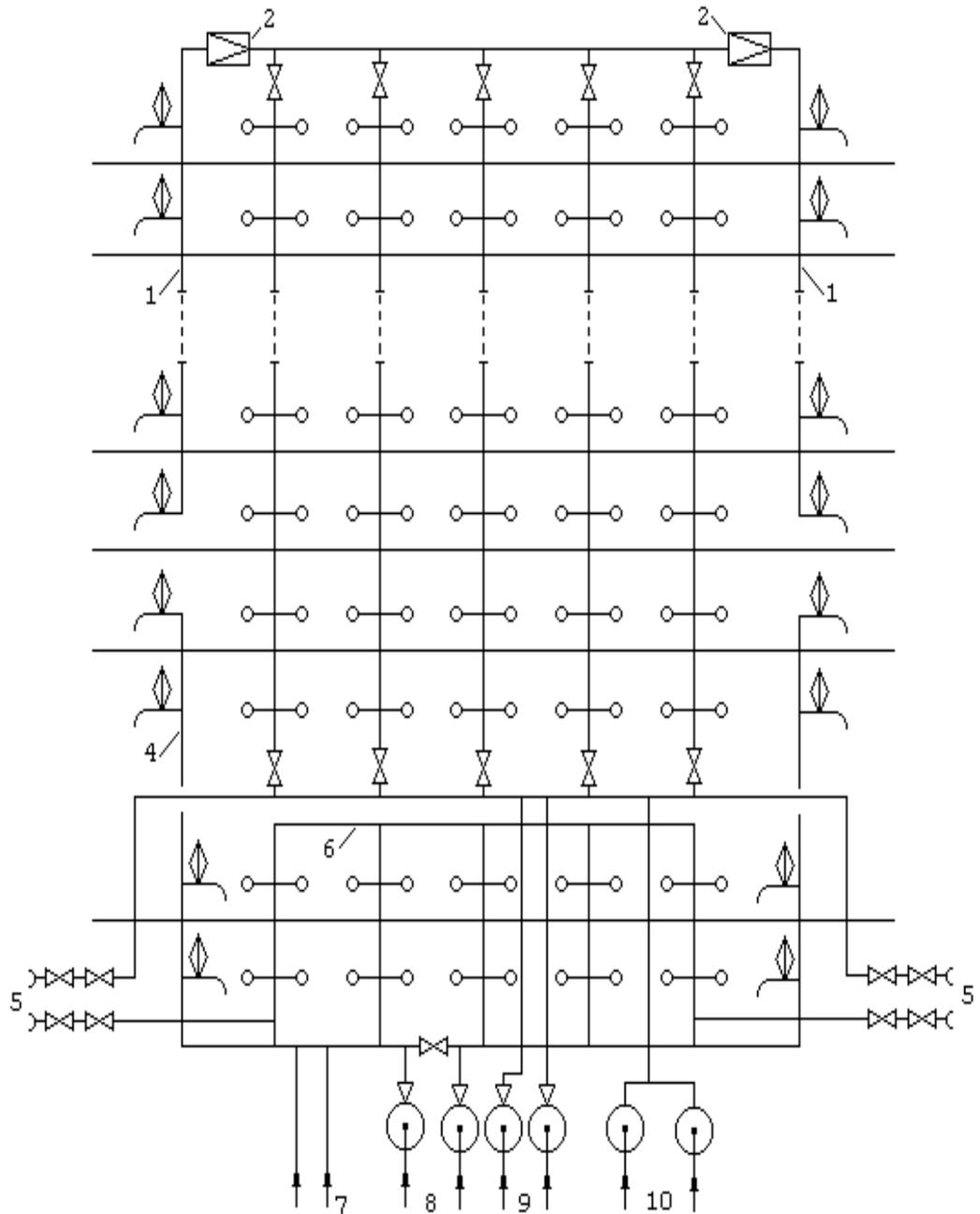


Рис. 5. Схема объединенного водопровода 22-этажного здания.

Противопожарное водоснабжение

В жилых зданиях-башнях высотой 17-20 этажей может быть применена упрощенная схема подачи воды без установки баков (рис. 6). Неравномерность водопотребления при этом регулируется "ступенчатой" работой хозяйственно-питьевых насосов, которые поддерживают также постоянные давления у внутренних пожарных кранов.

Вода из городской сети поступает через водомер к хозяйственным насосам и подается ими в хозяйственно-питьевую сеть 7 верхней зоны и 8 нижней зоны. К пожарным насосам 1 вода поступает непосредственно от городской сети.

Напор пожарных насосов определяют для зоны II (верхней). Для снижения давления в нижней зоне до расчетного установлен регулятор давления 2. Пожарные водопроводы каждой зоны постоянно находятся под напором хозяйственно-питьевых водопроводов 7 и 8. При пожаре вследствие подачи воды через пожарные краны вода начинает поступать из хозяйственно-питьевого водопровода через обратные клапаны 4 и 6 и реле контроля протекания жидкости (РКПЖ-1) 3 или 5. При движении жидкости реле срабатывает и включает пожарный насос, а также открывает задвижки 9 и 10 на вводах (остальные задвижки постоянно открыты).

В жилых кварталах, где имеется несколько высотных зданий, расположенных недалеко друг от друга, могут быть предусмотрены объединенные внутренние водопроводы (рис. 7). Каждое здание разбито на две зоны: зона I - включает подвал и 1-12-й этажи; зона II - 13-27-й этажи. В среднем здании на 15-м этаже установлен бак, обеспечивающий первоначальную работу внутренних пожарных кранов I зоны всех зданий. Зона II каждого здания имеет свой водонапорный бак. Пожарные и хозяйственные насосы устанавливаются в помещении центрального насосно-бойлерного пункта. Магистральная сеть, подающая воду к каждому зданию, кольцевая.

В зданиях высотой 10 этажей и более применяют автоматические системы пожаротушения, которые нередко объединяют с внутренним противопожарным водопроводом. Одна из возможных схем такого водоснабжения показана на рис. 8.

Для уменьшения магистральных спринклерных и дренчерных сетей в здании монтируется вертикальное напорное кольцо 2, от которого вода будет подаваться в автоматические системы пожаротушения и внутренние пожарные краны каждого этажа. Для снижения напора в нижних этажах установлены регуляторы давления или дисковые диафрагмы 6.

При пожаре спринклеры срабатывают или же в работу включаются внутренние пожарные краны, давление в распределительных линиях падает, за счет давления воды от напорного магистрального кольца вскрывается КСК и вода поступает в спринклерную систему и одновременно к универсальному сигнализатору давления (СДУ) 3, который включает пожарный насос и подает сигнал тревоги. Постоянное давление во всей объединенной системе поддерживается водонапорным баком 1 или гидропневматическим баком. Максимальный гидростатический напор у КСК должен быть не более 90 м.

Если по расчету напор больше 90 м, необходимо всю систему автоматического пожаротушения разбить на две-три зоны. В каждой зоне должно

Противопожарное водоснабжение

быть магистральное кольцо с подачей воды в распределительную сеть через узел управления.

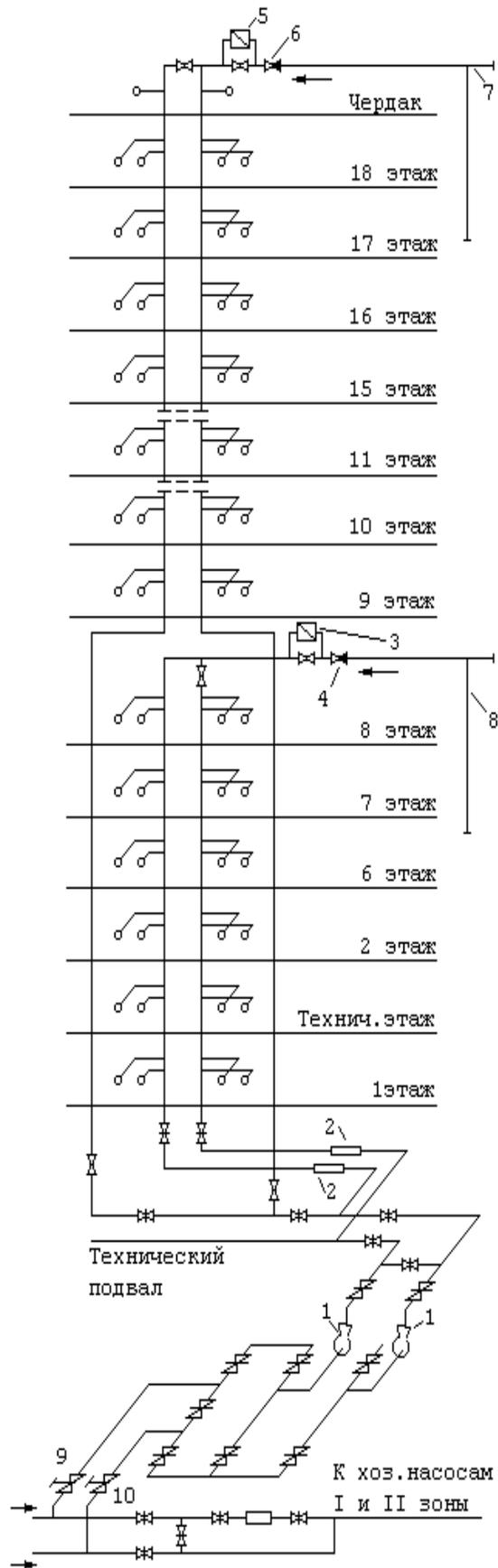


Рис. 6. Схема водоснабжения без установки баков 18-этажного здания

Противопожарное водоснабжение

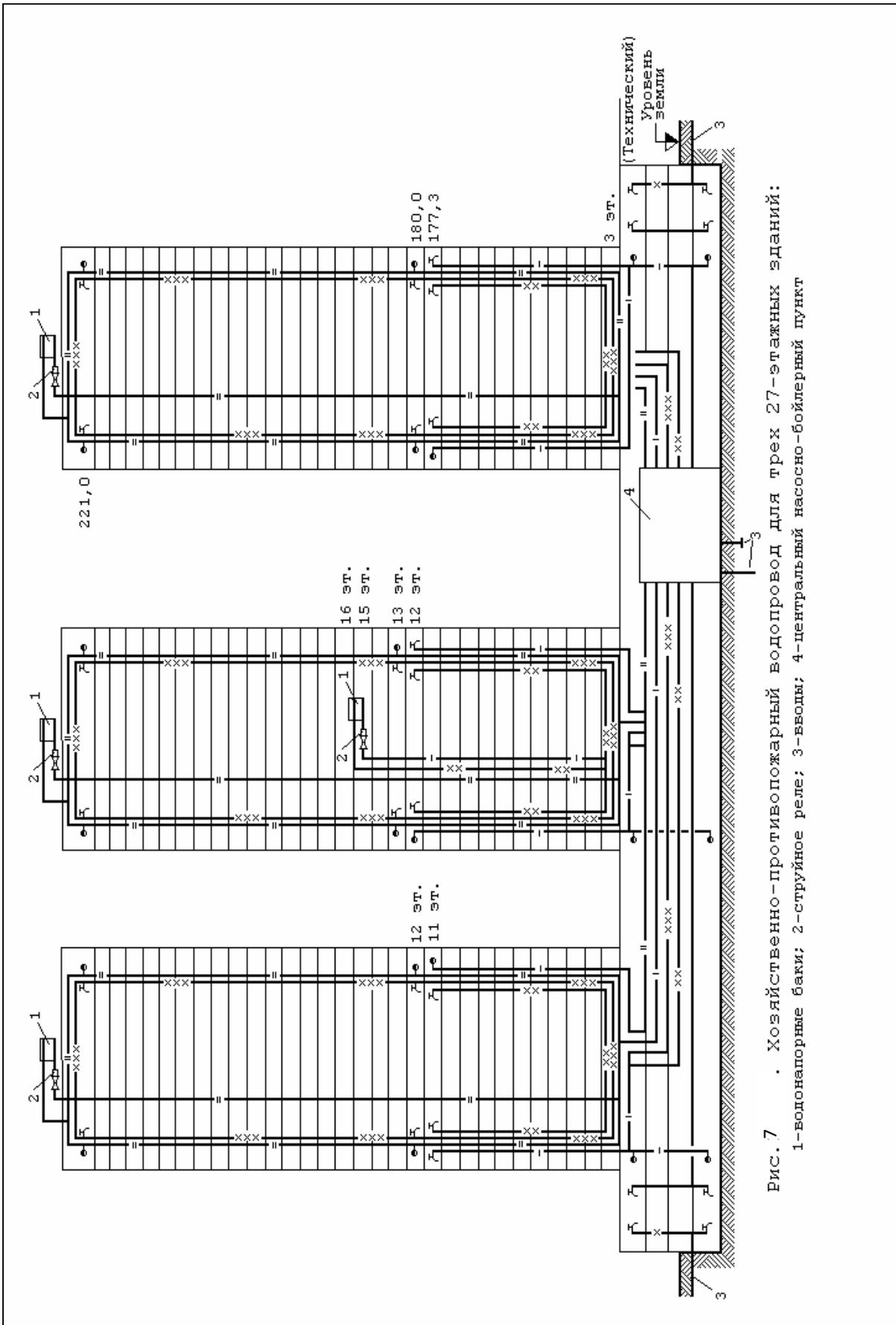


Рис. 7 . Хозяйственно-противопожарный водопровод для трех 27-этажных зданий:
 1-водонапорные баки; 2-струйное реле; 3-зводы; 4-центральный насосно-бойлерный пункт

Противопожарное водоснабжение

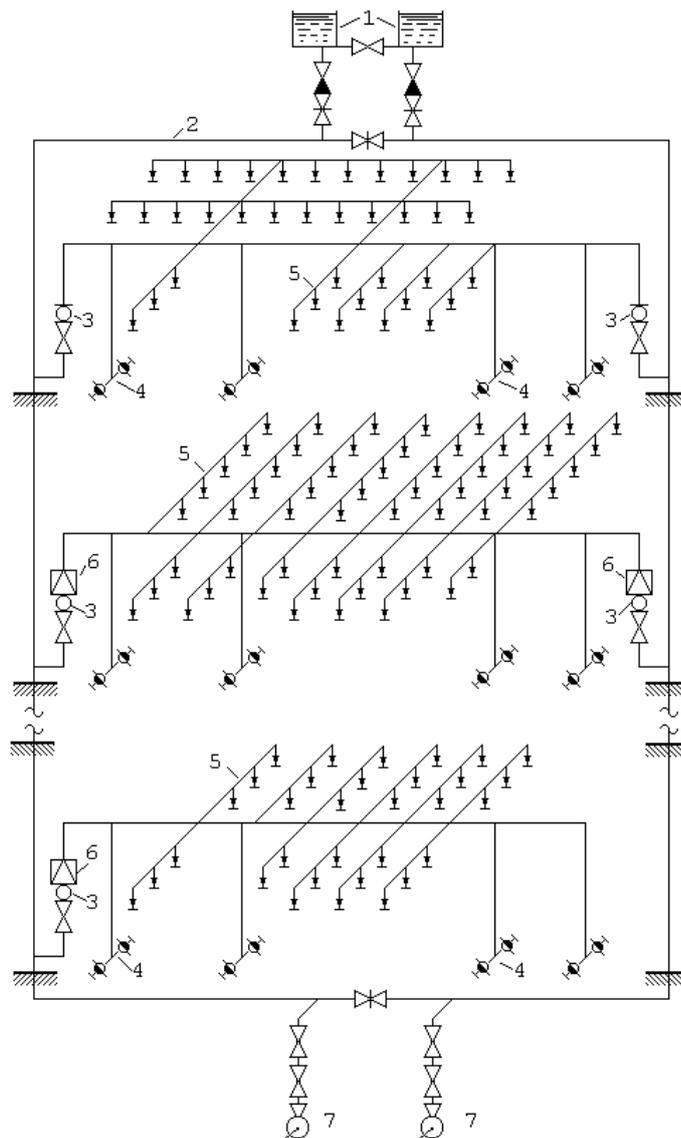


Рис. 8. Схема спринклерной системы и внутренних пожарных кранов в здании повышенной этажности:

- 1 - водонапорные баки;
- 2 - высоконапорное кольцо;
- 3 - узел управления, состоящий из задвижки и контрольно-сигнального клапана с универсальным сигнализатором (СДУ);
- 4 - спаренные внутренние пожарные краны;
- 5 - спринклерная сеть;
- 6 - регулятор давления;
- 7 - насосы

В целях концентрации пожарных струй на пожарных стояках устанавливают спаренные пожарные краны, оборудованные рукавами диаметром 66 мм и стволами с насадками диаметром 19 мм. В том случае, если в высотных зданиях устраивают незадымляемые лестничные клетки (с подпором воздуха или с входом в них через воздушную зону по балконам или лоджиям) устанавливать в

Противопожарное водоснабжение

них пожарные краны не рекомендуется, так как при прокладке пожарных рукавов лестничные клетки через открытые двери могут быстро задымляться.

На внутренней водопроводной сети должны быть установлены ремонтные задвижки с таким расчетом, чтобы отключалось не более одного пожарного стояка.

Пожарные насосы должны иметь автоматическое, дистанционное и ручное управление. Причем автоматическое включение пожарных насосов должно осуществляться после израсходования 2-минутного пожарного запаса воды в баках. Оставшийся 8-минутный запас воды в баках предусматривается для тушения пожара при пуске пожарных насосов вручную (в случае выхода из строя автоматических пусковых устройств).

Дистанционный пуск пожарных насосов осуществляется от кнопок, установленных у пожарных кранов. Кнопки дистанционного пуска должны быть обязательно установлены у верхних пожарных кранов, если высота установки водонапорных баков не обеспечивает создание у них потребных напоров.

Для надежной работы пожарные насосы рекомендуется подсоединять к магистральному кольцу, проложенному в помещении насосной (рис. 9).

Сети противопожарных водопроводов каждой зоны должны иметь два патрубка диаметром 77 мм, выведенных наружу и оборудованных полугайками для присоединения рукавов пожарных автомобилей.

Гидравлический расчет водопроводов высотных зданий проводится по методике, изложенной в лекции внутренний водопровод, с учетом следующих обстоятельств.

Если нормативный расход равен $3 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 15 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ (3 струи по $5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ каждая), то к расчету принимают два смежных, наиболее удаленных от насосной станции пожарных стояка с работой высокорасположенных пожарных кранов: двух пожарных кранов на одном стояке (один на верхнем этаже, другой на этаже ниже) и одного верхнего пожарного крана на другом, т.е. пожарный стояк рассчитывается на пропуск не менее $10 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$.

При нормативном расходе $4 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ на каждом стояке берется по два пожарных крана: один на верхнем этаже и один на нижерасположенном этаже.

Если нормативный расход равен $8 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 40 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, то каждый стояк рассчитывают не менее чем на $5 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, где 2 - два спаренных пожарных крана и 2 - два этажа, т.е. на каждом этаже от одного стояка работают по 2 пожарных крана.

В случае устройства внутреннего водопровода по схеме с подачей воды хозяйственными насосами по пожарным стоякам вводы следует рассчитывать на одновременный пропуск пожарного и максимального хозяйственного расходов.

Как уже отмечалось, требуемый напор для тушения пожара определяется по наиболее удаленному и высоко расположенному крану. Пожарные краны, расположенные в нижних этажах, будут находиться под большим давлением, поэтому и расход воды из них будет больше, чем из верхних кранов. Следовательно, требуемый напор для насосов и высота установки водонапорных баков должны

Противопожарное водоснабжение

определяться по кранам, расположенным в верхних этажах, а подача насосов и объем баков - по кранам, расположенным в нижних этажах здания. Это приводит к увеличению емкости бака и, следовательно, к увеличению строительных затрат, а также требует установки насосов с большой подачей, что связано с увеличением эксплуатационных затрат.

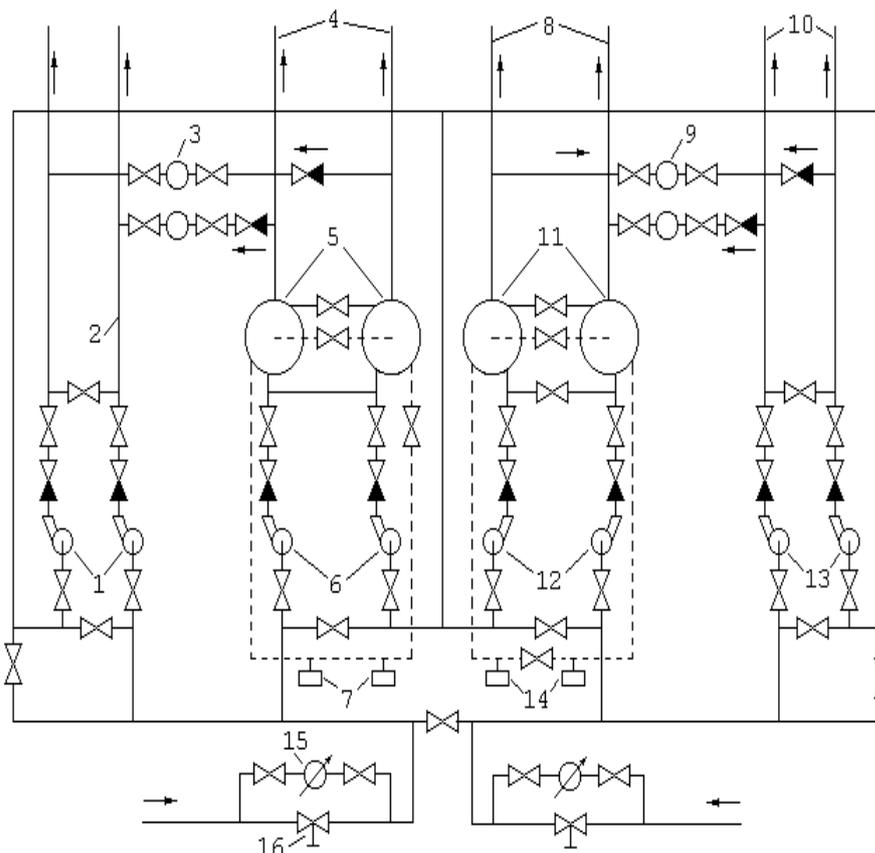


Рис. 9. Насосная станция высотного здания с пневматическими установками:

- 1 - пожарные насосы зоны I;
- 2 - трубопроводы подачи воды в противопожарную сеть зоны I;
- 3 - струйное реле;
- 4 - трубопроводы подачи воды в хозяйственно-питьевую сеть зоны I;
- 5 - пневмобаки зоны I;
- 6 - хозяйственно-питьевые насосы зоны I;
- 7 - компрессоры, подающие воздух в пневматические баки зоны I;
- 8 - трубопроводы подачи воды в хозяйственно-питьевую сеть зоны II;
- 9 - струйное реле;
- 10 - трубопроводы подачи воды в противопожарную сеть зоны II;
- 11 - пневматические баки зоны II;
- 12 - хозяйственно-питьевые насосы зоны II;
- 13 - пожарные насосы зоны II;
- 14 - компрессоры, подающие воздух в пневматические баки зоны II;
- 15 - водомеры;
- 16 - электродвигатели на вводах

Для того чтобы исключить указанные недостатки, устанавливают диафрагмы у нижних пожарных кранов. Диафрагмы увеличивают сопротивление пожарного крана,

Противопожарное водоснабжение

вследствие чего расход воды из него уменьшается. Диаметр диафрагм подбирается таким, чтобы все пожарные краны пропускали только расчетное количество воды. Для определения диаметра диафрагмы используют известную из курса гидравлики формулу Дарси - Вейсбаха:

$$h = \xi \frac{v^2}{2g}, \tag{2}$$

откуда

$$\xi_{0} = \frac{2gh}{v^2},$$

где ξ_0 - коэффициент сопротивления диафрагмы; $h = H_n - H_b$ - разность напора нижнего пожарного крана и расчетного напора верхнего крана; v - скорость движения воды в трубопроводе.

Скорость движения воды в пожарном кране может быть определена из уравнения неразрывности потока

$$V = \frac{Q_n}{\omega}, \tag{3}$$

где Q_n - расход воды из нижнего пожарного крана; ω - площадь сечения пожарного крана.

Так как расход воды нижнего пожарного Q_n крана связан с расходом воды из верхнего пожарного крана соотношением

$$\frac{Q_b^2}{H_n} = \frac{Q_b^2}{H_b}, \text{ то } Q_n = Q_b = \sqrt{\frac{H_n}{H_b}}. \tag{4}$$

При известном значении ξ_0 по табл. подбирают отношение площадей живого сечения крана ω и диафрагмы ω_0 .

Таблица

ξ_0	226	43,8	17,5	7,8	3,75	1,8	0,8
ω_0 / ω	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7

Так как $\omega_0 / \omega = d_0^2 / d^2$, то диаметр отверстия диафрагмы может быть определен по формуле

$$d_0 = d \sqrt{\frac{\omega_0}{\omega}}. \tag{5}$$

Диаметр отверстия диафрагмы может быть определен также по номограмме (рис. 10). Так, например, если избыточный напор $H_n - H_b = 30$ м, а расчетный расход 5 л/с, то при диаметре крана 70 мм диафрагма должна иметь отверстие диаметром 20 мм.

Противопожарное водоснабжение

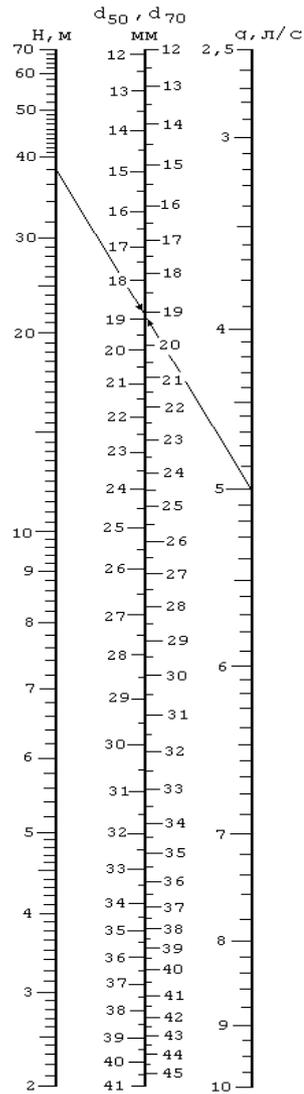


Рис. 10. Номограмма для подбора диафрагм

Диафрагму следует устанавливать перед полугайкой так, чтобы она была постоянно под наблюдением. Количество диафрагм различных диаметров должно быть по возможности наименьшим (обычно не более трех).

2. Противопожарное водоснабжение театров.

Здания театров относятся к особо ответственным зданиям, так как во время представлений в них находится большое количество людей, а возникающие пожары характеризуются быстрым ростом площади горения, высокой температурой, задымлением. Особенно быстро развиваются пожары на сценах, где сосредоточено большое количество сгораемых материалов, а помещения имеют достаточно большие объемы. Поэтому для обеспечения безопасной эвакуации людей из зданий театров и успешной ликвидации пожаров в них необходимо в возможно короткое время подать большое количество огнетушащего вещества. Поэтому в театральном зрелищных предприятиях предусматривают устройство внутренних пожарных водопроводов, спринклерных и дренчерных установок.

Внутренняя водопроводная сеть, как правило, устраивается отдельной: хозяйственно-питьевая и противопожарная. Это обуславливается тем, что городской водопровод в большинстве случаев не может обеспечить подачу пожарных расходов с требуемым напором при максимальном хозяйственно-питьевом потреблении. Кроме того, не всегда возможно отобрать от городского водопровода и пожарный расход, так как его величина нередко достигает 0,1 м³/с и более. Поэтому чаще всего внутренние водопроводы в зданиях театров устраивают по схеме с запасным резервуаром. При этом емкость запасного резервуара определяется из условия работы пожарных кранов в течение трех часов и установок пожаротушения в течение одного часа тушения пожара:

$$W_{з.р} = 10^3 (0,8Q_{п.к} + 3,6Q_{уст}), \quad (2.1)$$

где $W_{з.р}$ - объем воды запасного резервуара, м³; $Q_{п.к}$ - расход воды пожарных кранов, м³/с; $Q_{уст}$ - расход воды установок пожаротушения, м³/с.

Если городской водопровод может обеспечить работу пожарных кранов, спринклерных и дренчерных установок при максимальном хозяйственно-питьевом водопотреблении, то внутренний водопровод допускается устраивать объединенным. Однако в этом случае независимо от количества пожарных кранов питание водопроводных сетей, учитывая работу спринклерных и дренчерных установок, должно осуществляться по двум вводам, присоединенным к наружной кольцевой водопроводной сети. Каждый ввод рассчитывается на одновременный пропуск пожарного и максимального хозяйственно-питьевого расхода. Магистральные сети внутренних водопроводов театра прокладываются кольцевыми с установкой на них ремонтных задвижек таким образом, чтобы при аварии отключалось не более двух пожарных стояков.

Ремонтные задвижки (вентили) устанавливаются и у основания тех пожарных стояков, которые имеют три и более пожарных крана.

Пожарные краны во всех помещениях театра, а также в производственных помещениях и резервных складах, размещаемых в отдельном корпусе на участке здания театра, должны располагаться таким образом, чтобы каждая точка помещений орошалась двумя компактными струями. Однако учитывая значительную высоту сцены, допускается у кранов, расположенных на планшете сцены,

Противопожарное водоснабжение

поддерживать напор, необходимый для создания пожарных струй производительностью не менее $5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ каждая с высотой компактной части, на 2 м перекрывающей колосники сцены. При этом на планшете колосниковой сцены при его площади до 500 м^2 должно быть установлено не менее трех пожарных кранов, а при большей площади не менее четырех пожарных кранов. На каждой рабочей галерее и колосниках устанавливаются по два пожарных крана, по одному с правой и левой стороны сцены.

Для удобства пользования пожарными кранами их целесообразно устанавливать у входов на сцену, в коридорах, у входов в рабочие галереи, а также в прилегающих к сцене лестничных клетках. При наличии закрытых лестничных клеток, ведущих к рабочим галереям, необходимо предусматривать установку пожарных кранов и в них. Для орошения зрительного зала пожарные краны рекомендуется устанавливать у входов в партер, амфитеатр, на ярусы зрительного зала, а также у входов в чердачное помещение при наличии сгораемого подвесного перекрытия над зрительным залом. Для оборудования внутренней водопроводной сети применяются:

а) пожарные краны диаметром 65 мм с непрорезиненными рукавами длиной 10 м и стволами с насадками диаметром 19 мм - при установке их на планшете сцены;

б) пожарные краны диаметром 50 мм с непрорезиненными рукавами длиной 10 м и стволами с насадками диаметром 16 мм - при установке их на колосниках и рабочих галереях.

в) пожарные краны диаметром 50 мм с непрорезиненными рукавами длиной 20 м и стволами с насадками диаметром 16 мм - при установке их во всех других помещениях;

Суммарный расчетный расход воды, подачу которого должна обеспечить насосная станция, принимается большим из двух случаев работы средств внутреннего пожаротушения:

а) работы спринклеров сцены с расходом $Q_{\text{сп}} = 30 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ при площади сцены до 500 м^2 и $Q_{\text{сп}} = 50 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ при площади сцены 500 м^2 и более, работы двух пожарных кранов на планшете сцены с общим расходом $Q_{\text{кр.сц}}$ не менее $10 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ и двух кранов на верхних рабочих галереях с общим расходом $Q_{\text{кр.г}}$ не менее $5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, а также работы секции дренчеров портала сцены с расходом $Q_{\text{др.п}}$, т.е.

$$Q_{\text{пож}} = Q_{\text{сп.сц}} + Q_{\text{кр.сц}} + Q_{\text{кр.г}} + Q_{\text{др.п}} ; \quad (2.2)$$

б) работы всех дренчеров под колосниками сцены с расходом $Q_{\text{др.к}}$ и под нижним ярусом рабочих галерей с расходом $Q_{\text{др.г}}$ работы двух кранов планшета сцены с общим расходом $Q_{\text{кр.сц}}$ не менее $10 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ и двух кранов на верхних рабочих галереях с общим расходом $Q_{\text{кр.г}}$ не менее $5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, а также работы секции дренчеров портала сцены с расходом $Q_{\text{др.п}}$, т.е.

$$Q_{\text{пож}} = Q_{\text{др.к}} + Q_{\text{др.г}} + Q_{\text{кр.сц}} + Q_{\text{кр.г}} + Q_{\text{др.п}} . \quad (2.3)$$

Насосные станции в театрах устраиваются по схеме насосных с пневмобаками (рис. 11). Пожарные насосы должны иметь 100-процентный резерв.

Пуск насосов должен быть автоматическим и дистанционным от кнопок, установленных в помещении пожарного поста, насосной и на планшете сцены.

Противопожарное водоснабжение

Для клубов с эстрадами и зрительным залом до 300 мест пуск пожарных насосов допускается принимать с ручным и дистанционным управлением.

Для резервирования питания внутренних сетей от пожарных автомобилей напорную линию (между насосами и распределительной гребенкой) оборудуют двумя выведенными наружу патрубками диаметром 77 мм.

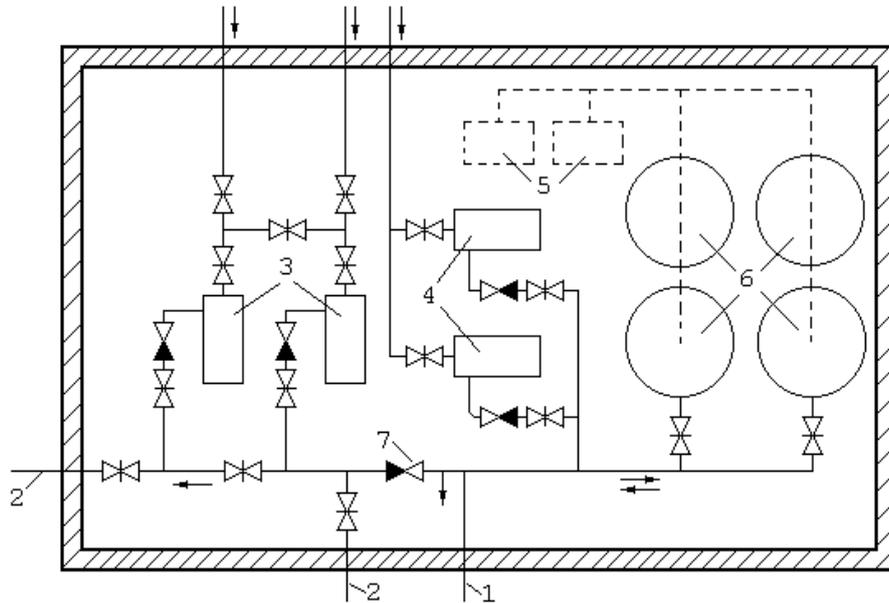


Рис. 11. Насосная станция с пневмооборудованием:

- 1 - хозяйственный водопровод;
- 2 - пожарный водопровод;
- 3 - пожарные насосы;
- 4 - хозяйственные насосы;
- 5 - компрессор;
- 6 - пневмобаки;
- 7 - обратный клапан

ЛЕКЦИЯ № 16, 17

ТЕМА 9: Обследование систем противопожарного водоснабжения

1. Методика обследования наружных противопожарных водопроводов.

По сооружениям для забора воды из открытых водоисточников проверить:

меры борьбы с оледенением, образованием донного льда, обрастанием ракушкой и водорослями, заиливанием;

меры защиты от попадания рыбы, повреждения льдом, плотами, якорями;

исправность устройств для промывки самотечных и сифонных линий;

необходимость прокладки дополнительных самотечных и сифонных линий в связи с увеличением водопотребления в населенном пункте или на объекте.

По сооружениям для забора из подземных водоисточников проверить:

дебит водоисточника, динамический уровень воды в нем;

исправность резервных скважин, насосных агрегатов;

наличие, исправность, конструкцию фильтра, его пропускную способность;

наличие и исправность резервных компрессоров и источников питания двигателей при заборе воды из водоисточника системой “Эрлифт”.

По насосным станциям I и II подъема проверить:

количество и марку насосов, их исправность, обеспечение требуемых расходов и напоров на цели пожаротушения;

надежность соединения насосов с двигателями;

наличие и исправность резервных источников электропитания пожарных насосов;

правильность окраски пожарных насосных агрегатов и арматуры;

исправность систем контроля за наличием НПЗ в резервуарах, водонапорных башнях;

исправность звуковой и световой автоматической сигнализации о включении пожарных насосов;

соответствие требованиям норм времени включения пожарных насосов;

исправность предохранительной аппаратуры от гидроударов при повышении давления в сети при пожаре;

исправность телефонной связи с пожарной охраной и водопроводной службой населенного пункта, объекта;

наличие в насосной станции схемы расположения оборудования и арматуры, обвязки насосов, соответствие номеров его на схеме и непосредственно на оборудовании;

наличие инструкции по подаче воды на пожарные нужды от основного и резервного насосов и знание ее обслуживающим персоналом;

Противопожарное водоснабжение

наличие и правильность ведения журнала эксплуатации оборудования насосной станции;

наличие первичных средств пожаротушения в помещении насосной станции.

По резервуарам чистой воды (пожарным водоемам) проверить:

состояние подъездных путей;

исправность и степень их заполнения водой;

состояние гидроизоляции и теплоизоляции;

защиту от замерзания воды, исправность арматуры и средств автоматизации, контролирующих сохранность и уровень НПЗ;

исправность арматуры в камерах переключения;

наличие и исправность устройств для забора воды из резервуаров чистой воды передвижными пожарными насосами;

соблюдение сроков профилактических осмотров и испытаний оборудования, предназначенного для обслуживания НПЗ.

По водоводам проверить:

исправность переключающих устройств и обеспечение ими пропуски при аварии в линии расчетных расходов воды $Q_{ав}$ для целей пожаротушения;

исправность запорной и предохранительной аппаратуры от гидроударов;

наличие и исправность указателей, облегчающих отыскание отключающих устройств, ремонтных задвижек.

По водонапорным башням и гидропневматическим установкам проверить:

соответствие объема НПЗ воды требованиям норм;

исправность оборудования, обеспечивающего сохранение НПЗ;

исправность сигнализации для контроля уровня НПЗ;

исправность автоматических устройств, обеспечивающих отключение водонапорных сооружений при включении пожарных насосов;

исправность задвижек и вентилей при ручном приводе;

наличие пломб на задвижках трубопроводов, предназначенных для пропуски только пожарных расходов, которые пломбируются только в закрытом состоянии;

исправность теплоизоляции баков, трубопроводов и арматуры;

исправность компрессоров и источников питания в гидропневматических установках постоянного давления, автоматизации их;

соблюдение сроков профилактических осмотров и ремонтов водонапорных сооружений.

По наружным водопроводным сетям проверить:

длину отдельных тупиковых линий и соответствие их нормативам;

расположение гидрантов и ремонтных задвижек на водопроводной сети и наличие указателей ;

состояние подъездов к гидрантам;

исправность и работоспособность гидрантов (сохранность крышек колодцев, возможность их открытия, состояние гидроизоляции, резьбового кольца под колонку, квадрата штанги);

наличие устройств против замерзания, исправность устройства для спуска воды из гидранта, не залиты ли стояки водой, не заморожены ли гидранты;

Противопожарное водоснабжение

наличие пломб на обводных задвижках и указателей, облегчающих их отыскание на объектовых водопроводах;

наличие и правильность ведения журнала проверки пожарных гидрантов;

сеть противопожарного водопровода на водоотдачу.

2. Методика обследования внутренних противопожарных водопроводов.

Работники пожарной охраны проверяют внутренний противопожарный водопровод, как правило, при проведении пожарно-технических обследований и проверок объектов, при приемке зданий в эксплуатацию, при подготовке объектов к проведению каких-либо мероприятий с массовым пребыванием людей, во время пожарно-тактических учений, а также в иных случаях.

Обследование систем внутреннего противопожарного водопровода производится с учетом требований документов, регулирующих деятельность ГПС, инструкций инженерных служб, строительных норм и правил, норм пожарной безопасности и других документов, утвержденных в установленном порядке.

Государственный инспектор по пожарному надзору или другое должностное лицо пожарной охраны проверяет водопровод зданий, как правило, в следующей последовательности:

устанавливается наличие приказов по объекту о назначении лиц (службы), ответственных за состояние внутреннего противопожарного водопровода, проверяется укомплектованность этих должностей специалистами соответствующей квалификации, организация плановых осмотров, ремонтов и проверок на работоспособность, наличие актов испытаний водопроводной сети, насосов, электродвигателей, другого оборудования;

выясняется тип водопровода (противопожарный или объединенный хозяйственно-противопожарный, производственно-противопожарный);

изучается схема водопровода и проверяется ее соответствие требованиям норм (наличие и количество вводов, пропускная способность водомера, наличие и обвязка насосов-повысителей, соответствие их характеристик требуемому напору и расходу, закольцованность магистральных сетей, размещение ремонтной запорной арматуры и оборудования, правильность размещения пожарных кранов и т.п.);

проводится обследование состояния оборудования и водопроводной сети при необходимости с привлечением работников инженерной службы объекта, проверяется работа сети на поддержание необходимого напора, водоотдачи;

выявляются недостатки, нарушения, определяется, каким образом те или иные недостатки и нарушения могут быть устранены в короткий срок во время ремонта или реконструкции всего водопровода;

оформляется предписание, письмо или акт с указанием сроков выполнения предложенных мероприятий;

при необходимости принимаются меры административного или иного воздействия к руководителям объекта или ответственным за состояние противопожарного водопровода.

Противопожарное водоснабжение

При изучении схемы водопровода обращается внимание на наличие необходимого числа вводов, обвязку водомерного узла, тип водомера, который должен пропускать расчетный расход воды при пожаре (наличие обводной линии, в случае если он не обеспечивает необходимый расход воды), наличие и обвязку пожарных насосов-повысителей, расположение запорной арматуры на водопроводной сети, закольцованность водопроводных сетей, соответствие характеристик насосов-повысителей проектным данным.

При обследовании водопровода следует проверять не только укомплектованность пожарных кранов, но и его работоспособность, водоотдачу. Такую проверку целесообразно организовывать в часы максимального водопотребления в населенном пункте (если водопровод запитан от водопроводной сети населенного пункта). В обязательном порядке проверяется автоматический, дистанционный и ручной пуск пожарных насосов-повысителей, автоматика включения резервного насоса, электродвигателей, работа контрольно-измерительных приборов, схема электроснабжения электродвигателей пожарных насосов-повысителей. Инженерная служба объекта или лицо, отвечающее за состояние водопровода, должны иметь необходимые инструкции по эксплуатации и проект водопровода объекта, график проверок его технического обслуживания.

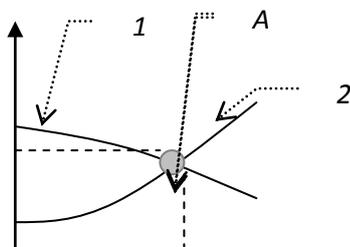
При испытании водопровода на водоотдачу выбираются и испытываются наиболее удаленные и высокорасположенные пожарные краны. Число одновременно работающих пожарных кранов должно приниматься в соответствии с расчетным расходом воды, установленным требованиями норм.

Во время пожарно-тактических занятий (учений) и отработки планов (карточек) пожаротушения необходима проверка работоспособности не только водопровода, но и устройств подключения передвижной пожарной техники.

3. Аналитическое определение водоотдачи.

Водоотдачей называют наибольший расход воды на пожаротушение, который можно получить в наиболее удаленной от насосной станции точке водопроводной сети.

Если сеть является объединенным хозяйственно-противопожарным водопроводом, то водоотдачу следует определять в час максимального водопотребления.



Противопожарное водоснабжение

H

H_M

Q_M Q

Рис. 1. Рабочая точка насоса:
 А-рабочая точка насоса (Q_M водоотдача);
 1 - характеристика насоса;
 2-характеристика сети

Если параметры сети (диаметр, длина, материал труб участков) и насосов, работающих на сеть, известны, то водоотдачу можно определить следующим образом: строится (рис. 1) характеристика сети (для объединенного водопровода при различных расходах воды на пожаротушение) по формуле

$$H_c = K(h_{\text{вод}} + h_c) + \Delta Z + H_{\text{св}}, \quad (1)$$

где K - коэффициент, учитывающий потери напора в соединительных частях и арматуре, $K = 1,1 - 1,2$; $h_{\text{вод}}, h_c$ - соответственно потери напора в водоводах и сети при пожаре, м; ΔZ - разница геодезических отметок поверхности земли в наиболее удаленной точке и наинизшего уровня воды в резервуарах чистой воды (если они есть) при пожаре, м; $H_{\text{св}}$ - свободный напор в наиболее удаленной точке, м ($H_{\text{св}} > 10$ м). Строится основная характеристика сети и насоса 1 (или насосов) $Q - H$. Точка А пересечения характеристик сети и насоса (см. рис. 1) соответствует водоотдаче. Для объединенного водопровода

$$Q_M = Q_{\text{х.п}} + Q_{\text{пож}}, \quad (2)$$

где $Q_{\text{х.п}}$ - расход на хозяйственно-производственные цели в час максимального водопотребления, л/с; $Q_{\text{пож}}$ - расход воды на пожаротушение, т.е. водоотдача, л/с.

Для определения водоотдачи можно воспользоваться приближенной методикой. В ней приняты следующие допущения:

- 1) напор в магистральной линии считается постоянным;
- 2) напор перед гидрантами на одной линии принимается одинаковым.

3.1. С односторонним подводом воды (рис. 2, а)

Введем обозначения: H_M - напор в магистральной линии, м; H_G - напор перед гидрантом, м; H_H - напор во всасывающей линии насоса, м; $Q_{\text{пож}}$ - водоотдача, л/с; Q_G - водоотдача одного гидранта, л/с; s - сопротивление системы отбора, $(\text{с/л})^2$ м; $s = s_G + s_K + s_P$ - для водопровода низкого давления; $s = s_G + s_K + s_{P,л} + s_{\text{ст}}$ - для водопровода высокого давления. Здесь $s_G, s_K, s_P, s_{P,л}, s_{\text{ст}}$ - соответственно, сопротивление гидранта, колонки, всасывающих рукавов, рукавных линий, ствола, $(\text{с/л})^2$ м; l - длина трубопровода, на котором установлены гидранты, м; A - удельное сопротивление трубопровода, $(\text{с/л})^2$; n - количество гидрантов; Z - высота расположения всасывающего патрубка насоса над землей - для водопровода низкого давления или высота расположения ствола - для водопровода высокого давления, м.

Противопожарное водоснабжение

Потери напора в системе отбора:

$$sQ_{\Gamma}^2 = H_{\Gamma} - H_{\text{н}} - Z. \quad (3)$$

Напор перед гидрантом:

$$H_{\Gamma} = H_{\text{м}} - AlQ^2. \quad (4)$$

При этом

$$Q = Q_{\text{пож}} + Q_{\text{х.п}}. \quad (5)$$

$$Q_{\text{пож}} = nQ_{\Gamma}. \quad (6)$$

Обозначим

$$Q_{\text{х.п}} / Q_{\text{пож}} = k. \quad (7)$$

Из соотношений (17.3), (17.4), (17.5) получается

$$Q_{\Gamma} = \sqrt{\frac{H_{\text{м}} - H_{\text{н}} - Z}{s + Aln^2 (1+k)}}, \quad (8)$$

$$Q_{\text{пож}} = \sqrt{\frac{H_{\text{м}} - H_{\text{н}} - Z}{s/n^2 + Al(1+k)}}. \quad (9)$$

При $k = 0$, т.е. в том случае, когда весь расход воды можно использовать на пожаротушение,

$$Q_{\Gamma} = \sqrt{\frac{H_{\text{м}} - H_{\text{н}} - Z}{s + Aln^2}}; \quad (10)$$

$$Q_{\text{пож}} = \sqrt{\frac{H_{\text{м}} - H_{\text{н}} - Z}{s/n^2 + Al}}. \quad (11)$$

3.2. С двусторонним подводом воды (рис. 2, б)

Если $H_{\text{м}_2} < H_{\Gamma} < H_{\text{м}_1}$ или $H_{\text{м}_1} < H_{\Gamma} < H_{\text{м}_2}$, то получается случай а).

Двусторонний подвод возможен, если $H_{\text{м}_2} < H_{\Gamma} < H_{\text{м}_1}$.

В этом случае приближенно можно записать

$$H_{\text{н}} = H_{\text{м}} - \frac{Al}{2} \left(\frac{Q}{2} \right)^2. \quad (12)$$

С учетом соотношений (3), (5), (6), (7) получается:

$$Q_{\Gamma} = \sqrt{\frac{H_{\text{м}} - H_{\text{н}} - Z}{s + Aln^2 (1+k)/8}}, \quad (13)$$

$$Q_{\text{пож}} = \sqrt{\frac{H_{\text{м}} - H_{\text{н}} - Z}{s/n^2 + Al(1+k)/8}}. \quad (14)$$

При $k = 0$

$$Q_{\Gamma} = \sqrt{\frac{H_{\text{м}} - H_{\text{н}} - Z}{s + Aln^2/8}}, \quad (15)$$

$$Q_{\text{пож}} = \sqrt{\frac{H_{\text{м}} - H_{\text{н}} - Z}{s/n^2 + Al/8}}. \quad (16)$$

Противопожарное водоснабжение

Максимальное количество гидрантов, которое может быть использовано на данном участке сети, можно определить из соотношений, полученных из уравнений (3), (4), (5), (6) и из (3), (5), (6), (12) для участков сети с односторонним и двусторонним подводом воды:

а) с односторонним подводом воды

$$n = \frac{1}{1+k} \sqrt{\frac{H_{\Gamma} - H_{\text{М}} \xi s}{H_{\Gamma} - H_{\text{М}} - Z \Delta l}}; \quad (17)$$

б) с двусторонним подводом воды:

$$n = \frac{1}{1+k} \sqrt{\frac{H_{\Gamma} - H_{\text{М}} \xi s}{H_{\Gamma} - H_{\text{М}} - Z \Delta l}}. \quad (18)$$

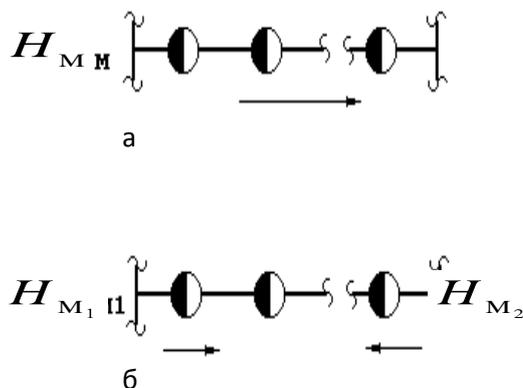


Рис. 2

При сравнении формул (17) и (18) видно, что при прочих равных условиях количество гидрантов, которое может быть использовано на участках сети с двусторонним подводом воды, в 2,8 раза больше, чем с односторонним. В вышеприведенных формулах следует принимать $H_{\text{н}} > 3$ м - при использовании мягких всасывающих рукавов. В остальных случаях $H_{\text{н}} = 0$. В формулах (17) и (18) значение H_{Γ} определяется из соотношения (3) при заданном расходе Q_{Γ} . При $H_{\text{М}} > 10$ м приближенно можно принимать $H_{\Gamma} = 10$ м.

4. Практическое определение водоотдачи внутренних водопроводов.

Водопроводные сети зданий на водоотдачу испытываются в часы максимального водопотребления, например, в жилых зданиях с 7 до 9 ч утра, на промышленных объектах при наличии объединенного хозяйственно-противопожарного водопровода - в часы обеденного перерыва, при производственно-противопожарном водопроводе - во время максимального водопотребления на производственные нужды.

Методика проверки водопроводной сети на водоотдачу состоит в том, чтобы: установить фактический напор и расход в водопроводной сети;

определить напор и расход, требуемый по нормам;

сравнить фактические и нормативные показатели по напору и расходу и подготовить заключение об их соответствии или несоответствии.

Для испытания выбираются наиболее высокорасположенные и (или) наиболее удаленные внутренние пожарные краны. Количество одновременно испытываемых пожарных кранов зависит от числа расчетных струй, принимаемых согласно нормам проектирования.

Намечаются меры по исключению заливки водой помещений при испытаниях водопровода (пожарный ствол выводится через окно наружу, на крышу или в другое место).

Учитывая, что величины напора на спрыске пожарного ствола и расхода связаны между собой, то при испытаниях достаточно проверить одну из этих величин и сравнить ее с нормативной.

Существует несколько способов проверки на водоотдачу.

4.1. Измерение радиуса действия компактной части струи R_k .

Это наиболее простой способ, применяется в случаях отсутствия специальных контрольно-измерительных приборов, для его проведения необходима только рулетка. Недостатком является то, что он приблизительный и имеет большие погрешности. При этом способе при подаче воды через ствол наиболее высоко расположенного (удаленного) пожарного крана измеряют радиус действия (длину) раздробленной струи R_p , а затем по формуле определяют R_k :

$$R_k = 0,8R_p.$$

Для стволов с диаметром спрыска 13-25 мм угол наклона ствола не влияет на радиус компактной части струи.

Далее полученный радиус R_k сравнивают со значениями, приведенными в СНиП. R_k должен быть равен высоте помещения, где установлен пожарный кран, но не менее 6 м, а для общественных и производственных зданий высотой более 50 м - не менее 16 м.

4.2. Измерение расхода воды при помощи мерной емкости.

При этом способе вода из ствола подается в специальную емкость, на стенке которой имеется шкала, указывающая объем воды в литрах, поступившей в емкость при ее заполнении. Засекая время t наполнения емкости, можно вычислить расход воды Q , л/с, по формуле:

$$Q = \frac{W}{t},$$

где W - объем воды в емкости, л; t - время, в течение которого вода поступала в емкость, с.

4.3. Определение расхода воды при помощи переносного водомера, установленного на патрубке с полугайками.

Патрубок устанавливают между пожарным краном и пожарным рукавом. При включенном пожарном кране записываются два показания водомера через определенный промежуток времени t . Для определения расхода воды необходимо вычесть из второго показания водомера первое и полученное количество воды разделить на время t . Полученный расход воды необходимо сравнить с расходом воды, указанным в соответствующей таблице СНиП.

4.4. Измерение напора у sprыска ствола при помощи манометра, установленного на стволе, или трубкой Пито конструкции ВНИИПО (последняя вводится концом в струю около ствола).

По имеющемуся напору у sprыска ствола $H_{\text{спр}}$ (по табл. 1) определяется расход воды или радиус действия компактной части струи, которые имеют место в данном водопроводе.

Полученный расход воды следует сравнить с тем, что должно быть по СНиП. Полученный радиус действия компактной части струи должен быть не менее высоты помещения.

Таблица 1

R_k	$d = 13$ мм		$d = 16$ мм		$d = 19$ мм		$d = 22$ мм		$d = 25$ мм	
м	H м	Q л/с								
6	8,1	1,7	7,8	2,5	7,7	3,5	7,7	4,6	7,5	5,9
7	9,6	1,8	9,2	2,7	9,0	3,8	8,9	5,0	8,7	6,4
8	11,2	2,0	10,7	2,9	10,4	4,1	10,2	5,4	10,8	6,9
9	13,0	2,1	12,4	3,1	12,0	4,3	11,7	5,8	11,5	7,4
10	14,9	2,3	14,1	3,3	13,6	4,6	13,2	6,1	11,9	7,8
11	16,9	2,4	15,8	3,5	15,2	4,9	14,7	6,5	14,4	8,3
12	19,1	2,6	17,7	3,8	16,9	5,2	16,3	6,8	15,9	8,7
13	21,4	2,7	19,7	4,0	18,7	5,4	18,0	7,2	17,5	9,1
14	23,9	2,9	21,8	4,2	20,6	5,7	19,8	7,5	19,2	9,6
15	26,7	3,0	24,0	4,4	22,6	6,0	21,6	7,8	20,9	10,0
16	29,7	3,2	26,5	4,5	24,7	6,2	23,6	8,2	22,7	10,4
17	33,2	3,4	29,2	4,8	27,1	6,5	25,7	8,5	24,9	10,8
18	-	-	32,2	5,1	29,6	6,8	28,0	8,9	26,8	11,3
19	-	-	-	-	32,5	7,1	30,5	9,3	29,1	11,7
20	-	-	-	-	-	-	33,2	9,7	31,5	112,2
21	-	-	-	-	-	-	-	-	34,3	12,8

4.5. Определение напора у крана при помощи специального патрубков с полугайками и с манометром на нем.

Патрубок соединяют с краном, а затем присоединяют пожарный рукав со стволом. Напор у крана измеряют при подаче воды (изливе ее из ствола). Полученный напор у крана сравнивают с тем, что должно быть по СНиП.

Поскольку пожарные краны в здании работают параллельно, достаточно определить напор, расход воды и радиус действия компактной части струи одного из испытываемых кранов. Другие расчетные пожарные краны, расположенные на данном этаже, будут иметь те же величины.

Для определения суммарного расхода воды полученный расход воды умножают на количество расчетных работающих при испытании кранов.

Если при испытании внутренней водопроводной сети в часы максимального водопотребления установлено, что имеющийся напор у крана не соответствует тому, что должно быть по нормам, необходимо далее уточнить повторным испытанием, достаточен ли напор в часы минимального водопотребления. Если напор в часы минимального водопотребления достаточен, необходимо для поддержания напора во внутренней водопроводной сети установить на расчетной отметке водонапорный бак, который будет заполняться в часы минимального водопотребления. Если напор недостаточен в часы минимального

Противопожарное водоснабжение

водопотребления, следует требовать для работы внутренней водопроводной сети установку пожарного насоса-повысителя и к нему резервный насос.

При испытании внутренней водопроводной сети на водоотдачу одновременно проверяют работу насосов, электродвигателей и водонапорных баков. В момент подачи воды из одного пожарного ствола автоматически должны включаться пожарный насос и электродвигатели на вводах.

5. Практическое определение водоотдачи наружных водопроводов.

Испытания водопровода на водоотдачу проводятся работниками пожарной охраны совместно с представителями водопроводной службы.

Перед проведением испытаний необходимо установить, какого вида водопровод, низкого или высокого давления.

Свободный напор в диктующей точке для водопровода низкого давления должен быть не менее 10 м, а для водопровода высокого давления свободный напор определяется по формуле:

$$H_{\text{св}} \approx 28 + T, \quad (19)$$

где T - высота наиболее высокого здания, м.

Выбор места проведения испытаний. Испытанию должны подвергаться, в первую очередь, участки водопроводной сети с пониженным давлением; тупиковые линии; с малым диаметром труб (100 мм); большой протяженности, наиболее удаленные от насосных станций; с большим водопотреблением; старые участки; участки у наиболее пожаровзрывоопасных производственных объектов; вновь проложенные участки.

Приборы и методы измерения расхода воды. Расход воды может измеряться следующими способами:

Объемным способом. Величина расхода определяется по формуле

$$Q = \frac{W}{t}, \quad (20)$$

где W - объем тарированного бака, м³; t - время заполнения бака.

Примечание.

1. В качестве тарированного бака может быть использована емкость пожарной цистерны.

2. Для более точного определения расхода воды целесообразно использовать тарированные баки емкостью не менее 500 л.

Стволами-водомерами. Расход воды определяется по формуле

$$Q = p\sqrt{H_M}, \quad (21)$$

где H_M - показания манометра, установленного на стволе-водомере, м; p - проводимость насадка пожарного ствола.

Примечание. 1. Для более точного определения величины расхода необходимо применять стволы с насадками наибольших размеров. 2. Расход воды может быть определен по графикам (рис. 3).

Противопожарное водоснабжение

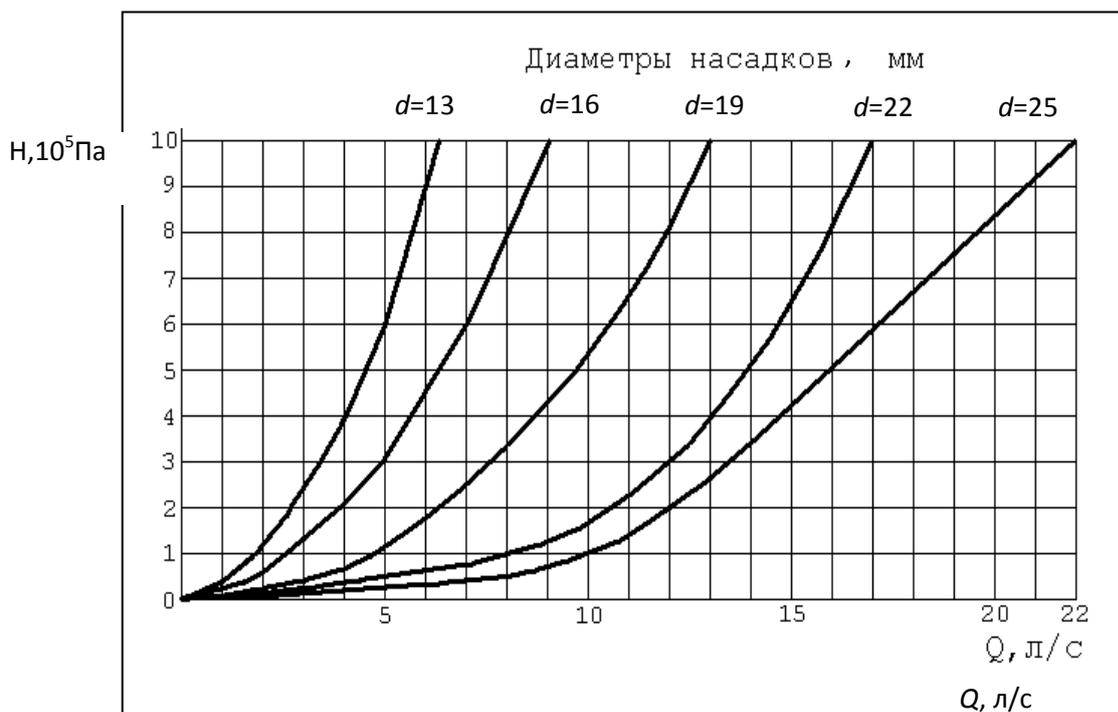


Рис. 3. График для определения расхода воды из ствола по показаниям манометра

Трубкой Пито. Для измерения расхода трубку вводят в струю, вылетающую из насадка. Величина расхода может быть определена по формуле (17.21) или по графикам (см. рис. 3).

По показаниям манометра насоса пожарного автомобиля. Расход воды по схемам 1, 2, 3 (рис. 17.4) может быть определен так:

$$Q = 2 \sqrt{\frac{H_M}{n s_p + s}}, \quad (22)$$

где H_M - показания манометра, установленного на насосе пожарного автомобиля, м; n - количество рукавов в одной рукавной линии. Рекомендуется прокладывать в каждой рукавной линии по одному рукаву, т.е. в формуле (9) можно принять $n = 1$; s_n - сопротивление насадка одного пожарного ствола; s_p - сопротивление одного пожарного рукава.

При испытаниях водопровода на водоотдачу от каждого пожарного автомобиля должны быть проложены рукавные линии (см. рис. 4) одинаковых диаметров. Величина расхода при этом может быть определена по табл. 3, составленной по формуле (22) для схем 1, 2 и 3, показанных на рис.4.

Противопожарное водоснабжение

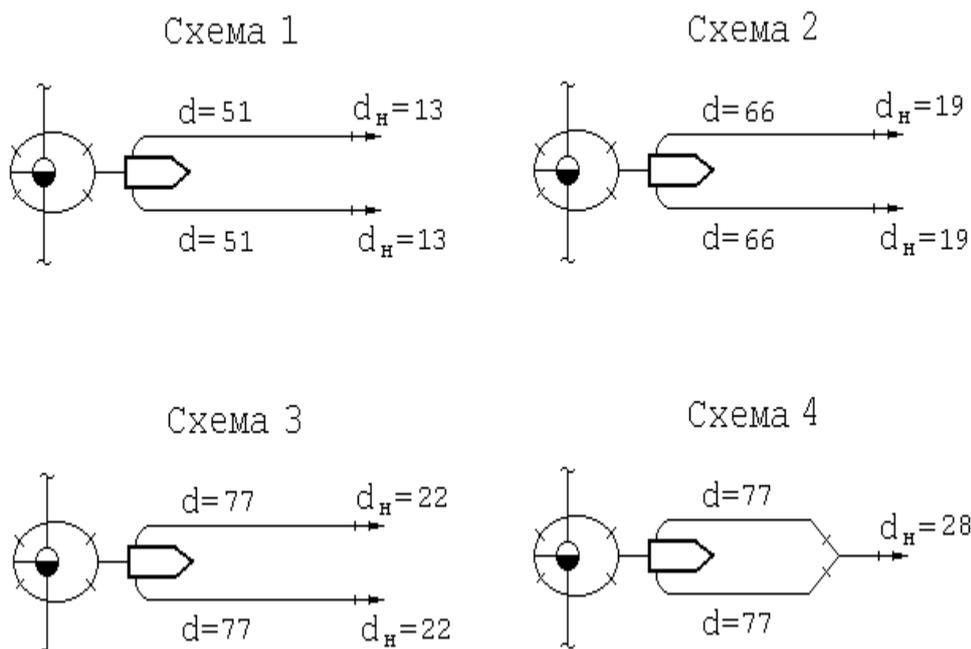


Рис. 4. Схемы установки автономных насосов на гидранты при испытании водопроводной сети на водоотдачу

Для схемы 4 формула (22) имеет вид

$$Q = \sqrt{\frac{H_M}{s_p / 4 + s_H}} \quad (23)$$

С помощью тарированной пожарной колонки. Пожарная колонка оборудуется двумя отрезками трубы с соединительными головками длиной 0,5 м и манометром, по показаниям которого определяется расход воды при водоотдаче сети (рис. 5). Для этого колонка тарируется, т.е. определяется связь между показаниями манометра и расходами. Тарировка может производиться объемным способом с помощью мерного бака по формуле (20).

Второй способ тарировки - на специальном стенде. Он представляет собой отрезок водопроводной трубы диаметром d не менее 100 мм и длиной около $60 d$. На трубе устанавливается задвижка, крыльчатый водомер и подставка под гидрант. Труба соединяется с насосом или водопроводной сетью (рис. 6). При разных фиксированных положениях открытой задвижки измеряется расход по водомеру и регистрируется напор по показаниям манометра на колонке. Результаты тарировки заносят в протокол и затем строится графическая или табличная характеристика колонки.

Таблица 2

Напор насоса H , м	Схема 1 формула (17.9) Q , л/с	Схема 2 формула (17.9) Q , л/с	Схема 3 формула (17.9) Q , л/с	Схема 4 формула (17.10) Q , л/с
20	5,14	10,96	14,71	12,07
25	5,75	12,25	16,45	13,50
30	6,30	13,42	18,02	14,79
35	6,80	14,50	19,46	16,00
40	7,27	15,50	20,81	17,08
45	7,71	16,45	22,07	18,11
50	8,13	17,32	23,26	19,09
55	8,53	18,17	24,40	20,02
60	8,91	18,96	25,48	20,91
65	9,27	19,75	26,52	21,77
70	9,62	20,50	27,53	22,59
75	9,96	21,22	28,49	23,38
80	10,28	21,91	29,43	24,15
85	10,60	22,59	30,33	24,89
90	10,91	23,24	31,21	25,61
95	11,21	23,88	32,07	26,32
100	11,50	24,50	32,90	27,00
105	11,78	25,10	33,71	27,67
110	12,06	25,70	34,50	28,32
115	12,33	26,27	35,28	28,95
120	12,60	26,84	36,04	29,58

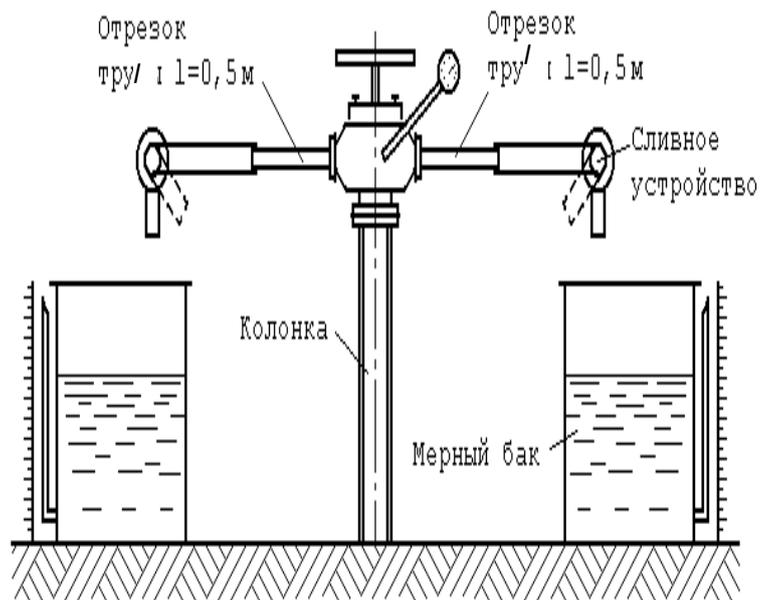


Рис. 17.5. Тарировка пожарной колонки (первый способ)

Противопожарное водоснабжение

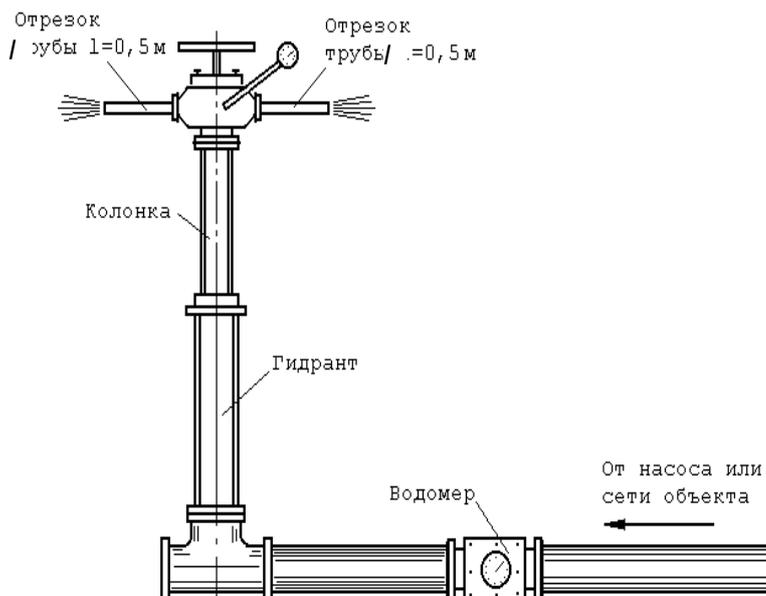


Рис. 6. Тарировка пожарной колонки (второй способ)

Испытание на водоотдачу водопроводов низкого давления.

1. Выбирают участок водопроводной сети для испытания на водоотдачу (рис.7).

2. Устанавливают два пожарных автонасоса на соседние гидранты испытываемого участка водопроводной сети. Чтобы исключить образование вакуума при откачке воды, автонасосы должны соединяться с гидрантами мягкими всасывающими рукавами.

Для более точного определения расхода воды целесообразно применять рукавные линии диаметром не менее 66 мм со стволами, имеющими насадки диаметром не менее 19 мм.

3. От каждого автонасоса прокладывают рукавные линии по схемам, показанным на рис. 4. К рукавам присоединяют стволы-водомеры, а при их отсутствии - обычные стволы. В последнем случае расход должен измеряться по одному из способов, представленных выше.

4. По показаниям мановакуумметров записывают в протоколы испытаний величины первоначального давления в водопроводной сети.

5. Включают в работу один из насосов. Создают максимальный режим работы насоса (максимальное число оборотов), который должен поддерживаться в течение 2 мин.

6. При выходе насоса на максимальный режим работы в протоколе фиксируют время начала испытаний, а по истечении 2 мин заносят в протокол показания мановакуумметра на всасывающей линии и показания манометров, установленных на стволах-водомерах или трубках Пито, или показания манометра пожарного насоса в зависимости от выбранного способа измерения расхода воды.

7. В том случае, если мановакуумметр показывает избыточный напор около 3 м (не менее), испытание водопроводной сети прекращают.

Противопожарное водоснабжение

Величина избыточного напора, равная 3 м, достаточна для надежной работы насоса. При меньшей величине избыточного напора происходит срыв работы насоса. Это свидетельствует о том, что отбор воды из сети невозможен.

8. При избыточном напоре во всасывающей полости насоса, большем чем 3 м, включается второй насос. При этом для того чтобы не произошел срыв работы насосов, необходимо снизить до минимума обороты первого насоса.

9. После включения в работу обоих насосов постепенно увеличивают их обороты до тех пор, когда избыточный напор во всасывающей полости насосов не достигнет 3 м.

10. По истечении 2 мин одновременной работы насосов записывают в протокол испытаний показания всех мановакуумметров и манометров обоих насосов (см. п. 6).

11. В том случае, когда при максимальном режиме работы двух насосов величина избыточного напора во всасывающей полости окажется более 3 м, необходимо включить в работу третий насос, предварительно снизив обороты первого и второго до минимальных. В дальнейшем испытания проводят при одновременной работе трех насосов в том же порядке, как показано в пп. 8, 9, 10.

Необходимое количество одновременно работающих насосов во время испытания водопроводной сети на водоотдачу определяется из условия, что во всасывающей полости каждого насоса при отборе воды избыточный напор по показаниям мановакуумметров был равен 3 м.

12. Для определения количества воды, которое можно отобрать от каждого из гидрантов, поочередно выключают из работы пожарные насосы, начиная с первого, и измеряют расход воды после истечения 2-минутного максимального режима работы остальных насосов. Результаты измерений записывают в протокол испытаний.

13. После проведения испытаний составляют сводный протокол.

Примерная форма протокола записи наблюдений и сводного протокола результатов испытаний следующая.

Противопожарное водоснабжение

Протокол № ____

Записи наблюдений у гидранта № _____ Автонасос _____

Улица (цех завода) _____

Дата испытаний _____

Диаметр насадка _____

Проводимость ствола _____

Число стволов _____

Время (испытания проводятся в час максимального водопотребления)	Давление, м (показание мановакуумметра)		Показания манометра на стволеводомере или трубке Пито, или на насосе H_m , м	Одновременно работали гидранты	Давление после опыта, м
	до опыта	на всасывающей линии			

Измерения произвел _____

Протокол № ____

записи суммарных расходов по результатам испытаний на водоотдачу водопроводов низкого давления

№ п/п	Подача автонасоса № 1, л/с	Подача автонасоса № 2, л/с	Подача автонасоса № 3, л/с	Суммарный расход, л/с

Измерение произвел _____

Противопожарное водоснабжение

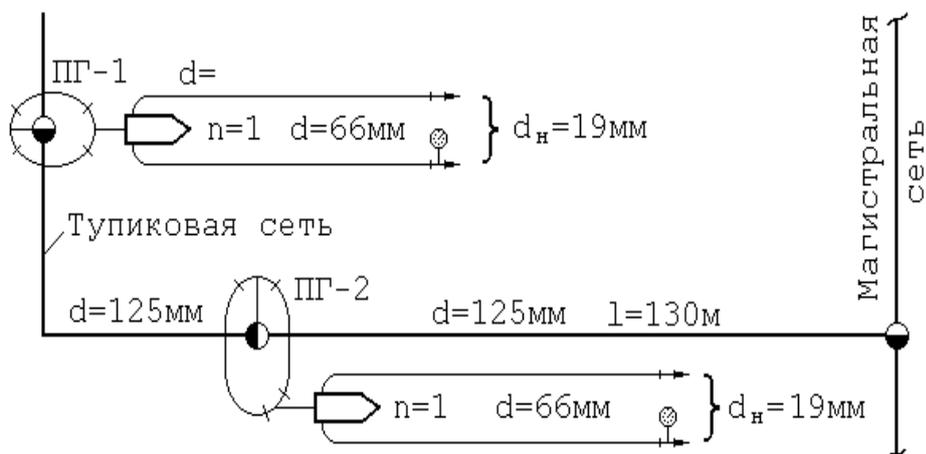


Рис. 7. Схема испытания водопроводной сети на водоотдачу

Испытание на водоотдачу водопроводов высокого давления.

Испытание водопроводов высокого давления может проводиться двумя способами:

- при подаче рукавных линий со стволами на конек самого высокого здания;
- при прокладке рукавных линий со стволами по поверхности земли. Место и время проведения испытаний определяются, как показано выше.

Первый способ.

1. По нормам определяют величину расхода воды для целей пожаротушения.

2. Определяют количество пожарных струй, которое нужно подать от гидрантов по следующей формуле:

$$n_c = \frac{Q_{\text{пож}}}{q_1}, \quad (24)$$

где $Q_{\text{пож}}$ - расход воды для целей пожаротушения, $\text{м}^3/\text{с}$; q_1 - производительность одной пожарной струи, $\text{м}^3/\text{с}$.

Производительность струи должна быть не менее $5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, поэтому в формуле (11) необходимо принять $q_1 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$.

3. Определяют количество работающих гидрантов из условия, что от каждого из них прокладываются по две рукавные линии:

$$n_1 = \frac{n_c}{2}, \quad (25)$$

где n_1 - количество работающих гидрантов.

4. На гидранты устанавливают пожарные колонки и от них прокладывают рукавные линии длиной 120 м из непрорезиненных рукавов диаметром не менее 66 мм со стволами, имеющими насадки диаметром 19 мм на конек самого высокого здания.

5. Включают в работу расчетное количество гидрантов и измеряют расход воды из стволов одним из способов, указанных ранее.

Противопожарное водоснабжение

Расход воды может быть определен по показаниям манометров, установленных на колонке, по формуле (26), если от гидрантов проложены по две непрорезиненные рукавные линии диаметром 66 мм со стволами, имеющими насадки 19 мм, или по формуле (27), если от гидрантов проложены по две непрорезиненные рукавные линии диаметром 77 мм со стволами, имеющими насадки 19 мм:

$$Q = 1,9\sqrt{H_k - T}, \quad (26)$$

$$Q = 2,2\sqrt{H_k - T}, \quad (27)$$

где Q -полный расход из гидранта, л/с; H_k - показания манометра колонки, м; T - высота расположения стволов, м.

Водопровод отвечает требованиям норм, если его водоотдача равна или превышает величину пожарного расхода.

Второй способ.

Подготовка и проведение испытаний осуществляются в том же порядке, который показан в пп. 1-4. В отличие от первого способа, рукавные линии прокладывают по поверхности земли.

Расход воды из ствола определяют одним из способов (см. выше) или по формулам

$$Q = 1,9\sqrt{H_k}, \quad (28)$$

$$Q = 2,2\sqrt{H_k}, \quad (29)$$

где Q -полный расход из гидранта, л/с; H_k - показания манометра, установленного на пожарной колонке, м.

Результаты проверки заносят в протокол испытаний и делают заключение о водоотдаче водопровода.

Протокол № ____

записи наблюдений при испытании на водоотдачу
водопроводов высокого давления

Улица (цех завода) _____ Дата испытаний _____

Диаметр насадка _____ Проводимость ствола _____

Число стволов _____

Время от начала до конца опыта	Показание манометра на стволе-водомере или трубке Пито H_m , или на колонке H_m , м	Расход воды, л/с, при одновременной работе из гидранта				Суммарный расход воды из гидрантов, л/с
		1	2	3	4	

Измерения произвел _____

6. Причины снижения водоотдачи и способы улучшения противопожарного водоснабжения.

Основными причинами снижения водоотдачи водопроводной сети при пожаре являются:

увеличение расхода воды в системе водопровода за счет различного рода утечек через неплотности в стыках труб, неисправности водопроводной арматуры или в результате аварии на сети;

ухудшение характеристик, развиваемых насосами, из-за их износа;

неисправности в насосной станции (неплотности во фланцевых соединениях, нарушение работы обратных клапанов, нарушение центровки осей насоса и электродвигателя, нагрев сальников и т.п.);

неисправность обводной линии или задвижки на ней на водомере;

увеличение гидравлического сопротивления стенок трубопроводов вследствие их коррозии и эрозии;

уменьшение диаметров трубопроводов за счет их зарастания, отложения осадков и солей;

подключение дополнительных (свыше проектных) водопотребителей;

отключение на ремонт или по другой причине (замерзание) кольцевых участков сети.

Способами улучшения противопожарного водоснабжения являются:

содержание в исправном состоянии всех сооружений и оборудования, для чего производится периодический осмотр всех сооружений и устройств;

проведение мероприятий по обеспечению оптимальных режимов работы водопроводных сооружений (главным образом, насосных станций);

повышение давления в водопроводной сети путем установки более мощных насосов, замены или ремонта насосов при их износе;

проведение планово-предупредительных ремонтов;

борьба с непроизводительными тратами воды (утечками) и за снижение ее расходов на собственные нужды водопровода, а также выявление и ликвидация аварий;

повышение производительности водопроводных сооружений путем интенсификации работы, изменения эксплуатационного режима их и устранения причин, ограничивающих производительность водопровода (замена отдельных участков труб или в целом водоводов и сетей на трубы большего диаметра, кольцевание тупиковых участков и др.);

работа налаженного водомерного хозяйства, что снижает непроизводительные траты воды потребителями, позволяет выявить и принять меры к ликвидации утечек воды;

проведение мероприятий по сохранению пропускной способности водоводов и сетей, уменьшение их гидравлических сопротивлений (очистки труб от отложений на стенках, нанесение на стенки труб защитных покрытий, стабилизация воды, усиление контроля за соблюдением технических требований к качеству монтажных работ) и др.;

Противопожарное водоснабжение

наблюдение за исправностью контрольно-измерительной аппаратуры и своевременный ее ремонт;

подготовка водопроводных сетей и сооружений к работе в зимних условиях;

проведение работ по механизации и автоматизации водопроводных сооружений;

осуществление контроля за работой и состоянием внутренних противопожарных водопроводов;

своевременное и высококачественное проведение обследований систем противопожарного водоснабжения с обязательным испытанием на водоотдачу.