

628.17

к30

А. А. Качалов
А. Е. Кузнецова
Н. В. Богданова

ПРОТИВОПОЖАРНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ



стройиздат

А. А. Качалов
А. Е. Кузнецова
Н. В. Богданова

ПРОТИВОПОЖАРНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ

Рекомендовано Управлением учебных заведений
МВД СССР в качестве учебного пособия для
пожарно-технических училищ



6С9.6

К 30

УДК 628.174 : 614.84

Рецензент: Харьковское пожарно-техническое училище
(преподаватели Ю. В. Буткевич, А. Ф. Мамченко)

Качалов А. А. и др.

К 30 Противопожарное водоснабжение. Учеб. пособие
для пожарно-техн. училищ. М., Стройиздат, 1975.

272 с. с ил.

Перед. загл. авт.: А. А. Качалов, А. Е. Кузнецова,
Н. В. Богданова.

Изложены основы гидростатики и гидродинамики. Рассмотрены
водопроводные системы и сооружения. Приведены расчеты наружного
водопровода промышленного объекта. Описано безводопроводное про-
тивопожарное водоснабжение.

Учебное пособие предназначено для курсантов пожарно-техниче-
ских училищ.

6С9.6

К $\frac{32003-546}{047(01)-75}$ 321-75

© Стройиздат, 1975

В нашей стране широкое строительство водопроводов началось после Великой Октябрьской социалистической революции. В дореволюционное время водопроводы были всего в 215 городах. К 1968 г. водопроводы построены более чем в 1600 городах и 2500 рабочих поселках. На основе работ А. А. Сурина и Н. Н. Генниева впервые была разработана научная методика расчета и проектирования водопроводной сети как части единого гидравлического комплекса, который представляет собой система водопровода. На основе работ В. Г. Лобачева и М. М. Андрияшева созданы теоретически обоснованные и практически удобные методы гидравлического расчета сетей.

В 1938 г. в СССР был открыт Центральный научно-исследовательский институт противопожарной обороны, сосредоточивший научно-исследовательские работы в различных областях пожарного дела, в том числе и противопожарного водоснабжения.

По пятилетнему плану развития народного хозяйства на 1971—1975 гг. предусмотрено завершить в основном обеспечение населения городов централизованным водоснабжением, построить водопроводы в 700 городах и рабочих поселках, усилить охрану водных ресурсов страны, улучшить водоснабжение крупных городов Урала и промышленных центров Украины, а также продолжить строительство групповых водопроводов в Казахстане.

С развитием водоснабжения населенных мест и промышленных предприятий улучшается и их противопожарное водоснабжение, так как при проектировании и реконструкции водопроводов учитываются не только хозяйственные, производственные, но и противопожарные нужды.

Основные противопожарные требования предусматривают получение необходимых расходов воды под требуемым напором в течение расчетного времени тушения пожаров. Выпускники пожарно-технических училищ должны хорошо знать методы, приемы и технические средства проектирования и устройства противопожарного водоснабжения и уметь применять их при экспертизе проектов, обследованиях и эксплуатации водопроводов. В задачу курса входит и изучение нормативных требований к системам наружного и внутреннего водоснабжения и испытание их на водоотдачу.

Предисловие, главы 1—5 написаны канд. техн. наук А. А. Качаловым, главы 6—10, 12, 13 — А. Е. Кузнецовой, главы 11, 14—16 — Н. В. Богдановой. Авторы будут признательны за замечания и пожелания по содержанию книги, которые они просят направлять по адресу: 103006, Москва, Каляевская ул., 23а, Стройиздат.

ГИДРАВЛИКА**ГЛАВА 1. ОСНОВЫ ГИДРОСТАТИКИ
И ГИДРОДИНАМИКИ**

Гидравликой называется наука, изучающая законы равновесия и движения жидкостей, а также разрабатывающая методы применения этих законов в различных областях производственной деятельности человеческого общества. Гидравлика делится на гидростатику и гидродинамику. Гидростатика изучает законы равновесия жидкостей, гидродинамика — законы движения жидкостей.

Знание основных законов гидравлики необходимо при разработке систем водоснабжения и канализации, гидротехники и мелиорации, гидроэнергетики и водного транспорта. Основные законы гидравлики используют и в пожарном деле при изучении условий транспортировки воды по трубам и пожарным рукавам, создании дальнобойных и распыленных водяных струй, эксплуатации пожарных насосов, водоемов и др.

§ 1. ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖИДКОСТЕЙ

Основными физическими свойствами жидкостей являются: плотность, удельный вес, вязкость и сжимаемость.

Плотность жидкости ρ — это отношение массы m к объему W :

$$\rho = m/W, \text{ кг/м}^3 \text{ (кгс}\cdot\text{сек}^2/\text{м}^4)^*, \quad (1)$$

Удельный вес γ — это физическая величина, характеризующая распределение силы тяжести G по объему W :

$$\gamma = G/W, \text{ Н/м}^3 \text{ (кгс/м}^3). \quad (2)$$

* Здесь и далее размерность приводится в системе СИ, а в скобках — в технической системе МКГСС.

Между плотностью и удельным весом существует зависимость

$$\rho = \gamma/g, \quad (3)$$

или

$$\gamma = \rho g,$$

где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ — ускорение силы тяжести.

Удельный вес и плотность жидкости зависят от температуры. Известно, что удельный вес воды имеет максимальное значение при 4°C и уменьшается при колебаниях температуры в любую сторону. Однако эти изменения удельного веса воды довольно незначительны и в практических расчетах его можно принимать постоянным.

Величины плотности ρ и удельного веса γ для некоторых жидкостей приведены в табл. 1.

ТАБЛИЦА 1

Жидкость	ρ		γ	
	кг/м ³	кгс·сек ² /м ⁴	Н/м ³	кгс/м ³
Вода	1000	102	9810	1000
Бензин	700—750	71,4—76,4	6870—73 500	700—750
Керосин	820—830	83,7—84,6	8040—8150	820—830
Нефть	851—902	86,8—92	8320—8840	850—900
Мазут	892—939	91—95,6	8720—9220	890—940
Ртуть	13 600	1390	133 400	13 600

Соотношение между единицами: $1 \text{ кгс·сек}^2/\text{м}^4 = 9,81 \text{ кг/м}^3$; $1 \text{ кгс/м}^3 = 9,81 \text{ Н/м}^3$.

Вязкостью называется свойство жидкости оказывать сопротивление относительному сдвигу своих частиц в результате внутримолекулярного движения жидкости. Оно проявляется в том, что при перемещении одних слоев жидкости по отношению к другим в ней возникают силы трения. Эти силы обуславливают то, что слой жидкости, движущийся быстрее, увлекает слой жидкости, движущийся медленнее, и наоборот.

Для пояснения сущности вязкости жидкостей рассмотрим пример движения жидкости параллельными слоями (рис. 1). Пусть скорость движения какого-либо слоя равна V , а скорость соседнего слоя больше на величину dV . Расстояние между осями этих слоев равно dy . Тогда величина dV/dy , называемая градиентом скорости,

будет характеризовать изменение скорости, приходящееся на единицу длины расстояния между слоями.

Ньютон установил, что сила трения τ , приходящаяся на единицу площади, прямо пропорциональна вязкости и градиенту скорости, т. е.

$$\tau = \mu \, dV/dy, \quad (4)$$

где μ — динамический коэффициент вязкости, количественно характеризующий вязкость жидкости.

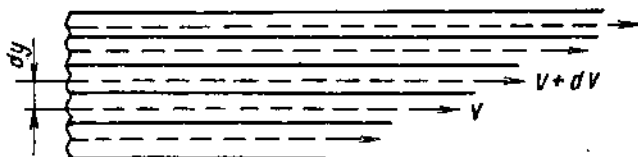


Рис. 1. Касательные напряжения при движении жидкости

В Международной системе единиц (СИ) динамический коэффициент вязкости μ выражается в Н·с/м², или Па·с, а в технической — в кгс·с/м².

В гидравлике наряду с динамическим коэффициентом вязкости часто пользуются отношением его к плотности жидкости, называемым кинематическим коэффициентом вязкости ν , м²/с;

$$\nu = \mu/\rho. \quad (5)$$

Вязкость зависит от вида жидкости и ее температуры. В табл. 2 даны значения кинематического коэффициента вязкости ν для воды при различной температуре.

ТАБЛИЦА 2

$t, ^\circ\text{C}$	$\nu, \text{см}^2/\text{с}$	$t, ^\circ\text{C}$	$\nu, \text{см}^2/\text{с}$	$t, ^\circ\text{C}$	$\nu, \text{см}^2/\text{с}$
0	0,0178	15	0,0114	40	0,0066
5	0,0152	20	0,0101	50	0,0055
10	0,0131	30	0,0081	60	0,0048

Сжимаемостью называется свойство жидкости изменять свой объем при изменении давления. Сжимае-

мость воды весьма незначительна. Так, например, чтобы уменьшить объем воды на 1%, нужно увеличить действующее на нее давление на 20 МПа (200 кгс/см²), поэтому в большинстве случаев сжимаемость воды не учитывают.

При аналитических исследованиях в гидравлике часто пользуются понятием идеальной жидкости. Это воображаемая жидкость, которой присущи: а) абсолютное несопротивление разрыву; б) абсолютная несжимаемость; в) абсолютная текучесть или полное отсутствие вязкости.

ГИДРОСТАТИКА

§ 2. ГИДРОСТАТИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ И ЕГО СВОЙСТВА

Давление в данной точке неподвижной жидкости называется гидростатическим давлением. Для пояснения этого понятия обратимся к рис. 2, на котором изображен произвольный объем покоящейся жидкости. Наметим в этом объеме произвольное сечение ВС и мысленно одну из частей, например правую, отбросим. Отброшенная часть жидкости оказывала какое-то действие на оставшуюся левую часть, поэтому для сохранения ее покоя необходимо в плоскости разреза приложить силы, заменяющие действие отброшенной части. Эти силы называются поверхностными.

Пусть из поверхностных сил на площадку ω , включающую некоторую точку А, действует сила P . В жидкости, находящейся в состоянии относительного покоя, сила P будет направлена внутрь объема перпендикулярно площадке. Разделив величину P на ω , получим

$$P_{\text{ср}} = P/\omega, \quad (6)$$

где $P_{\text{ср}}$ представляет силу, которая приходится в среднем на единицу рассматриваемой площади ω ; $P_{\text{ср}}$ называют средним гидростатическим давлением.

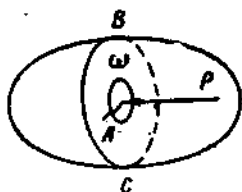


Рис. 2. Определение гидростатического давления

Если теперь представить, что в формуле (6) площадь ω стремится к нулю, то величина $P_{\text{ср}}$ будет стремиться к определенному пределу, который обозначим через p . Этот предел выражает давление в точке A . Величину

$$p = \lim_{\omega \rightarrow 0} (P/\omega) \quad (7)$$

называют гидростатическим давлением в точке. В международной системе СИ за единицу давления принят паскаль (Па):

$$\text{Па} = \text{Н}/\text{м}^2.$$

Соотношение Па с ранее применявшейся единицей давления атмосферой (ат) следующее:

$$1 \text{ Па} = 1,02 \cdot 10^{-6} \text{ ат};$$

или

$$1 \text{ ат} = 1 \text{ кгс}/\text{см}^2 = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Па} = 98,1 \text{ кПа} = 0,0981 \text{ МПа} \approx 0,1 \text{ МПа}.$$

Здесь кПа (килопаскаль) = 10^3 Па; МПа (мегапаскаль) = 10^6 Па.

Давление в точке обладает двумя основными свойствами.

Первое свойство. Гидростатическое давление в точке действует нормально к площадке действия и является сжимающим, т. е. направлено внутрь объема жидкости. Для определения справедливости первого свойства используем метод доказательства от противного.

Предположим, что в точке A сила P будет направлена внутрь объема, но не перпендикулярно площадке. В этом случае силу P можно было бы разложить на две составляющие: одну, направленную по внутренней нормали, и другую — по касательной к площадке действия. Из-за неспособности жидкости, находящейся в покое, сопротивляться сдвигу, сила в плоскости может нарушить относительный покой. Точно так же нарушится покой, если сила P окажется направленной по внешней нормали, что вызовет разрыв жидкости.

Второе свойство. Гидростатическое давление в точке не зависит от ориентировки площадки действия и имеет по всем направлениям одинаковую величину. Выделим около точки O в жидкости, находящейся в равновесии, элементарный прямоугольный тетраэдр с бесконечно малыми сторонами dx , dy , dz и объемом dW (рис. 3). Отбросим мысленно всю окружающую тетраэдр массу

жидкости, а для сохранения прежнего покоя приложим к каждой грани соответствующие поверхностные силы P_x , P_y , P_z и P_n , где P_n — сила давления на наклонную грань.

Напишем уравнения равновесия сил, действующих на выделенный объем, относительно осей x , y и z :

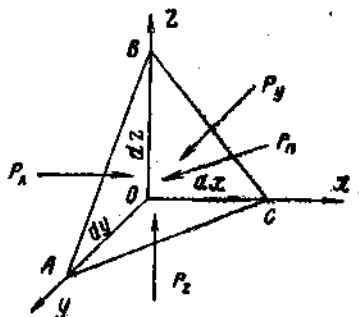


Рис. 3. Доказательство второго свойства гидростатического давления

$$\left. \begin{aligned} P_x &= P_n \cos(n, x); \\ P_y &= P_n \cos(n, y); \\ P_z &= P_n \cos(n, z). \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

В этих формулах (n, x) , (n, y) и (n, z) — углы, которые образует нормаль P_n к наклонной грани ABC с осями координат. Учитывая, что $P_x = p_x \omega_x$; $P_y = p_y \omega_y$; $P_z = p_z \omega_z$ и $P_n = p_n \omega_n$, получим:

$$\left. \begin{aligned} p_x \omega_x &= p_n \omega_n \cos(n, x); \\ p_y \omega_y &= p_n \omega_n \cos(n, y); \\ p_z \omega_z &= p_n \omega_n \cos(n, z). \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

В уравнениях (9) $\omega_n \cos(n, x) = \omega_x$; $\omega_n \cos(n, y) = \omega_y$; $\omega_n \cos(n, z) = \omega_z$.

Произведя указанную подстановку и разделив почленно первое уравнение (9) на ω_x , второе — на ω_y и третье — на ω_z , для бесконечно малого объема жидкости будем иметь:

$$\left. \begin{aligned} p_x &= p_n; \\ p_y &= p_n; \\ p_z &= p_n. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

или

$$p_x = p_y = p_z = p_n. \quad (11)$$

Так как положение наклонной грани выбрано произвольно, то равенство (11) справедливо для всякой гра-

ни, проведенной через данную точку O , т. е. давление p_n не зависит от ориентации этой грани.

Примером, подтверждающим второе свойство гидростатического давления, может служить работа шарового распылителя, применяемого в пожарной технике. При подаче воды к распылителю из отверстий вылетают одинаковые струйки жидкости независимо от места расположения отверстий, что свидетельствует о равномерной передаче давления во всех направлениях.

§ 3. ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ ГИДРОСТАТИКИ

Рассмотрим жидкость, находящуюся в равновесии (рис. 4), и определим абсолютное (полное) давление $p_{аб}$ в точке A , расположенной на глубине h от свободной поверхности $O-O$, где давление p_0 . Вокруг точки A выделим бесконечно малую площадку площадью $d\omega$ и

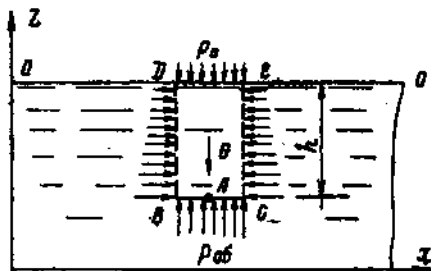


Рис. 4. Вывод основного уравнения гидростатики

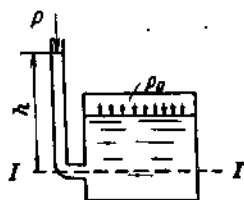


Рис. 5. Пьезометр

применим условие равновесия к объему жидкости $BDEC$ цилиндрической формы. Для этого всю жидкость, лежащую вне рассматриваемого объема, отбросим и ее действие заменим силами: давления на свободную поверхность $DE = p_0 d\omega$; давления на площадку $BC = p_{аб} d\omega$ и на боковую поверхность цилиндра. Кроме того, на объем $BDEC$ действует сила тяжести G , равная $\gamma h d\omega$. Спроектируем все силы на ось Z :

$$- p_0 d\omega - \gamma h d\omega + p_{аб} d\omega = 0. \quad (12)$$

Силы давления на боковую поверхность цилиндра в уравнение (12) не входят, так как проекция их на ось Z равна нулю (они перпендикулярны оси).

Сократив на $d\omega$, получаем:

$$-p_0 - \gamma h + p_{аб} = 0,$$

отсюда

$$p_{аб} = p_0 + \gamma h. \quad (13)$$

Это уравнение называют основным уравнением гидростатики. Из него видно, что давление внутри жидкости равно давлению на ее поверхности плюс давление от веса столба жидкости высотой h . С увеличением глубины h давление $p_{аб}$ повышается по закону прямой. Из основного уравнения гидростатики следует также, что в покоящейся жидкости всякая горизонтальная плоскость ($h = \text{const}$) является плоскостью равного давления.

Различают следующие виды давления: атмосферное, абсолютное (полное), манометрическое (избыточное) и вакуумметрическое. Атмосферное давление $p_{ат}$ зависит от высоты места над уровнем моря и от погоды. За нормальное атмосферное давление принимают давление, создаваемое столбом ртути высотой 760 мм, что соответствует приблизительно 10 м вод. ст., 98,1 кПа или 0,098 МПа. Давление $p_{аб}$, вычисленное по уравнению (13), называется абсолютным. Под манометрическим (избыточным) давлением p подразумевают разность между абсолютным давлением и атмосферным:

$$p = p_{аб} - p_{ат}. \quad (14)$$

Если на свободной поверхности давление атмосферное, то, согласно (13),

$$p = \gamma h. \quad (15)$$

Избыточное давление измеряют приборами, называемыми манометрами. Кроме манометров избыточное давление можно измерять высотой столба жидкости (рис. 5). Допустим, что давление на свободной поверхности в сосуде p_0 больше атмосферного $p_{ат}$ и требуется измерить давление на уровне $I-I$. Если на этом уровне сделать отверстие и присоединить к нему стеклянную трубку, то жидкость в этой трубке поднимается под действием давления на некоторую высоту h . По основному уравнению гидростатики для точек на уровне $I-I$ (если вести расчет со стороны трубки) определяем абсолютное давление

$$p_{аб} = p_{ат} + \gamma h,$$

отсюда

$$h = (p_{аб} - p_{ат}) / \gamma,$$

а так как

$$p_{аб} - p_{ат} = p,$$

то

$$h = p / \gamma. \quad (16)$$

Этой высотой h столба жидкости в трубке можно измерять избыточное давление. Избыточное давление в жидкости, равное 1 Па, может быть создано столбом воды высотой $1,02 \cdot 10^{-1}$ мм. Столб воды высотой 10 м создает давление в жидкости 98,1 кПа или 0,098 МПа.

Открытая трубка, показывающая давление в метрах столба жидкости, называется пьезометром, а высота, на которую поднимается жидкость в пьезометре, — пьезометрическим напором.

Если в какой-либо точке жидкости абсолютное давление меньше атмосферного, то состояние жидкости характеризуется так называемым вакуумом. Разность между атмосферным и абсолютным давлениями называется вакуумметрическим давлением $p_{вак}$:

$$p_{вак} = p_{ат} - p_{аб}. \quad (17)$$

Вакуумметрическое давление измеряют вакуумметрами.

§ 4. ЭПЮРЫ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ

Формулы (13) и (15) можно изобразить графически. Графическое изображение закона распределения гидростатического давления по какой-либо площадке, погру-

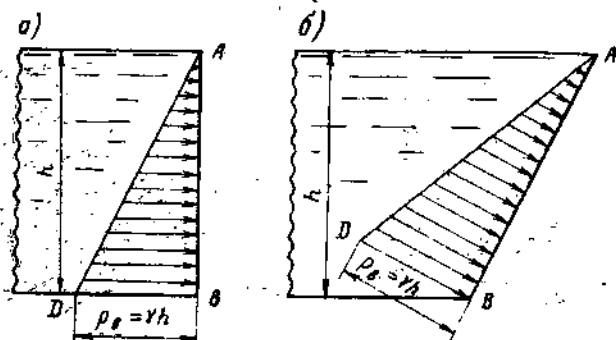


Рис. 6. Эпюры избыточного гидростатического давления
а — на вертикальную плоскость; б — на наклонную плоскость

женной в жидкость, называется эпюрой гидростатического давления. При построении эпюры следует руководствоваться основным уравнением гидростатики и свойствами гидростатического давления.

Так как формула (15) представляет собой уравнение прямой линии, то для построения эпюры давления на плоскую стенку достаточно восстановить в конечных точках перпендикулярные отрезки γh , равные давлению жидкости в этих точках, и соединить их прямой. Примеры построения эпюр избыточного давления на вертикальную и наклонную стенки показаны на рис. 6. Из рисунка следует, что избыточное давление в точках A равно нулю; так как $h_A = 0$, давление в наиболее заглубленных точках B достигает максимальной величины и составляет $p_B = \gamma h$.

При построении эпюры абсолютного гидростатического давления по (13) необходимо дополнительно учитывать атмосферное давление над свободной поверхностью, которое будет оказывать одинаковое воздействие во всех точках по всей глубине жидкости (рис. 7).

Из сказанного следует, что для плоских стенок эпюру избыточного давления изображают в виде треугольника ABD (рис. 6), а эпюру абсолютного (полного) гидростатического давления (рис. 7) в виде трапеции $ABCD$. Эпюру гидростатического давления на горизонтальное дно водоема, резервуара изображают прямоугольником, так как высота столба жидкости постоянна для всех точек.

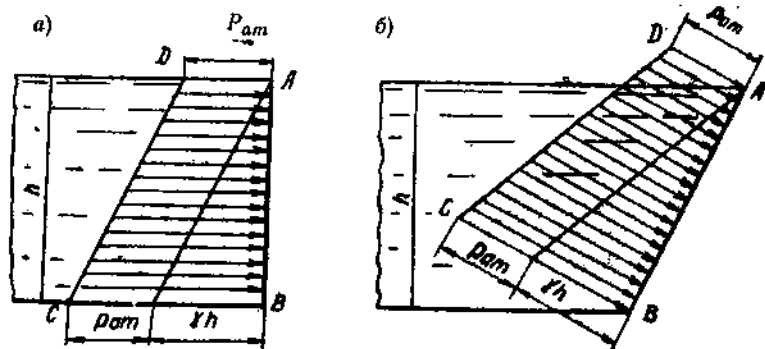


Рис. 7. Эпюры абсолютного гидростатического давления

а — на вертикальную плоскость; б — на наклонную плоскость

§ 5. СУММАРНОЕ ДАВЛЕНИЕ ЖИДКОСТИ

Равнодействующая элементарных сил гидростатического давления, действующих на какую-либо стенку (фигуру), называется силой давления или суммарным давлением.

Возьмем плоскую прямоугольную стенку $ABCD$ шириной b , наклоненную к горизонту под углом α (рис. 8). Рассмотрим только избыточное давление на эту стенку; поверхностное давление учитывать не будем, так как оно, действуя через жидкость на стенку слева, полностью уравновешивается атмосферным давлением, действующим на стенку справа.

Выделим на стенке $ABCD$ горизонтальную полоску высотой dl и шириной b . Ввиду малой высоты выделенного элемента гидростатическое давление во всех его точках можно считать одинаковым и равным $\gamma h'$. Элементарная сила избыточного давления на полоску будет равна:

$$dP = \gamma h' b dl, \quad (18)$$

где $\gamma h' dl$ представляет собой элемент площади эпюры гидростатического давления $d\omega$. Вся эпюра давления на проекцию стенки изображена треугольником ABE площадью ω . Площадь стенки можно рассматривать как состоящую из элементарных площадок, на каждую из которых передается со стороны жидкости давление, определяемое по формуле (18), которое непрерывно

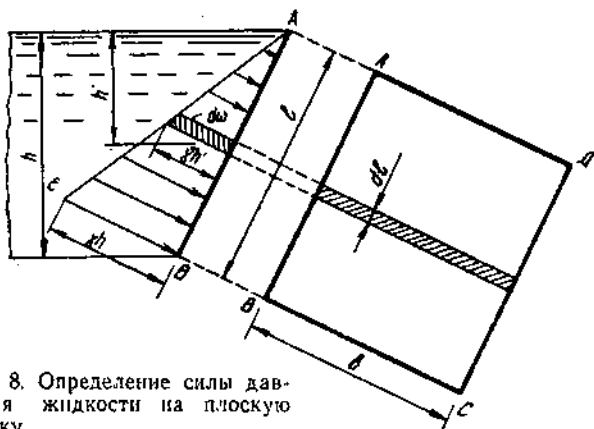


Рис. 8. Определение силы давления жидкости на плоскую стенку

изменяется по мере изменения глубины h , но всегда направлено перпендикулярно плоскости стенки.

Суммарное давление на всю стенку $ABCD$ будет равно сумме параллельных, непрерывно изменяющихся сил, т. е. интегралу уравнения (18) в пределах всей площади эпюры давления:

$$P = \int_{\omega} \gamma h' b dl = b \int_{\omega} d\omega = b\omega,$$

где ω — площадь эпюры гидростатического давления.

Таким образом, силу давления на плоскую прямоугольную стенку определяют произведением площади эпюры гидростатического давления на ширину стенки, т. е.

$$P = b\omega. \quad (19)$$

Суммарное давление на плоскую стенку может быть также представлено массой жидкости, заключенной в объеме призмы, имеющей основанием эпюру гидростатического давления ABC , а высотой — ширину стенки b .

Отметим, что сила гидростатического давления как равнодействующая элементарных сил должна проходить через центр тяжести (ц. т.) эпюры давления и быть направлена нормально к рассматриваемой поверхности. Точку приложения равнодействующей элементарных сил давления называют центром давления (ц. д.).

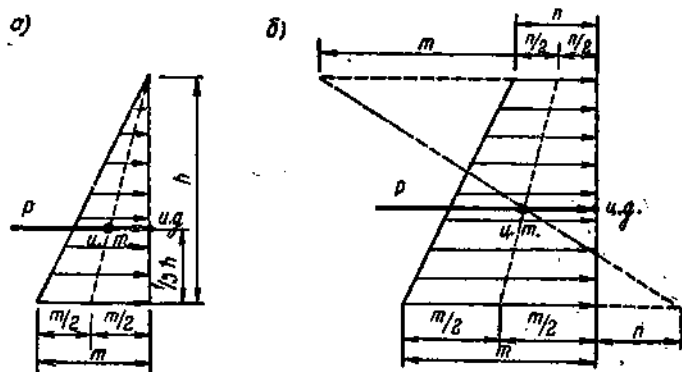


Рис. 9. Центр давления (ц. д.)

а — треугольной фигуры; б — трапециевидной фигуры

Известно, что центр тяжести треугольной фигуры (рис. 9, а) лежит на расстоянии $1/3 h$ от основания; если же эпюра давления изображена трапецией, то ее центр тяжести находится на пересечении медианы с линией, соединяющей продолжения оснований (рис. 9, б).

§ 6. ПРОСТЕЙШИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

На способности жидкости передавать изменение внешнего давления во все точки занятого ею пространства основан принцип действия гидравлических машин. Простейшие гидравлические машины превращают потенциальную энергию гидростатического давления в механическую работу. Основным элементом таких машин является силовой цилиндр (рис. 10). Если давление жидкости в силовом цилиндре равно p , то сила давления P жидкости на поршень будет равна $p\omega$, где ω — площадь



Рис. 10. Силовой цилиндр

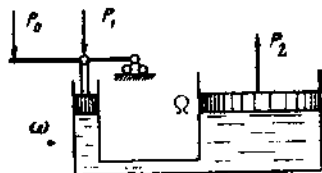


Рис. 11. Схема гидравлического пресса

поршня. Эта сила может быть использована для создания полезной работы. Силовые цилиндры являются основной частью гидравлических прессов, подъемников, гидроприводов. В пожарной технике силовые цилиндры находят применение в механизмах автомеханических лестниц.

На рис. 11 показана схема гидравлического пресса, который состоит из двух сообщающихся между собой силовых цилиндров различного диаметра. Если на поршень малого цилиндра давить с силой P_1 , то силу давления на другой поршень P_2 определяют из условия равенства давлений p в обоих цилиндрах:

$$p = P_1/\omega = P_2/\Omega; \quad (20)$$

отсюда

$$P_2 = p\Omega.$$

Отношение площади Ω большего поршня к площади ω меньшего называется передаточным числом. Если

поршней, как обычно, имеют круглую форму, то передаточное число n определяют по формуле

$$n = \Omega/\omega = (D/d)^2,$$

где D и d — диаметры большего и меньшего поршней.

На практике сила F , передаваемая, например, подьемному механизму, вследствие трения в поршнях и рычаге меньше P_2 . Это учитывают введением коэффициента полезного действия η , равным 0,85. Следовательно, расчетная формула силы давления гидравлического пресса примет вид

$$F = \eta P \Omega = \eta P_1 (D/d)^2. \quad (21)$$

ГИДРОДИНАМИКА

В гидродинамике рассматривают виды и формы движений жидкости, а также изучают силы, которые имеют место при движении.

§ 7. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Движение жидкости может быть разделено на два основных вида: установившееся и неуставившееся. Движение называется установившимся, если скорости частиц жидкости в каждой точке пространства не меняются со временем. Примером установившегося движения может служить истечение жидкости из отверстия в стенке резервуара при постоянном напоре. При неуставившемся движении скорости частиц в каждой точке пространства изменяются с течением времени. Неуставившееся движение наблюдается, например, при опорожнении резервуара, когда напор все время уменьшается.

В последующих разделах рассматриваются вопросы, относящиеся в основном к установившемуся движению (исключение составляет явление гидравлического удара в трубопроводах).

Для облегчения изучения законов движения жидкости следует рассмотреть различные модели действительного движения, которые в той или иной мере правильно изображают действительный процесс. Удобной моделью является струйчатая, в соответствии с которой поток жидкости представляется как совокупность отдельных элементарных струек малого поперечного сечения; скорость

течения жидкости в поперечном сечении элементарной струйки можно считать одинаковой для всех точек этого сечения. Основной особенностью потока по сравнению со струйкой является неравномерность распределения скоростей по поперечному сечению. Это происходит вследствие того, что скорость струек жидкости, расположенных близко от ограничивающих поток поверхностей, может быть мала по сравнению со скоростями струек, движущихся в центральном ядре потока. Здесь сказывается тормозящее действие граничных поверхностей на движущуюся жидкость.

Потоки делятся на: безнапорные, ограниченные твердыми стенками, но имеющие свободную поверхность, например в канале; напорные, не имеющие свободной поверхности, например в водопроводной трубе или пожарном рукаве; гидравлические струи, т. е. потоки, ограниченные лишь жидкостной или газовой средой. Потоки характеризуются живым сечением, смоченным периметром, гидравлическим радиусом, расходом и скоростью.

Живым сечением называется плоскость в пределах потока, проведенная нормально к направлению струек. Площадь живого сечения рукавов и труб равняется:

$$\omega = \pi r^2 = \pi d^2/4 = 0,785 d^2.$$

В живом сечении следует различать смоченный периметр и гидравлический радиус. Смоченным периметром называется линия, по которой живое сечение соприкасается с ограничивающими его стенками. Смоченный периметр труб равен:

$$\chi = 2\pi r = \pi d.$$

Отношение площади живого сечения ω к смоченному периметру χ называется гидравлическим радиусом R :

$$R = \omega/\chi. \quad (22)$$

Необходимо отметить, что для круглых живых сечений гидравлический радиус R не равен геометрическому r , в этом случае

$$R = \pi r^2/(2\pi r) = r/2 = d/4.$$

Объем жидкости, протекающий через живое сечение в единицу времени, называется расходом Q . Он равен сумме расходов dQ элементарных струек, пересекающих эту площадь:

$$Q = \int_{\omega} dQ = \int_{\omega} V d\omega, \quad (23)$$

где V — скорость движения струйки;
 $d\omega$ — живое сечение струйки.

Обычно расход жидкости измеряется в м³/ч, м³/с и л/с.

Отношение расхода к площади живого сечения называется средней скоростью потока V :

$$V = Q/\omega. \quad (24)$$

Средняя скорость в сечении представляет такую абстрактную (воображаемую), одинаковую для всех точек сечения скорость, при которой через сечение проходил бы тот же расход, какой проходит при действительных скоростях, различных для разных точек сечения.

Установившееся движение жидкости разделяется на равномерное и неравномерное. При равномерном движении средняя скорость в сечении потока и его площадь не изменяются. Если хотя бы одно из этих условий не выполняется, то движение называется неравномерным. Равномерное движение имеет место при течении воды в трубе постоянного сечения при постоянном расходе.

Изменение сечения потока по длине может быть плавным и резким. Отсюда и движение потока разделяется на плавно изменяющееся и неплавно изменяющееся. В первом случае наблюдается движение, близкое параллельно-струйному, а во втором — струйки движутся непараллельно, например при движении жидкости в насосе, при ударе струи о преграду и т. д.

§ 8. УРАВНЕНИЕ НЕРАЗРЫВНОСТИ ПОТОКА

Рассмотрим установившийся поток жидкости между живыми сечениями $I-I$ и $II-II$ (рис. 12). За единицу времени через живое сечение трубы $I-I$ вытекает в рассматриваемую часть $II-II$ согласно формуле (24) объем жидкости

$$Q_1 = V_1 \omega_1.$$

Через живое сечение $II-II$ за то же время вытекает объем жидкости

$$Q_2 = V_2 \omega_2.$$

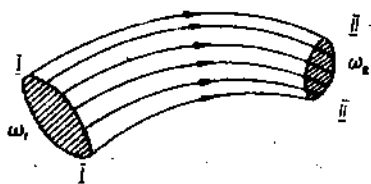


Рис. 12. Схема потока жидкости

Поскольку форма трубы между сечениями неизменна, а жидкость несжимаема, то объем вытекающей жидкости Q_1 должен равняться объему вытекающей жидкости Q_2 . Поэтому можно написать:

$$V_1 \omega_1 = V_2 \omega_2. \quad (25)$$

Это уравнение называется уравнением неразрывности.

Из уравнения (25) находим

$$V_1/V_2 = \omega_2/\omega_1,$$

т. е. средние скорости обратно пропорциональны площадям соответствующих живых сечений.

§ 9. ЛАМИНАРНЫЙ И ТУРБУЛЕНТНЫЙ РЕЖИМЫ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ

Рядом исследователей (Хагеном в 1839 и 1854 гг., Д. И. Менделеевым в 1880 г.) было замечено, что существуют два принципиально разных режима движения жидкости, которые отличаются различными зависимостями сил трения от скорости движения. Физическая сущность режимов движения жидкости была наиболее полно исследована в 1883 г. английским физиком Рейнольдсом.

Опытная установка Рейнольдса, представленная на рис. 13, состоит из сосуда с водой, от которого отходит стеклянная труба с краном, и сосуда с водным раствором краски, которая по трубочке вводится тонкой струйкой внутрь стеклянной трубы. При открывании или закрывании крана в трубе происходит изменение величины расхода Q жидкости и средней скорости V .

В результате таких опытов было установлено следующее:

1. При скоростях V в трубе, меньших некоторой критической скорости $V_{кр}$, струйка окрашенной жидкости не перемешивается с водой и отчетливо видна по всей длине стеклянной трубы, что указывает на слоистый характер течения жидкости и на отсутствие перемешивания слоев (рис. 13, б). Это движение жидкости называется ламинарным.

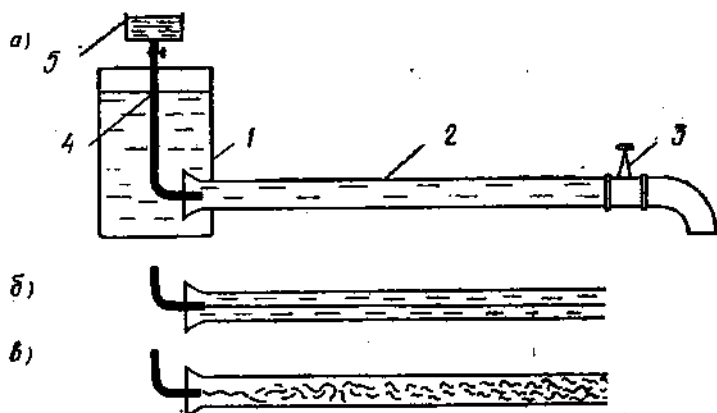


Рис. 13. Установка для демонстрации режимов движения жидкости
a — схема установки; *б* — ламинарный режим движения воды; *в* — турбулентный режим движения воды; *1* — сосуд с водой; *2* — стеклянная труба; *3* — кран; *4* — трубка; *5* — сосуд с водным раствором краски

2. При скоростях V в трубе, больших $V_{кр}$, окрашенная струйка сначала принимает волновую форму, а затем перемешивается со всей массой потока. При этом оказываются заметными вихреобразования и вращение потока (рис. 13, *в*). Движение жидкости, при котором происходит перемешивание частиц потока, называют турбулентным.

Рейнольдсом было установлено, что критерием режима течения жидкости является безразмерная величина, представляющая собой отношение произведения средней скорости потока V и диаметра трубы d к кинематической вязкости жидкости ν . Этот критерий режима течения жидкости называется числом Рейнольдса:

$$Re = Vd/\nu. \quad (26)$$

Экспериментально установлено, что критическое число Рейнольдса, при котором происходит смена режима движения, приблизительно равно $Re_{кр} = 2300$. Условия существования того или другого режима движения жидкости можно сформулировать таким образом:

- если $Re < Re_{кр}$, то это ламинарный режим;
- если $Re > Re_{кр}$, то это турбулентный режим.

Опыты показывают, что одновременно с переходом ламинарного течения в турбулентное изменяется харак-

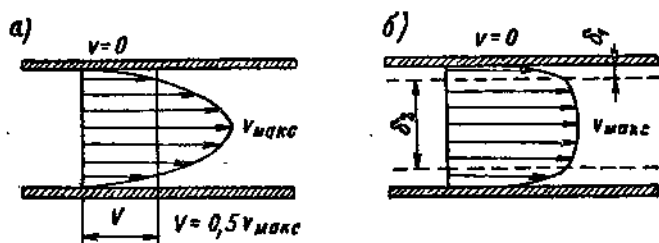


Рис. 14. Эпюры скоростей потока жидкости в трубе

a — при ламинарном движении; *b* — при турбулентном движении; δ_1 — ламинарный слой; δ_2 — турбулентное ядро

тер распределения скоростей по живому сечению потока. При ламинарном течении распределение скоростей по сечению трубы имеет параболический характер: скорости непосредственно на стенках равны нулю, а при удалении от стенок непрерывно и плавно возрастают, достигая максимума по оси трубы (рис. 14, *a*). Средняя скорость V в ламинарном потоке в круглой трубе равна половине максимальной скорости $v_{\text{макс}}$, т. е.

$$V = Q/\omega = 0,5 v_{\text{макс}}.$$

При турбулентном течении вследствие процесса перемешивания слоев жидкости в центре потока происходит определенное выравнивание скоростей. Чем большей степенью турбулентности характеризуется движение, тем более выровненной должна быть эпюра скоростей. В прилегающем к стенке слое турбулентное перемешивание ограничивается наличием твердых границ, поэтому там имеет место ламинарное течение и наблюдается значительное изменение скорости (рис. 14, *b*). В системах противопожарного водоснабжения условия движения обычно таковы, что числа Re значительно больше упомянутого критического значения.

§ 10. УРАВНЕНИЕ БЕРНУЛЛИ

Рассмотрим виды энергии, которой обладает поток жидкости.

Удельная энергия — это энергия, приходящаяся на единицу силы тяжести. Обозначая энергию буквой E , силу тяжести G , для удельной энергии e получаем:

$$e = E/G.$$

Энергию жидкости делят на энергию положения, энергию давления и кинетическую энергию.

Рис. 15. Измерение потенциальной энергии покоящейся жидкости

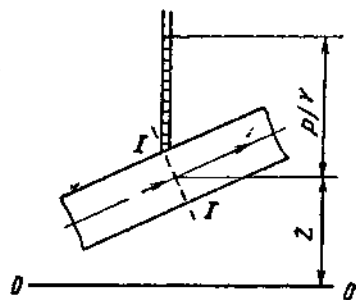
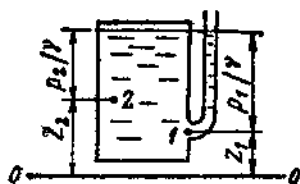


Рис. 16. Измерение потенциальной энергии движущейся жидкости

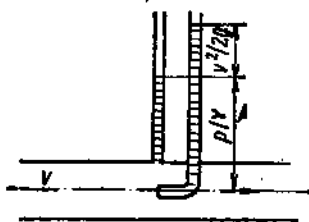


Рис. 17. Измерение кинетической энергии

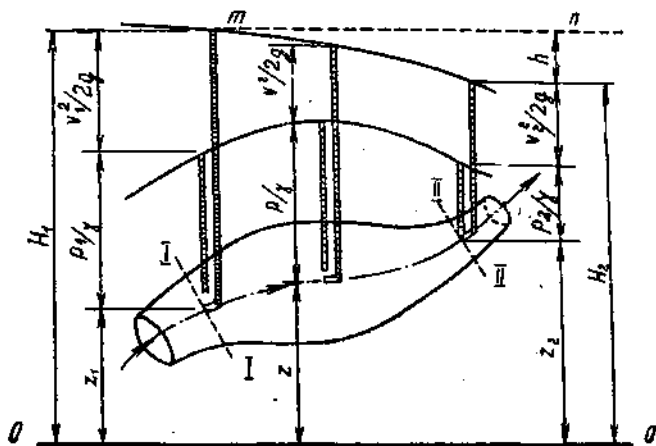


Рис. 18. Иллюстрация уравнения Бернулли

Удельная энергия положения. Возьмем сосуд с жидкостью и определим энергию положения жидкой частицы в точке I с координатой z_1 (рис. 15). Если сила тяжести частицы равна G , то ее энергия положения над плоскостью $O—O$ будет $E_{\text{пол}} = Gz$, а удельная энергия положения

$$e_{\text{пол}} = E_{\text{пол}}/G = Gz_1/G = z_1. \quad (27)$$

Следовательно, удельная энергия положения численно равна геометрической высоте точки над плоскостью отсчета.

Удельная энергия давления. Частица жидкости в точке I (см. рис. 15) находится под давлением окружающей жидкости. Если от уровня этой точки вывести пьезометр, то частица может в нем подняться, согласно формуле (16), на высоту $h_1 = p_1/\gamma$. Следовательно, энергия давления

$$E_{\text{давл}} = Gp_1/\gamma,$$

а удельная энергия давления

$$e_{\text{давл}} = E_{\text{давл}}/G = Gp_1/(G\gamma) = p_1/\gamma. \quad (28)$$

Сумма удельной энергии положения и удельной энергии давления, т. е.

$$z_1 + p_1/\gamma,$$

называется удельной потенциальной энергией.

Из рис. 15 нетрудно установить, что для любой частицы жидкости удельная потенциальная энергия численно равна расстоянию от плоскости отсчета $O—O$ до уровня жидкости в пьезометре. Иначе говоря, в одном и том же объеме однородной покоящейся жидкости сумма величин $z + p/\gamma$ для всех частиц жидкости одна и та же:

$$z_1 + p_1/\gamma = z_2 + p_2/\gamma = \text{const}. \quad (29)$$

В напорном потоке реальной (вязкой) жидкости удельная потенциальная энергия будет одинакова только для точек, расположенных в каком-либо живом сечении. Например, для точек, расположенных в сечении $I—I$ (рис. 16), она равна расстоянию от плоскости отсчета $O—O$ до уровня жидкости в пьезометрах. При перемещении жидкости вследствие влияния сил трения будет происходить изменение потенциальной энергии.

Удельная кинетическая энергия. Подсчитаем величину удельной кинетической энергии жидкой частицы массы m . Кинетическая энергия, как известно из механики, выражается формулой $E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2}$, где v — скорость час-

тицы. Тогда удельная кинетическая энергия

$$e_{\text{кин}} = E_{\text{кин}}/G = mv^2/(2G).$$

Так как $G = mg$, получаем

$$e_{\text{кин}} = v^2/(2g). \quad (30)$$

Величину $v^2/(2g)$ можно измерить, если поместить в движущуюся жидкость (рис. 17) трубку, изогнутую в направлении, противоположном движению. Тогда уровень жидкости в трубке поднимется выше уровня в пьезометре на $v^2/(2g)$, так как движущаяся жидкость будет оказывать дополнительное давление, равное давлению столба жидкости высотой $v^2/(2g)$. Такая трубка называется скоростной трубкой, или трубкой Пито (1695—1771 гг.), предложившего ее для измерения скорости движения жидкости.

Рассмотрим движение жидкости (рис. 18) от живого сечения I—I к живому сечению II—II, причем движение в сечениях плавно изменяющееся. Пусть удельная потенциальная энергия жидкости в первом сечении равна $z_1 + p_1/\gamma$, а во втором — $z_2 + p_2/\gamma$. Обозначим среднюю скорость в первом сечении V_1 , а во втором V_2 . Тогда удельная кинетическая энергия в сечениях будет равна соответственно $V_1^2/(2g)$ и $V_2^2/(2g)$.

Подсчитаем полную удельную энергию жидкости в сечении I—I. Для этого к удельной потенциальной энергии $z_1 + p_1/\gamma$ надо прибавить удельную кинетическую $V_1^2/(2g)$, получим

$$z_1 + p_1/\gamma + V_1^2/(2g). \quad (31)$$

Аналогично в сечении II—II полная удельная энергия равна:

$$z_2 + p_2/\gamma + V_2^2/(2g). \quad (32)$$

Трехчлен (31) больше трехчлена (32), так как на пути от первого сечения ко второму часть энергии расходуется на преодоление сопротивлений. Эта часть удельной энергии называется потерей напора h . Тогда на основании закона о сохранении энергии можно написать

$$z_1 + p_1/\gamma + V_1^2/2g = z_2 + p_2/\gamma + V_2^2/(2g) + h. \quad (33)$$

Уравнение (33) получено Бернулли в 1738 г. и является одним из основных уравнений гидравлики.

Физический смысл уравнения Бернулли, как следует из доказательства, в том, что оно выражает собой закон сохранения энергии и показывает зависимость между положением, давлением и скоростью движения жидкости.

Все члены уравнения (33) имеют размерность длины, поэтому его можно изобразить графически (рис. 18). Отложив вверх от плоскости отсчета $O-O$ для всех живых сечений удельную потенциальную энергию $z+p/\gamma$, получим пьезометрическую линию. Отложив вверх от пьезометрической линии для всех сечений скоростной напор $V^2/(2g)$, получим линию энергии или линию гидродинамического напора. Эти линии будут кривыми, причем линия гидродинамического напора может только опускаться, так как энергия в направлении движения уменьшается.

Из уравнения Бернулли следует, что с изменением живого сечения потока изменяется скоростной напор $V^2/(2g)$, что в свою очередь ведет к изменению пьезометрического напора p/γ . В отдельных случаях возможен полный переход одного вида энергии (напора) в другой. Например, при истечении жидкости из отверстий и насадков происходит преобразование пьезометрического напора в скоростной.

Проведя горизонтальную прямую mn на расстоянии H_1 (величина гидродинамического напора в сечении $I-I$) от плоскости $O-O$, получим для сечения $II-II$ между линией mn и линией энергии вертикальный отрезок h , который представляет собой потерю напора на пути $I-2$, равную $h = H_1 - H_2$ (H_2 — гидродинамический напор в сечении $II-II$). Потеря напора h на участке длиной l , отнесенной к длине этого участка, называется гидравлическим уклоном (потери напора на единицу длины) и обозначается буквой i :

$$i = h/l. \quad (34)$$

Экспериментальное определение потерь напора можно осуществить следующим образом.

Из уравнения (33) для плавно изменяющегося движения имеем:

$$h = z_1 - z_2 + (p_1 - p_2)/\gamma + (V_1^2 - V_2^2)/(2g). \quad (35)$$

Таким образом, для определения h достаточно измерить разности высот ($z_1 - z_2$), показаний пьезометров $(p_1 - p_2)/\gamma$ и скоростных напоров $(V_1^2 - V_2^2)/(2g)$. Еще проще определяют h , если изучают равномерный поток

в горизонтальной трубе ($\omega = \text{const}$, $V = \text{const}$ и $z = \text{const}$).

В этом случае

$$h = (p_1 - p_2) / \gamma = \Delta p / \gamma, \quad (36)$$

т. е. потери напора определяются как разность показаний пьезометров в начале и в конце изучаемого участка.

§ 11. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ УРАВНЕНИЯ БЕРНУЛЛИ

Рассмотрим некоторые примеры использования в технике взаимозависимости между скоростью и давлением в движущейся несжимаемой жидкости, которая была установлена как следствие из уравнения Бернулли.

1. Водомер Вентури, предложенный в качестве прибора для измерения расхода жидкости в 1887 г., отличается простотой и надежностью в эксплуатации, вследствие чего получил большое распространение. Водомер Вентури (рис. 19) состоит из трубы, имеющей сужение, благодаря которому скорость потока на коротком участке резко возрастает. Возрастание скорости по закону Бернулли приводит к уменьшению давления. Измеряя разность давлений перед сужением и в самом сужении, можно определить скорости потока, а по скоростям — и расходы. Разность давлений в сечениях обычно измеряется с помощью дифференциального манометра.

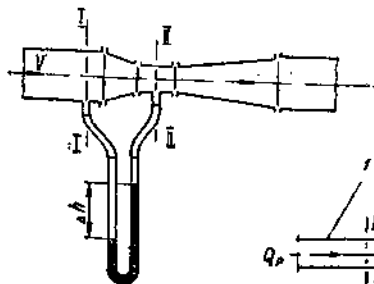
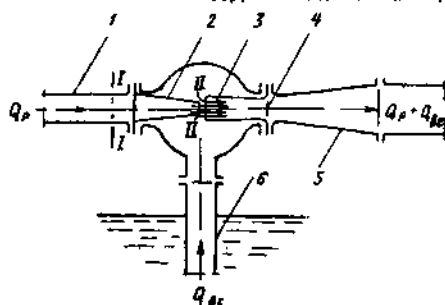


Рис. 19. Водомер Вентури

Рис. 20. Водоструйный насос

1 — трубопровод; 2 — сопло; 3 — смесительная камера; 4 — горловина; 5 — диффузор; 6 — всасывающая труба



Составляя уравнение Бернулли для сечений I—I и II—II горизонтально расположенного водомера (пренебрегая из-за малости потерями напора), получим

$$\rho_1/\gamma + V_1^2/(2g) = \rho_2/\gamma + V_2^2/(2g).$$

Выразим разность пьезометрических напоров в сечениях через разность высот столбиков жидкости в коленях дифференциального манометра Δh . Тогда из написанного уравнения получим:

$$\Delta h = \rho_1/\gamma - \rho_2/\gamma = V_2^2/(2g) - V_1^2/(2g). \quad (37)$$

Выразим теперь скорость V_1 через V_2 . Из уравнения неразрывности (25) имеем

$$V_1 = V_2 \omega_2/\omega_1.$$

Подставив это значение в (37) и решив его относительно V_2 , получим

$$V_2 = \sqrt{2g \Delta h / |1 - (\omega_2/\omega_1)^2|} = \omega_1 \sqrt{2g \Delta h / (\omega_1^2 - \omega_2^2)}.$$

Расход Q , протекающий через водомер, определяем из выражения

$$Q = V_2 \omega_2 = \omega_1 \omega_2 \sqrt{2g \Delta h / (\omega_1^2 - \omega_2^2)}. \quad (38)$$

Обозначим постоянную для данного водомера величину, не зависящую от расхода, через C :

$$C = \omega_1 \omega_2 \sqrt{2g / (\omega_1^2 - \omega_2^2)}.$$

Получим формулу

$$Q = C \sqrt{\Delta h}, \quad (39)$$

где C — постоянная водомера, установленная из опыта путем тарировки водомера.

2. Струйные аппараты (насосы) предназначены для всасывания жидкости, газа, порошка и т. д. Работа водоструйного насоса возможна только при наличии второго насоса (поршневого или центробежного), который подает рабочий расход Q_p по трубопроводу через сопло в смешительную (вакуумную) камеру (рис. 20). На выходе из сопла благодаря значительному возрастанию скорости давление в струе и камере падает ниже атмосферного. За счет созданного таким образом вакуума по всасывающей трубе забирается из водоема дополнительный расход

воды $Q_{вс}$. В смесительной трубе оба потока жидкости смешиваются и, пройдя горловину, поступают в расширяющуюся трубу (диффузор). Здесь значительная часть кинетической энергии потока в результате уменьшения скоростей переходит в потенциальную энергию давления, которая и используется для подачи суммарного расхода $Q = Q_p + Q_{вс}$ на определенную высоту. Давление, развиваемое водоструйным насосом, меньше давления, создаваемого рабочим насосом, но производительность (расход) больше. Всасываемый расход $Q_{вс}$ может быть равен рабочему расходу Q_p или превосходить его в 1,5—2 раза. При проектировании водоструйных насосов должно выполняться условие образования вакуума в смесительной камере. Для определения давления в смесительной камере составим уравнение Бернулли для сечений $I—I$ на рабочем трубопроводе и $II—II$ на выходе струи из сопла (рис. 20). Опираясь на абсолютным давлением и считая, что аппарат расположен горизонтально, получим:

$$p_{аб1}/\gamma + V_1^2/(2g) = p_{аб2}/\gamma + V_2^2/(2g),$$

откуда

$$p_{аб2}/\gamma = p_{аб1}/\gamma + V_1^2/(2g) - V_2^2/(2g).$$

Скорости V_1 и V_2 определим по формуле (24), зная требуемый рабочий расход Q_p и диаметры рабочего трубопровода d_1 и сопла d_2

$$V_1 = Q_p/\omega_1 \text{ и } V_2 = Q_p/\omega_2,$$

где $\omega_1 = 0,785d_1^2$ и $\omega_2 = 0,785d_2^2$ — площади рассматриваемых сечений.

Величину вакуума $H_{вак}$ в смесителе определяют как разность между атмосферным и абсолютным давлениями:

$$H_{вак} = p_{ат}/\gamma - p_{аб2}/\gamma = 10 - p_{аб2}/\gamma. \quad (40)$$

Эта величина с учетом потерь напора во всасывающем трубопроводе будет определять производительность водоструйного насоса.

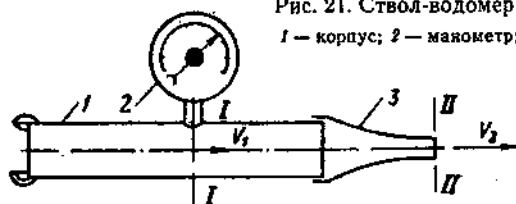
При тушении пожаров струйные аппараты применяют в качестве водоструйных насосов (эжекторов), пеносмесителей и пеногенераторов для получения воздушно-механической и химической пен и газоструйных аппаратов для всасывания воды в центробежные насосы перед их пуском. Водоструйные насосы просты по конструкции

и не требуют механического привода. В них отсутствуют трущиеся детали, уплотнения, сальниковые устройства, которые обычно быстро выходят из строя. Однако водоструйные насосы отличаются низким коэффициентом полезного действия η , составляющим около 25—30%

3. Ствол-водомер служит для измерения расхода по-

Рис. 21. Ствол-водомер

1 — корпус; 2 — манометр; 3 — насадок



даваемой через него воды (рис. 21). Принцип действия ствола-водомера основан на преобразовании потенциальной энергии в кинетическую.

Составим уравнение Бернулли для сечений I—I и II—II:

$$p_1/\gamma + V_1^2/(2g) = p_2/\gamma + V_2^2/(2g)$$

(потери напора на участке между сечениями можно не принимать в расчет).

Определим показания манометра $\frac{p_1}{\gamma}$, учитывая что избыточное давление при выходе струи в атмосферу равно нулю ($\frac{p_2}{\gamma} = 0$);

$$p_1/\gamma = H_m = V_2^2/(2g) - V_1^2/(2g).$$

В полученном выражении скоростной напор $V_1^2/(2g)$ можно не учитывать, так как он составляет очень малую величину по сравнению с другими величинами.

С учетом принятых допущений определим скорость на выходе струи из насадка V_2 :

$$V_2 = \sqrt{2g H_m}. \quad (41)$$

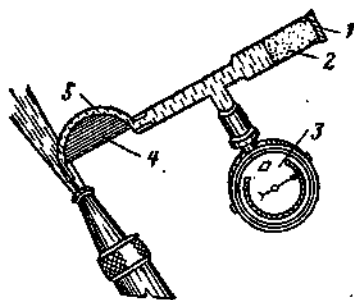
Расход Q , протекающий через ствол-водомер, определяют из выражения

$$Q = V_2 \omega_2 = \omega_2 \sqrt{2g H_m}. \quad (42)$$

4. Трубка Пито, разработанная ВНИИПО, служит для измерения расхода воды из пожарных стволов (рис. 22). Принцип действия трубки тот же, что и трубки

Рис. 22. Расположение трубки Пито в струе при измерении расхода

1 — металлическая пробка; 2 — воздух; 3 — манометр; 4 — ребро жесткости; 5 — медная трубка диаметром 2 мм



для измерения скоростного напора в трубе. Однако скоростной напор измеряют не в метрах, а в паскалях или в атмосферах. Трубку вводят в струю на расстоянии, равном примерно половине диаметра насадки, так, чтобы срез конца трубки был перпендикулярен оси струи. Поскольку избыточное давление в струе равно нулю, показания манометра трубки будут соответствовать скоростному напору

$$V_1^2/(2g) = p_2/\gamma = H_m. \quad (43)$$

Расход определяют по формуле

$$Q = V_1 \omega_{нас} = \omega_{нас} \sqrt{2g H_m}, \quad (44)$$

где V_1 — скорость струи при выходе из насадки.

ГЛАВА 2. ДВИЖЕНИЕ ВОДЫ ПО ТРУБОПРОВОДАМ И ПОЖАРНЫМ РУКАВАМ

Важнейшей задачей любого гидравлического расчета является определение потерь напора на преодоление гидравлических сопротивлений. Они складываются из двух видов:

потерь напора h_l на преодоление сопротивлений, вызываемых трением жидкости о стенку трубы и слоев жидкости друг о друга, называемых потерями по длине;

местных потерь напора h_m , возникающих в местах деформации потока при его прохождении через различ-

ные местные сопротивления (задвигка, поворот, внезапное расширение или сужение трубы и т. п.).

Общая величина потерь напора h составляет сумму всех потерь напора по длине отдельных последовательных участков трубопровода и всех местных потерь напора, т. е. равна:

$$h = \Sigma h_l + \Sigma h_m. \quad (45)$$

§ 12. ПОТЕРИ НАПОРА ПО ДЛИНЕ ТРУБОПРОВОДА

При установившемся движении жидкости потери напора зависят от физических свойств движущейся жидкости, средней скорости течения, размеров трубопровода и характера шероховатости стенок трубы. Эта зависимость может быть выражена формулой Дарси—Вейсбаха

$$h_l = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}, \quad (46)$$

где h_l — потери напора по длине трубопровода;
 λ — коэффициент гидравлического трения;
 l — длина трубы;
 d — диаметр трубы;
 V — средняя скорость движения воды;
 g — ускорение силы тяжести.

Из формулы (46) следует, что потери напора на трение по длине возрастают с увеличением средней скорости потока и длины рассматриваемого участка трубы и обратно пропорциональны диаметру трубы. Коэффициент гидравлического трения λ в формуле Дарси—Вейсбаха может зависеть от двух безразмерных параметров, представляющих собой число Re и относительную шероховатость Δ/d .

При ламинарном режиме для определения коэффициента гидравлического трения λ применяют теоретическую формулу Пуазейля—Стокса

$$\lambda = 64/Re. \quad (47)$$

Для турбулентного режима, если $Re \Delta/d < 10$; можно использовать формулу Блазиуса

$$\lambda = 0,316/Re^{0,25}, \quad (48)$$

или при $Re \Delta/d > 100$ — формулу Шифринсона

$$\lambda = 0,11 (\Delta/d)^{0,25}. \quad (49)$$

Для всех областей сопротивлений при турбулентном движении λ можно определить по формуле, предложенной Альтшулем,

$$\lambda = 0,11 (68/Re + \Delta/d)^{0,25}. \quad (50)$$

Для водопроводных чугунных и стальных труб с битумным покрытием или без него при скорости движения

ТАБЛИЦА 3

Материал и вид трубы	Состояние трубы	Δ , мм
Стальные бесшовные	Новые и чистые, тщательно уложенные	0,014
	После нескольких лет эксплуатации	0,02
Стальные сварные	Новые и чистые	0,05
	С незначительной коррозией после очистки	0,15
	Умеренно заржавевшие	0,5
	Старые заржавевшие	1
	Сильно заржавевшие или с большими отложениями	3
Оцинкованные стальные	Новые и чистые	0,15
	После нескольких лет эксплуатации	0,5
Чугунные	Новые асфальтированные	0,12
	Новые без покрытия	0,3
	Бывшие в употреблении	1
	Очень старые	до 3
Асбоцементные	Новые	0,085
Бетонные	Новые из предварительно-напряженного бетона	0,03
	Новые центробежные	0,2
	Бывшие в употреблении	0,5
	Из необработанного бетона	2

воды $V > 1,2$ м/с коэффициент λ можно определить по формуле Ф. А. Шевелева:

$$\lambda = 0,021/d^{0,3}, \quad (51)$$

где d — диаметр трубы, м.

Ориентировочные значения абсолютной шероховатости Δ для труб из разных материалов приведены в табл. 3.

§ 13. УПРОЩЕННЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕРЬ НАПОРА В ТРУБАХ И ПОЖАРНЫХ РУКАВАХ

Условия движения воды в трубах и рукавах при пропуске пожарных расходов в большинстве случаев соответствуют сопротивлениям, при которых коэффициент гидравлического трения не зависит от числа Рейнольдса и является величиной постоянной. В этом случае при пользовании формулой Дарси — Вейсбаха можно заранее подсчитать значения λ .

Так, если в формуле (46) выразить среднюю скорость через расход Q

$$h_f = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2g} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{Q^2}{\omega^2 2g}$$

и ввести обозначение

$$A = \lambda / (d \omega^2 2g), \quad (52)$$

получим

$$h_f = A l Q^2. \quad (53)$$

Следовательно, величина A характеризует потери напора на единицу длины трубы или пожарного рукава при расходе Q . Поэтому ее называют удельным сопро-

ТАБЛИЦА 4

Трубы стальные				Трубы чугунные	
ГОСТ 3262—62		ГОСТ 10704—63		ГОСТ 5525—61, класс ДА	ГОСТ 9883—61, класс А
диаметр d , мм	A (для Q), м ² /с	диаметр d , мм	A (для Q), м ² /с	A (для Q), м ² /с	
6	2 211 000 000	50	3686	11 540	—
8	211 000 000	60	2292	—	—
10	31 430 000	75	929,4	—	—
15	8 966 000	80	454,3	953,4	—
20	1 660 000	100	172,9	311,7	—
25	427 800	125	76,36	96,72	—
32	91 720	150	30,65	37,11	—
40	44 480	175	20,79	—	—
50	11 080	200	6,959	8,092	—
70	3 009	250	2,187	2,528	—
80	1 167	300	0,8466	0,9485	—
90	529,4	350	0,3731	—	0,4365
100	281,3	400	0,1859	—	0,2189
125	86,22	450	0,09928	—	0,1186
150	33,94	500	0,05784	—	0,06778

тивлением. Произведение Al называется сопротивлением и обозначается s . Тогда формула (53) получает вид

$$h_l = sQ^2. \quad (54)$$

В табл. 4 значения A даны для стальных и чугунных труб при сопротивлениях с постоянным значением λ , которые, по данным Ф. А. Шевелева, в водопроводных трубах наблюдаются при $V \geq 1,2$ м/с.

При $V < 1,2$ м/с в расчетные формулы (53) и (54) необходимо ввести поправочный коэффициент k , величина которого зависит от средней скорости движения воды в трубе. Формулы при $V < 1,2$ м/с получают вид:

$$h_l = kAlQ^2 = ksQ^2. \quad (55)$$

Значения поправочных коэффициентов для k следующие:

$V, \text{ м/с}$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,2
k	1,41	1,28	1,2	1,15	1,11	1,09	1,06	1,04	1,03	1

Значения удельного сопротивления A , например, для непрорезиненных рукавов диаметрами 51 и 66 мм равны 0,012 и 0,00385 соответственно. Для всасывающих армированных непрорезиненных рукавов величина A дана ниже

Диаметр, d мм	50	66	100	150
A	0,0204	0,00905	0,000148	0,0000195

Потери напора в напорных рукавных линиях удобнее определять через сопротивления одного стандартного рукава S ($l=20$ м), которые, по данным Н. А. Тарасова-Агалакова, приведены в табл. 5.

ТАБЛИЦА 5

Диаметр, d , мм	Сопротивление рукава, S	
	непрорезиненные	прорезиненные
51	0,24	0,13
66	0,077	0,034
77	0,03	0,015
89	—	0,00385

Потери напора в рукавной линии с использованием данных, приведенных в табл. 5, можно определить по формуле

$$h = nSQ^2, \quad (56)$$

где h — потери напора, м;
 n — число рукавов в линии;
 s — сопротивление одного рукава;
 Q — расход, л/с.

§ 14. МЕСТНЫЕ ПОТЕРИ НАПОРА

Величину напора, затраченного на преодоление местного сопротивления, определяют в зависимости от скоростного напора, соответствующего скорости за пределами местного сопротивления:

$$h_m = \zeta V^2 / (2g), \quad (57)$$

где ζ — коэффициент местного сопротивления.

Коэффициенты различных местных сопротивлений находят, как правило, опытным путем; таблицы значений этих коэффициентов содержатся в инженерных справочниках и руководствах по гидравлике. Для некоторых видов местных сопротивлений значения коэффициентов приведены в табл. 6.

Иногда местные потери напора выражают в виде эквивалентной длины l_3 , понимая под последней такую длину прямого участка трубопровода данного диаметра, на которой потери напора на трение по длине h , равны (эквивалентны) потерям напора h_m , вызываемым данным местным сопротивлением. Величина эквивалентной длины l_3 может быть установлена из равенства потерь напора по длине, определяемых по формуле Дарси—Вейсбаха (46) и местных потерь напора, учитываемых формулой (57), т. е.

$$\lambda \frac{l_3}{d} \cdot \frac{V^2}{2g} = \zeta \frac{V^2}{2g},$$

откуда находим

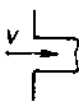



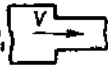
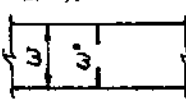
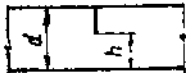
$$l_3 = \zeta d / \lambda. \quad (58)$$

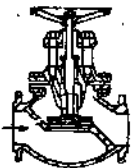
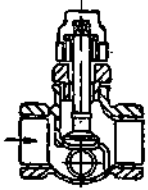
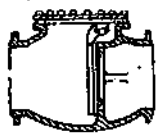
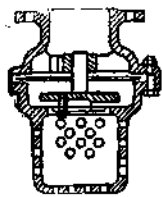
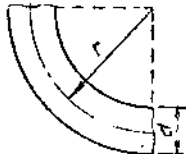
В водопроводных трубах потери напора на местные сопротивления составляют обычно 5—20% потерь напора по длине трубопровода:

в сетях наружных водопроводов пожарного назначения — 5%;

в сетях внутренних пожарных водопроводов — 10%;

в сетях внутренних пожарно-производственных водопроводов — 15%;

Местное сопротивление	Значение коэффициента ζ																						
Прямой вход 	$\zeta = 0,5$																						
Скругленный вход 	$\zeta = 0,25$																						
Выход в бак 	$\zeta = 1$																						
Внезапное расширение трубы 	$\zeta = (\omega_2/\omega_1 - 1)^2 = \left(\frac{d_2^2}{d_1^2} - 1 \right)^2$ <table border="1"> <tr> <td>ω_2/ω_1</td> <td>1,1</td> <td>1,2</td> <td>1,3</td> <td>1,4</td> <td>1,5</td> <td>1,6</td> <td>1,7</td> <td>1,8</td> <td>1,9</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>ζ</td> <td>0,01</td> <td>0,04</td> <td>0,09</td> <td>0,16</td> <td>0,25</td> <td>0,36</td> <td>0,49</td> <td>0,64</td> <td>0,81</td> <td>1</td> </tr> </table>	ω_2/ω_1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	ζ	0,01	0,04	0,09	0,16	0,25	0,36	0,49	0,64	0,81	1
ω_2/ω_1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2													
ζ	0,01	0,04	0,09	0,16	0,25	0,36	0,49	0,64	0,81	1													
Внезапное сужение трубы 	$\zeta = 0,5 (1 - \omega_2/\omega_1) = 0,5 \left(1 - \frac{d_2^2}{d_1^2} \right)$ <table border="1"> <tr> <td>ω_2/ω_1</td> <td>0,1</td> <td>0,2</td> <td>0,3</td> <td>0,4</td> <td>0,5</td> <td>0,6</td> <td>0,7</td> <td>0,8</td> <td>0,9</td> </tr> <tr> <td>ζ</td> <td>0,45</td> <td>0,4</td> <td>0,35</td> <td>0,3</td> <td>0,25</td> <td>0,2</td> <td>0,15</td> <td>0,1</td> <td>0,05</td> </tr> </table>	ω_2/ω_1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	ζ	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05		
ω_2/ω_1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9														
ζ	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05														
Диафрагма 	<table border="1"> <tr> <td>ω_2/ω</td> <td>0,1</td> <td>0,2</td> <td>0,3</td> <td>0,4</td> <td>0,5</td> <td>0,6</td> <td>0,7</td> <td>0,8</td> <td>0,9</td> </tr> <tr> <td>ζ</td> <td>245</td> <td>51,5</td> <td>18,2</td> <td>8,3</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>0,97</td> <td>0,42</td> <td>0,13</td> </tr> </table>	ω_2/ω	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	ζ	245	51,5	18,2	8,3	4	2	0,97	0,42	0,13		
ω_2/ω	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9														
ζ	245	51,5	18,2	8,3	4	2	0,97	0,42	0,13														
Задвижка 	<table border="1"> <tr> <td>h/d</td> <td>0,125</td> <td>0,25</td> <td>0,375</td> <td>0,5</td> <td>0,625</td> <td>0,75</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>ζ</td> <td>97,8</td> <td>17</td> <td>5,52</td> <td>2,06</td> <td>0,81</td> <td>0,26</td> <td>0,12</td> </tr> </table>	h/d	0,125	0,25	0,375	0,5	0,625	0,75	1	ζ	97,8	17	5,52	2,06	0,81	0,26	0,12						
h/d	0,125	0,25	0,375	0,5	0,625	0,75	1																
ζ	97,8	17	5,52	2,06	0,81	0,26	0,12																

Местное сопротивление	Значение коэффициента ζ										
Вентиль (делительная стенка под углом 45°) 	d , мм	20	40	80	100	150					
	ζ	8	4,9	4	4,1	4,4					
Вентиль (делительная стенка вертикальная) 	d , мм	20	25	30	40	50					
	ζ	10,5	9,3	8,5	7,6	6,9					
Обратный клапан 	d , мм	40	70	100	200	300					
	ζ	1,3	1,4	1,5	1,9	2,1					
Всасывающий клапан с сеткой 	d , мм	40	50	75	100	125	150	200	250	300	400
	ζ	12	10	8	7	6,5	6	5	4,5	4	3
Плавное закругленное колено 	d/r	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6			
	ζ	0,11	0,1	0,21	0,21	0,11	0,66	0,93			

в сетях внутренних пожарно-хозяйственно-питьевых водопроводов жилых и общественных зданий — 20%.

На коротких участках водопроводной сети, например на всасывающих линиях, местные потери напора могут быть больше потерь напора по длине. Для определения величины потерь напора в этом случае необходимо отдельно найти потери напора по длине и в местных сопротивлениях, а затем найденные значения суммировать.

В некоторых случаях потери напора на местные сопротивления (в пожарных гидрантах, колонках, водомерах и др.) удобнее определять по формуле

$$h_m = sQ^2, \quad (59)$$

полученной из формулы (57), в которой средняя скорость V выражена через расход Q , а постоянная величина $\zeta/(\omega^2 2g)$ — через сопротивление s . Величины сопротивлений s водопроводной арматуры и приборов приведены в табл. 7.

ТАБЛИЦА 7

Местное сопротивление	Величина s для расхода Q , л/с						
Гидрант и колонка ленинградского типа	$s_r=0,0036$; $s_k=0,0021$; $s_{r+k}=0,0057$						
Подземный гидрант и колонка московского типа	$s_r=0,0016$; $s_k=0,0035$; $s_{r+k}=0,0051$						
Надземный гидрант и колонка московского типа	$s_{r+k}=0,0063$						
Гидрант пожарный подземный (ГОСТ 8220—62)	Высота гидранта H , м $H \leq 1,5$ $H > 1,5$						
	s		0,0015		0,002		
Водомеры крыльчатые	d_y , мм	10	15	20	25	30	40
	s	36	14,4	5,18	2,64	1,3	0,32
Водомеры турбинные	d_y , мм	50	80	100	150	200	250
	s	0,0265	0,00207	0,000675	0,00013	0,0000453	0,00002

§ 15. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ УДАР В ТРУБАХ И ПОЖАРНЫХ РУКАВАХ

Гидравлическим ударом называется изменение давления в жидкости, вызываемое резким изменением скорости движения. Явление гидравлического удара обусловлено инерцией массы жидкости, заключенной в трубопроводе, скорость которой изменяется во времени. Теоретическое и экспериментальное исследование гидравлического удара в трубах впервые было выполнено Н. Е. Жуковским.

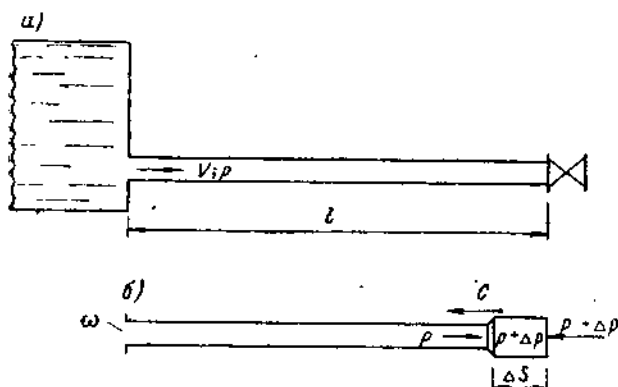


Рис. 23. Гидравлический удар в трубопроводе

а — схема установки; б — распределение сил при гидравлическом ударе

Рассмотрим явления, происходящие в жидкости при внезапной остановке ее движения. Если в трубе с быстро закрывающимся краем (рис. 23, а) при установившемся движении жидкость обладала некоторой скоростью V , то при внезапном закрытии крана она остановится. При этом, если бы жидкость была абсолютно несжимаема, а труба абсолютно жесткой, недеформируемой, то жидкость остановилась бы по всей трубе мгновенно. В действительности же вследствие некоторого сжатия жидкости и деформации стенок трубы жидкость останавливается постепенно; сначала останавливается слой, расположенный непосредственно у крана, затем следующий и т. д. Неостановившиеся же слои жидкости будут продолжать первоначальное движение со скоростью V . В остановившемся слое давление будет выше первоначального на величину Δp (рис. 23, б).

Повышение давления в остановившемся слое Δs при гидравлическом ударе можно определить, используя закон изменения количества движения, согласно которому приращение количества движения mV системы за некоторый промежуток времени Δt равно сумме проекций импульсов сил $F\Delta t$ на направление движения. Если давление до закрытия крана обозначить через p , а после $p + \Delta p$, то можно написать

$$F\Delta t = mV - mV_s,$$

где F — сила давления жидкости в слое Δs ;
 Δt — время образования слоя Δs ;
 m — масса жидкости в остановившемся слое;
 V — первоначальная скорость жидкости в трубе;
 V_s — скорость жидкости в слое Δs .

Учитывая что $V_s = 0$, после подстановки

$$F = (p + \Delta p - p) \omega = \Delta p \omega;$$

$$m = \rho \omega \Delta s$$

будем иметь $\Delta p = \rho V \Delta s / \Delta t$.

Отношение $\Delta s / \Delta t$ называется скоростью распространения ударной волны и обозначается a .

Тогда формула для определения величины повышения давления при гидравлическом ударе приобретает вид

$$\Delta p = \rho a V. \quad (60)$$

Эта формула называется формулой Н. Е. Жуковского. Она была получена в 1898 г.

Разделив выражение (60) на γ , получим:

$$\Delta H = aV/g. \quad (61)$$

Из этой формулы следует, что при гидравлическом ударе повышение напора зависит от начальной скорости движения воды в трубе и от скорости распространения ударной волны. Н. Е. Жуковским установлено, что чем выше эластичность материала, чем больше диаметр трубы и меньше толщина стенок, тем меньше скорость распространения ударной волны и, следовательно, меньше величина напора при гидравлическом ударе.

Скорость распространения ударной волны имеет следующие приближенные значения: для стальных и чугунных трубопроводов диаметром около 200 мм $a = 1200$ м/с, для новых льняных рукавов $a = 80$ м/с, для льняных рукавов, бывших в употреблении, $a = 120$ м/с, для прорезиненных рукавов $a = 300$ м/с.

Если длина трубопровода (рис. 23) равна l , то через время $t = l/a$ жидкость в нем остановится и по всей тру-

бе распространится давление $p + \Delta p$ через время, измеряемое от момента закрытия крана $t = 2l/a$, в трубе установится первоначальное давление, а в следующие промежутки времени оно будет то уменьшаться, то увеличиваться. Вследствие наличия сопротивления движению жидкости эти колебания давления в трубе являются затухающими.

Время, в течение которого ударная волна, возникнув у крана, дойдет до резервуара и в виде волны понижения давления возвратится обратно, называется фазой удара t_Φ , т. е. $t_\Phi = 2l/a$. Если время закрытия крана t меньше фазы удара t_Φ , то волна возвращается к полностью закрытому крану и величина удара получается максимальной, повышение давления в этом случае определяется по формуле (60). Такой удар называется прямым или полным в отличие от непрямого (неполного), который наблюдается в том случае, когда время закрытия крана t больше фазы удара. При этом повышение давления будет меньше, чем при прямом ударе. Повышение давления при непрямом ударе можно определять по приближенной формуле Н. З. Френкеля

$$\Delta p = \rho v t_\Phi / t. \quad (62)$$

Из этой формулы следует, что чем медленнее будет закрываться кран, тем слабее будет проявляться гидравлический удар.

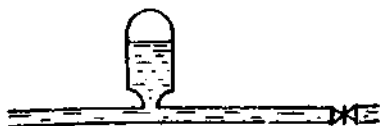
Гидравлический удар может также возникнуть при внезапной остановке насоса, когда масса воды в трубопроводе под действием силы тяжести начнет двигаться обратно. С целью предохранения насоса от разрушения на напорном патрубке устанавливается обратный клапан. В пожарных рукавах гидравлический удар может произойти при резком закрытии пожарного ствола или в момент остановки движения воды, вызванной наездом на линию автомобиля, «заломом» рукава и т. п. Для предохранения труб и оборудования от разрушения при возникновении гидравлического удара принимаются следующие меры:

1. В трубопроводах не допускаются большие скорости движения жидкости, так как из формулы (60) видно, что увеличение давления Δp прямо пропорционально скорости течения V .

2. Для уменьшения разрушающего действия давления применяют предохранительные клапаны, которые открываются при определенном давлении.

3. Для уменьшения давления применяют также воздушные колпаки (рис. 24). В момент гидравлического удара жидкость входит в колпак и сжимает находящийся в нем воздух, что уменьшает величину повышенного давления в жидкости.

Рис. 24. Воздушный колпак



4. Наиболее эффективным способом ослабления прямого удара является увеличение времени закрывания или открывания запорных устройств. В связи с этим на водопроводах, как правило, применяют винтовые краны и задвижки, а не пробковые.

Следует отметить, что блокировка открытия шиберов пожарной колонки гидранта московского типа также предупреждает возможность возникновения гидравлического удара в водопроводной сети. Такое же назначение имеют предохранительные рукавные мостики, устанавливаемые в местах возможного проезда автомобилей через рукавные линии или при прокладке линий через заборы и стенки.

Явление гидравлического удара используется в особом водоподъемнике, называемом гидравлическим тараном (рис. 25). Гидравлический таран работает следующим образом. Вода из водоема течет по питающей трубе к тарану в среднем количестве ($Q+q$). Большая ее часть Q вытекает через ударный клапан наружу. Под действием потока ударный клапан закрывается, благодаря чему в трубе происходит быстрая остановка жидкости и увеличение давления. Вследствие повышения давления открывается напорный клапан и меньшая часть воды q поступает в напорный воздушный колпак. Вслед за этим давление в трубе падает, вновь открывается удар-

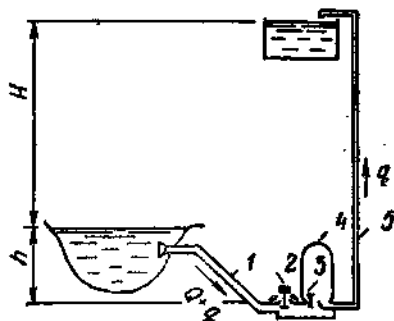


Рис. 25. Схема таранной установки

1 — питающая труба; 2 — ударный клапан; 3 — напорный клапан; 4 — напорный воздушный колпак; 5 — напорная труба

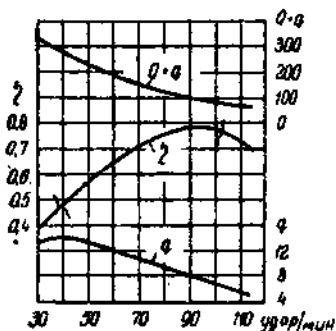


Рис. 26. Характеристика тарана системы ТГ-1

ный клапан, и вода, приходя в движение, выливается опять наружу. С этого момента явление повторяется вновь. По мере заполнения водой воздушного колпака давление в нем увеличивается вследствие уменьшения объема, занимаемого воздухом, и вода из тарана по напорной трубе подается к потребителю. Непременным условием исправного действия тарана является наличие воз-

духа в колпаке, который и является до известной степени регулятором давления.

Таким образом, при работе гидравлического тарана происходит превращение энергии потока с большим расходом и меньшим напором h в энергию потока с меньшим расходом и большим напором H .

Коэффициент полезного действия таранной установки определяется по формуле

$$\eta = qH / (Qh). \quad (63)$$

В настоящее время наша промышленность выпускает тараны ТГ-1 для диаметров питающей трубы 50 и 76 мм и напорной трубы 36 мм. На производительность тарана q , кроме его размеров, существенное влияние оказывает число ударов ударного клапана. Чем тяжелее ударный клапан, тем больше воды Q сбрасывается наружу, тем меньше к. п. д. тарана. Число ударов ударного клапана регулируется грузами и устанавливается в зависимости от длины и диаметра питающей трубы, высоты падения жидкости и высоты подъема. Ход ударного клапана колеблется в пределах 12—15 мм и регулируется винтовой втулкой. При питающей трубе, например, диаметром 76 мм и длиной 13,5 м, при высоте падения $h=3$ м и высоте подъема $H=27$ м число ударов в минуту, соответствующее максимальному к. п. д. тарана (рис. 26), должно быть 100. При этом подача тарана $q=6,4$ л/мин, а расход $Q=73,6$ л/мин.

Для указанных условий величина к. п. д. тарана

$$\eta = qH / (Qh) = (6,4 \cdot 27) / (73,6 \cdot 3) = 0,78.$$

ГЛАВА 3. ИСТЕЧЕНИЕ ЖИДКОСТИ ИЗ ОТВЕРСТИЙ И НАСАДКОВ

§ 16. ИСТЕЧЕНИЕ ЖИДКОСТИ ИЗ КРУГЛОГО ОТВЕРСТИЯ В ТОНКОЙ СТЕНКЕ

Сжатие струи. Гидравлический смысл термина «тонкая» стенка не связан с представлением о фактической толщине самой стенки. Имеется в виду, что края отверстия представляют собой острую кромку, причем толщина стенки не влияет на форму струи.

При истечении жидкости через отверстие в тонкой стенке (рис. 27) траектории частиц жидкости в самом отверстии будут непараллельными. На некотором удалении от плоскости отверстия, примерно на расстоянии, равном $0,5 d$, кривизна струек уменьшается, они становятся почти параллельными. Одновременно значительно уменьшается сечение струи. Наиболее близко расположенное к отверстию сечение II—II, в котором движение приобретает параллельно-струйный характер, называется сжатым сечением.

Обозначим площадь сжатого живого сечения струи ω_c . Отношение ω_c к площади отверстия ω называется коэффициентом сжатия и обозначается ϵ

$$\epsilon = \omega_c / \omega. \quad (64)$$

Сжатие струи, протекающей через отверстие, является полным, если оно происходит по всему периметру отверстия, т. е. со всех сторон вытекающей струи. Если сжатие происходит не по всему периметру, то оно называется неполным. Сжатие струи называется совершенным, если вблизи отверстия нет дна, стенки или свободной поверхности жидкости, влияющих на характер истечения. Совершенное сжатие наблюдается лишь в тех случаях, когда расстояние от стенок до отверстия больше утроенного

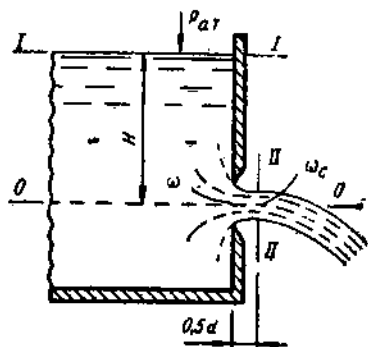


Рис. 27. Истечение жидкости из отверстия в тонкой стенке

диаметра отверстия. Если установленные выше условия не соблюдаются и отверстие находится на более близких расстояниях от боковых стенок, сжатие называют несовершенным.

Различают истечение через малые и большие отверстия. Принято считать, что малым отверстием называется такое отверстие, диаметр которого в 10 раз меньше уровня его заглубления в жидкости. В дальнейшем будем рассматривать истечение из малого отверстия как наиболее часто встречающееся в пожарной практике.

Скорость и расход струи. Для определения скорости истечения и расхода вытекающей через отверстие жидкости (рис. 27) применим уравнение Бернулли, выбрав для сравнения такие два сечения, в которых течение жидкости можно считать плавноизменяющимся. В данном случае удобнее всего взять сечение по свободной поверхности сосуда $I-I$ и сжатое сечение струи $II-II$. Уравнение Бернулли для указанных сечений относительно горизонтальной плоскости сравнения $O-O$, проходящей через центр тяжести сжатого сечения струи, можно записать следующим образом:

$$Z_1 + p_1/\gamma + V_1^2/(2g) = Z_2 + p_2/\gamma + V_2^2/(2g) + h_{отв}$$

или

$$H + p_1/\gamma + V_1^2/(2g) = 0 + p_2/\gamma + V_2^2/(2g) + \zeta V_2^2/(2g),$$

где p_1 и p_2 — давление на свободной поверхности в сосуде и в сжатом сечении струи, равное атмосферному;

ζ — коэффициент сопротивления отверстия.

Вследствие больших размеров поверхности жидкости на уровне $I-I$ скорость частиц в отверстии V_1 очень мала, поэтому величину $V_1^2/(2g)$ можно не учитывать.

Тогда из уравнения Бернулли получим

$$H = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{\zeta V_2^2}{2g},$$

или

$$H = \frac{V_2^2}{2g} (1 + \zeta).$$

Следовательно, жидкость в сжатом сечении будет иметь скорость

$$V_2 = \sqrt{2gH} / \sqrt{1 + \zeta}.$$

Обозначая первый множитель в правой части, так называемый коэффициент скорости, через φ :

$$\varphi = 1 / \sqrt{1 + \zeta}, \quad (65)$$

окончательно получим

$$V_2 = \varphi \sqrt{2gH}. \quad (66)$$

Так как скорость V_2 определена в сжатом сечении площадью $\omega_c = \varepsilon\omega$, то расход жидкости из отверстия будет:

$$Q = \omega_c V_2 = \varepsilon\omega V_2,$$

или, подставляя значение скорости из (66),

$$Q = \varepsilon\varphi\omega \sqrt{2gH}.$$

Обозначив произведение коэффициентов сжатия ε и скорости φ коэффициентом расхода μ

$$\mu = \varepsilon\varphi, \quad (67)$$

получим

$$Q = \mu\omega \sqrt{2gH}. \quad (68)$$

§ 17. ИСТЕЧЕНИЕ ЖИДКОСТИ ИЗ НАСАДКОВ

Насадком, или спрыском, называется присоединенная к отверстию в стенке трубка, длина которой составляет 3—4 диаметра отверстия. Различают следующие основные типы насадков (рис. 28):

- 1) цилиндрические (внешние — *a* и внутренние — *б*);
- 2) конические (сходящиеся — *в* и расходящиеся — *г*);
- 3) коноидальные с закругленными очертаниями по форме сжатия струи — *д*.

Большое влияние на скорость истечения и расход жидкости из насадков оказывает форма продольного профиля насадка. Например, устройство плавного закругления на входе может полностью устранить внутреннее сжатие струи и вызвать увеличение скорости и расхода.



Рис. 28. Типы насадков

a, б — цилиндрические внешний и внутренний; *в* — конический сходящийся; *г* — конический расходящийся; *δ* — коноидальный

Рассмотрим кратко особенности истечения жидкости из каждого вида насадков.

Внешний цилиндрический насадок (рис. 28, *a*). Струя жидкости при входе в насадок (рис. 29) сжимается, после чего вновь расширяется и заполняет все сечение насадка. В промежутке между сжатым сечением и стенками насадка образуется вихревая зона. Так как струя выходит из насадка полным сечением, то коэффициент сжатия $\epsilon = 1$, а коэффициент расхода $\mu = \epsilon\varphi = \varphi$, т. е. для цилиндрического насадка коэффициенты расхода и скорости имеют одинаковую величину.

Составляя уравнение Бернулли для сечений *I—I* и *II—II*, взятых на свободной поверхности жидкости в сосуде и в месте выхода струи из насадка, и рассуждая точно также, как и в случае истечения жидкости из отверстия в тонкой стенке, получим следующие расчетные формулы:

1) для скорости истечения из насадка

$$V = \varphi \sqrt{2gH}, \quad (69)$$

где

$$\varphi = 1/\sqrt{1 + \zeta};$$

2) для расхода при истечении из насадка

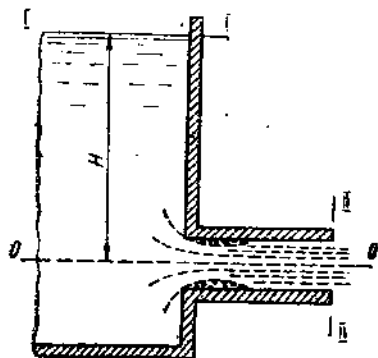
$$Q = \mu\omega \sqrt{2gH}. \quad (70)$$

Напор перед насадком из этой формулы определится как

$$H = Q^2 / (\mu^2 \omega^2 2g). \quad (71)$$

Опыты показывают, что при одинаковой площади живых сечений ω и напоре H расход жидкости из цилиндрического насадка больше, чем из отверстия в тонкой стенке, с другой стороны, скорость значительно меньше, чем при истечении из отверстия. Объясняется это тем,

Рис. 29. Истечение жидкости из внешнего цилиндрического насадка



что в вихревой зоне насадка, после того как воздух, отжатый струей, будет увлечен потоком наружу, образуется вакуум. Наличие пониженного давления в области сжатого сечения струи порождает фактор «подсасывания» жидкости, который оказывает более сильное влияние на расход, чем дополнительные сопротивления (вследствие трения по длине и расширения струи в насадке). Уменьшение скорости вызвано тем, что при истечении из насадка живое сечение струи больше, чем при истечении из отверстия в тонкой стенке. Однако увеличение расхода из насадка наблюдается до определенного возрастания напора, при достижении которого в насадке сильно понижается давление и возникает процесс кавитации. Кавитация представляет собой образование внутри жидкости паров, которые заполняют струю, нарушают ее сплошность и приводят к уменьшению расхода жидкости. В определенных случаях происходит отрыв струи жидкости от внутренних стенок насадка. При этом насадок работает как отверстие в тонкой стенке. Такое явление называется срывом истечения через насадок.

Внутренний цилиндрический насадок (рис. 28, б). В этом насадке явления протекают аналогично внешнему насадку. Однако вследствие большего сжатия струи на входе коэффициенты φ и μ для внутреннего насадка меньше, чем для внешнего. Это означает, что гидравлические сопротивления во внутреннем насадке больше, чем во внешнем, следовательно, в нем меньше вакуум и расход жидкости. Поэтому, как правило, внешние насадки предпочитают внутренним.

Конический сходящийся насадок (рис. 28, в). В этом насадке явление внутреннего сжатия оказывается мень-

ше, чем в цилиндрическом, но зато появляется сжатие струи по выходе из насадка. Что влечет за собой, с одной стороны, увеличение коэффициента скорости, а с другой — уменьшение коэффициента сжатия. Поэтому при малых углах конусности расход сначала увеличивается и достигает максимума при угле 13° , а затем начинает убывать. Конические сходящиеся насадки нашли широкое применение при конструировании пожарных стволов.

Конический расходящийся насадок (рис. 28, з). Расширение струи в таком насадке происходит более резко, чем в цилиндрическом. Поэтому его гидравлическое сопротивление больше, а коэффициент скорости меньше. Вследствие создания большего вакуума увеличивается всасывающая способность расходящегося насадка по сравнению с цилиндрическим. Это значит, что при одинаковых диаметрах входных отверстий и напорах истечения через расходящийся насадок будет протекать больший расход, чем через цилиндрический, скорость же на выходе из расходящегося насадка будет меньше. Увеличение расхода происходит только при углах конусности меньше $7-8^\circ$ и при истечении в атмосферу. Конические расходящиеся насадки применяют как конструктивные элементы в насосах, гидроэлеваторах и в ряде других аппаратов, где требуется свести до минимума энергию в отходящем потоке.

Конoidalный насадок (рис. 28, д). Цилиндрический насадок, имеющий плавный вход по форме струи, выходящей из отверстия, называется конoidalным. В конoidalном насадке потери меньше, чем во всех остальных насадках, поэтому расход из него достигает максимальной величины. Такие насадки находят применение в пожарном деле для получения дальнобойных струй, обладающих большой начальной скоростью.

Значения коэффициентов местного сопротивления, сжатия, скорости и расхода, отнесенных к выходному сечению, для отверстия и различных насадков приведены в табл. 8.

В зависимости от формы отверстия, через которое происходит истечение, форма поперечного сечения струи также претерпевает изменения. Так, например, поперечное сечение струи, вытекающей из треугольного отверстия, приобретает форму с тремя тонкими ребрами; при истечении через квадратное отверстие — крестообразную (рис. 30) и через круглое при несовершенном сжатии —

Тип отверстия или насадка	ζ	ν	φ	μ
Круглое отверстие в тонкой стенке	0,06	0,64	0,97	0,62
Внешний цилиндрический насадок	0,5	1	0,82	0,82
Внутренний цилиндрический насадок	1	1	0,71	0,71
Конический сходящийся насадок, $\alpha = 13^{\circ}24'$.	0,09	0,98	0,96	0,94
Конический расходящийся насадок, $\alpha = 5^{\circ}$.	3,45	1	0,475	0,475
Конический насадок	0,06	1	0,98	0,98

эллиптическую. Изменение формы струи в основном вызвано действием сил поверхностного натяжения. Это явление называется инверсией струи. В дальнейшем форма поперечного сечения по длине струи не остается постоянной, она под действием сил поверхностного натяжения все время претерпевает соответствующие изменения. Действие сил поверхностного натяжения необходимо учи-

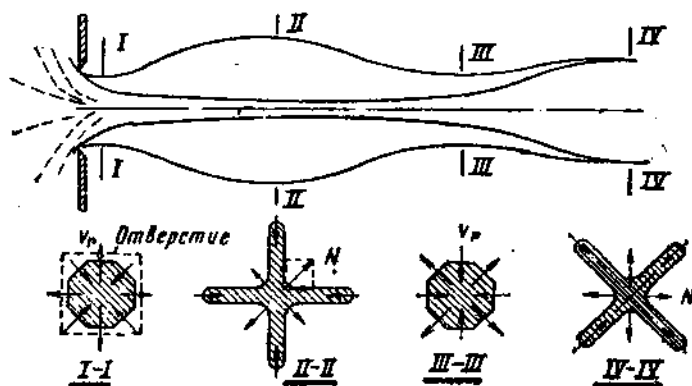


Рис. 30. Инверсия струи

тывать во всех случаях, когда требуется получение дальнотбойных струй. Поэтому на выходной кромке пожарных насадок не допускаются вмятины и забоины, в противном случае происходит быстрый распад струи. Полученные формулы для определения скорости и расхода воды иногда неудобны для практического применения. В этом случае лучше пользоваться более простыми выражениями для определения Q и H .

Так, формулу для расхода из насадка вида

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH}$$

можно представить как

$$Q = \rho \sqrt{H}, \quad (72)$$

где $\rho = \mu \omega \sqrt{2g}$ называется проводимостью насадка.

Соответствующее выражение можно получить из (71) и для напора

$$H = sQ^2, \quad (73)$$

где $s = 1/(\mu^2 \omega^2 2g)$ называется сопротивлением насадка.

Значения проводимостей ρ и сопротивлений s для насадков различного диаметра при $\mu = 1$ следующие:

d , мм	13	16	19	22	25	28	32	38
ρ для H , м	0,538	0,891	1,26	1,68	2,17	2,73	3,56	5,02
s для Q , л/с	2,89	1,26	0,631	0,353	0,212	0,134	0,079	0,04

ГЛАВА 4. ПОЖАРНЫЕ СТРУИ

Для получения дальнотбойных струй, обладающих достаточно большой ударной силой, в пожарной технике используют ручные и лафетные стволы с насадками. К ручным относят стволы с насадками диаметром 13, 16, 19, 22, 25 мм, лафетные стволы имеют насадки 28, 32, 38, 50 и 65 мм.

В насадке происходит преобразование потенциальной энергии давления в энергию движения. Для придания струе большой скорости диаметр выходного сечения на-

садка должен быть меньше диаметра подводящего трубопровода.

Типичная форма насадков, дающих удовлетворительное качество струй, показана на рис. 31. Коническая часть насадка с углом конусности от 8 до 15° переходит в цилиндрическую, длина которой для ручных стволов составляет около одного диаметра, а для лафетных стволов $\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$ диаметра выходного сечения насадка. На конце цилиндрической части насадка обычно делается кольцевая выточка для защиты выходной кромки от повреждений, ухудшающих качество получаемых струй. Коническая часть насадка позволяет снизить потери энергии при переходе пьезометрического напора в скоростной, а цилиндрическая часть служит для уменьшения образующегося сжатия сечения струи при выходе ее из насадка. На качество струй большое влияние оказывают также условия подхода воды к насадку. Вода должна подходить прямолинейными струями; наличие вращения потока вокруг своей оси сильно снижает качество струи, так как возникающие центробежные силы способствуют раздроблению струи. Вращение потока возможно при прохождении воды в изгибах труб вследствие разности давления на противоположных стенках трубы. В этих случаях устраивают специальные успокоители (выпрямители), разбивающие общее сечение потока на несколько сечений меньших площадей, что способствует восстановлению нормального распределения скоростей в потоке (рис. 32). Успокоитель устраивают таким образом,

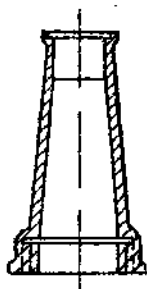


Рис. 31. Типичная форма насадков пожарных стволов для получения сплошных струй

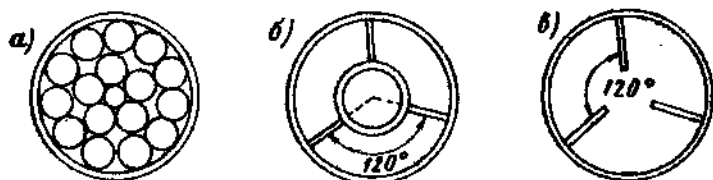


Рис. 32. Сечения успокоителей

а — трубчатая форма; б — комбинированная трубчато-радиальная форма; в — радиальная форма

чтобы все его секции были одинаковой площади и имели такую длину, при которой бы поток сформировался и стал прямолинейным, что соответствует 10—15 диаметрам секций. Концы выпрямителей должны быть тщательно заострены, а поверхность по возможности гладкой. Поток по выходе из выпрямителя перед насадком должен быть «обжат» на величину площади поперечного сечения стенок выпрямителя; это исключает появление дополнительных завихрений и разрывов в потоке от внезапного расширения. Обжатый поток подается в насадок, где струя окончательно формируется.

Струей называется поток жидкости, не ограниченный стенками, который движется в массе такой же или другой жидкости. Водяные струи могут быть разделены на сплошные, получаемые от ручных и лафетных стволов, и распыленные, образуемые от специальных насадков-распылителей.

§ 18. СПЛОШНЫЕ ВОДЯНЫЕ СТРУИ

Сплошные водяные струи отличаются своей компактностью, большой дальностью полета и сильным динамическим воздействием. Такие струи наиболее часто используются при тушении пожаров, на торфоразработках, в системах орошения и т. д.

Следует отметить, что сплошные струи в действительности отвечают своему определению при напоре не более 2—3 м. При больших напорах, обычно применяемых для пожаротушения, в струе можно выделить две ее части, а именно: сплошную, или компактную, и раздробленную. В компактной части сохраняется сплошность потока, струя имеет цилиндрическую или близкую к ней форму; в раздробленной части струи сплошность потока нарушается, струя разрывается на все более мелкие части и расширяется (рис. 33). Понятие компактной струи явля-

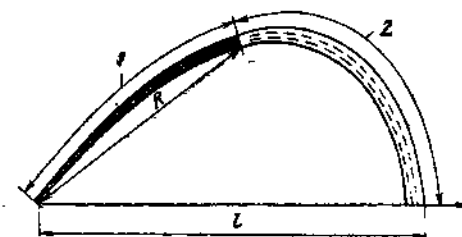


Рис. 33. Сплошная водяная струя

1 — компактная часть струи;
2 — раздробленная часть струи; L — дальность струи;
R — радиус действия компактной струи

ется относительным, поскольку резкой грани между нею и раздробленной частью струи не существует.

Обычно применяют определение компактной части, впервые сформулированное Фриманом (1888 г.) в отношении струй, получаемых из насадков диаметром 26—38 мм. Он предложил за длину компактной части сплошной водяной струи принимать ту часть, которая несет 75% всего количества воды в круге диаметром 26 см или 90% воды в круге диаметром 38 см. Практически струи можно разделить на компактную и раздробленную части на основании визуального наблюдения за струей, измерения плотности струи в различных точках и опыта использования струй в данной отрасли техники. Так, например, в Бостоне (США) при испытании струй, получаемых из лафетных стволов с насадками диаметром более 28 мм, за компактную часть принимали ту часть струи, которая несла основную массу воды в круге диаметром не более 1,25 м.

Понятие компактной части струи позволяет оценить качество струй водяных стволов, так как большая длина компактной части струи и, следовательно, большая длина всей струи имеют место при наиболее совершенных с гидравлической точки зрения стволе и насадке.

Разрушение струи происходит под влиянием действующих на нее сил тяжести, сопротивления воздуха и внутренних сил, вызываемых турбулентностью потока и колебательно-волновым характером движения жидкости в струе.

§ 19. РАСЧЕТ СПЛОШНОЙ СТРУИ

Уравнение траектории сплошной струи выводят из предположения, что все ее частицы движутся подобно твердому телу, брошенному под углом к горизонту (рис. 34). В этом случае уравнение траектории струи, на которую действуют силы инерции F_i , тяжести G и со-

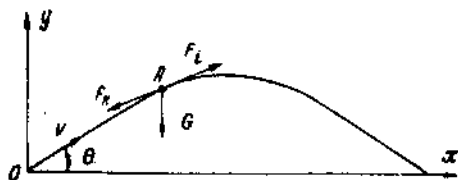


Рис. 34 Расчет теоретической траектории сплошной струи

противления воздуха F_{10} , в параметрической форме может быть представлено в виде:

$$x = Vt \cos \theta - k \frac{x}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}; \quad (74)$$

$$y = Vt \sin \theta - k \frac{y}{d} \cdot \frac{V^2}{2g} - \frac{gt^2}{2}, \quad (75)$$

где x и y — координаты частицы струи в произвольно выбранной точке;

V — начальная скорость движения струи при выходе из насадка;

θ — угол наклона ствола к горизонту;

t — время;

d — диаметр струи;

k — коэффициент сопротивления трению в воздухе.

Исключим время, для чего из уравнения (74) найдем значение

$$t = v \frac{x}{\cos \theta} \left(1 + \frac{k}{d} \cdot \frac{V^2}{2g} \right),$$

и, подставив это значение в уравнение (75), получим

$$y = x \operatorname{tg} \theta - \frac{x^2 g}{2V^2 \cos^2 \theta} \left(1 + \frac{k}{d} \cdot \frac{V^2}{2g} \right).$$

Заменяя в полученном выражении $V^2/(2g) = H$, где H — напор у насадка, получим уравнение траектории струи, которая по своей форме представляет параболу

$$y = x \operatorname{tg} \theta - \frac{x^2}{4H \cos^2 \theta} \left(1 + \frac{k}{d} H \right). \quad (76)$$

Полагая в формуле (76) $y=0$, определим $x=l_T$ — теоретическую дальность полета струи:

$$l_T = \frac{2H \sin 2\theta}{1 + \frac{k}{d} H}. \quad (77)$$

Из выражения (77) видно, что максимальная теоретическая дальность полета струи имеет место при угле наклона ствола $\theta = 45^\circ$

$$l_{\max} = \frac{2H}{1 + \frac{k}{d} H}. \quad (78)$$

В действительности формула (78) дает результат, совпадающий с опытными данными лишь при напорах $H=3,5-7$ м. При напоре 10 м наибольшая дальность полета струи будет достигнута при $\theta=35-40^\circ$, а при напоре 35 м и более — при $\theta=30-34^\circ$. Несовпадение теоретических и практических данных особенно на раздробленном участке объясняется сложной структурой струи, в связи с чем движение ее частиц как отдельных материальных точек является несовершенной моделью. До сих пор не удалось получить аналитически уравнение траектории струи, отвечающей действительности, так как не изучены законы сопротивления, которое возникает при движении струи в воздухе. Поэтому для расчета струй используют эмпирические данные.

§ 20. ВЕРТИКАЛЬНЫЕ СТРУИ

Свободная водяная струя при истечении из вертикально направленного ствола со скоростью V теоретически поднимается на высоту $H=V^2/(2g)$, так как в насадке вся потенциальная энергия переходит в кинетическую (рис. 35). Однако при движении струи часть энергии расходуется на преодоление сопротивлений вследствие трения струи о воздух, и поэтому струя поднимается на несколько меньшую величину H_B . Разность величин $H-H_B=h$ назовем потерей высоты струи. Ее можно определить по формуле

$$h = k \frac{H_B}{d} \cdot \frac{V^2}{2g},$$

аналогичной зависимости (46) для потерь напора по длине трубы при подстановке вместо λ коэффициента сопротивления трению в воздухе k и вместо l высоты струи H_B .

Таким образом, теоретическую высоту вертикальной струи можно установить из равенства:

$$H = H_B + h = H_B \left(1 + \frac{k}{d} \cdot \frac{V^2}{2g} \right)$$

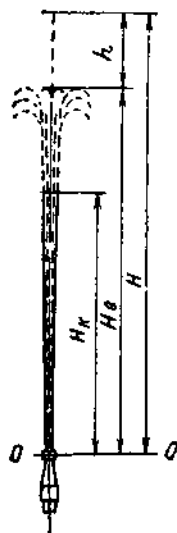


Рис. 35. Вертикальная струя

или после подстановки $V^2/(2g) = H$

$$H = H_в \left(1 + \frac{k}{d} H \right),$$

откуда определим высоту вертикальной струи

$$H_в = \frac{H}{1 + kH/d}. \quad (79)$$

Эта зависимость аналогична формуле, предложенной Люгером (1895 г.),

$$H_в = \frac{H}{1 + \varphi H}, \quad (80)$$

в которой коэффициент φ определяют по эмпирической формуле

$$\varphi = \frac{0,25}{d + (0,1d)^3}, \quad (81)$$

где d — диаметр выходного сечения насадка, мм.

Значения коэффициента φ для различных диаметров насадков приведены в табл. 9.

ТАБЛИЦА 9

d , мм	φ	d , мм	φ	d , мм	φ
13	0,0165	22	0,0077	32	0,0039
16	0,0129	25	0,0061	38	0,0028
19	0,0097	28	0,0050	50	0,0014

Фриман для расчета высоты вертикальных струй, получаемых при напорах от 7 до 70 м, предложил формулу

$$H_в = H (1 - 0,000113H/d), \quad (82)$$

где d — диаметр насадка, м.

Для практических расчетов формулы Люгера (80) и Фримана (82) можно считать равноценными.

Анализируя формулы (80) и (82), можно установить, что увеличение высоты вертикальной струи связано с увеличением диаметра насадка и напора. Однако по достижении своей максимальной величины высота струи не изменяется, как бы сильно не увеличивался напор. Так,

из формулы Люгера находим, что предельная величина H_b , которая получается при неограниченном увеличении H , будет равна:

$$H_b = \lim_{H \rightarrow \infty} \frac{1}{\frac{1}{H} + \varphi} = 1/\varphi.$$

Так как величина φ зависит только от диаметра [формула (81)], то при больших напорах увеличение высоты струи возможно только при увеличении диаметра насадка.

Исходя из формулы (82) Фримана, приравняем первую производную нулю, получим значение, при котором наблюдается максимальная высота струи:

$$dH_b/dH = 1 - 0,000226H/d = 0; \quad H = d/0,000226.$$

Предельные величины напора H , с превышением которых не наблюдается увеличения высоты струи, приведены в табл. 10.

ТАБЛИЦА 10

d , мм	H , м	d , мм	H , м	d , мм	H , м
13	58	22	97	32	140
16	71	25	110	38	167
19	84	28	123	50	220

Следует отметить, что предельные величины напоров значительно больше номинальных величин H , принятых для работы пожарных стволов.

Иногда при расчетах требуется определить то значение напора, при котором можно получить струю заданной величины. Из формулы Люгера находим

$$H = \frac{H_b}{1 - \varphi H_b}. \quad (83)$$

Величину компактной части струи для насадков диаметром до 28 мм определяют как часть всей вертикальной по формуле

$$H_x = fH_b, \quad (84)$$

где f — коэффициент, значения которого зависят от всей высоты вертикальной сплошной струи. Эти значения, по-

лученные на основании опытных данных, приведены ниже.

$H_0, \text{ м}$	7	10	15	20	25	30	35	40	45
f	0,84	0,84	0,82	0,8	0,77	0,75	0,69	0,65	0,62

§ 21. НАКЛОННЫЕ СТРУИ

В практических условиях пожаротушения применяют струи, имеющие различные углы наклона. Если при одном в том же напоре у насадка постепенно изменять угол наклона ствола, то конец компактной части струи будет описывать траекторию abc , которую принято называть огибающей кривой компактной струи, а наиболее удаленные капли струи — траекторию $a'b'c'$, называемую огибающей кривой раздробленной струи (рис. 36). Расстояние по прямой от насадка до граничных кривых соответственно называются радиусом действия компактной струи R_k и радиусом действия раздробленной струи R_p .

Расчет наклонных струй ведут по отношению к данным, полученным для вертикальных струй. Из рис. 36 видно, что расстояние от насадка до огибающей кривой

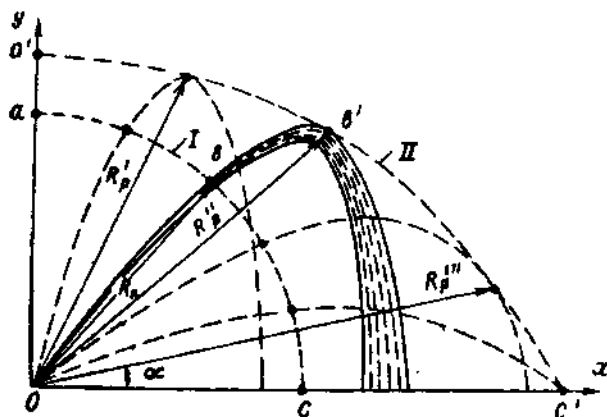


Рис. 36. Траектории сплошных струй

I — огибающая кривая компактных струй; *II* — огибающая кривая раздробленных струй

раздробленной струи возрастает с уменьшением угла наклона R_p к горизонту. Зависимость величины радиуса действия раздробленной струи от высоты вертикальной струи определяют по формуле

$$R_p = \beta H_n, \quad (85)$$

где β — коэффициент, зависящий от угла наклона R_p к горизонту. На рисунке этот угол обозначен буквой α .

Значения коэффициента β в зависимости от α определены опытным путем:

Угол наклона радиуса действия раздробленной струи к горизонту α , град	0	15	30	45	60	75	90
β	1,4	1,3	1,2	1,12	1,07	1,03	1

Не надо смешивать угол наклона радиуса действия струи с углом наклона ствола. Последний для наклонных струй всегда больше угла наклона R_p к горизонту. Например, наибольшая дальность полета струи наблюдается при угле наклона ствола 30° , а угол наклона радиуса действия струи при этом равен нулю.

• Огибающая кривая компактной струи для ручных стволов с диаметром насадка не свыше 25 мм мало отличается от дуги окружности, описанной радиусом R_k , равным высоте компактной части вертикальной струи:

$$R_k = H_k. \quad (86)$$

Для насадков больших диаметров, например для лафетных стволов, линия abc более вытянута вдоль горизонтальной оси. Фактических данных из-за большой трудности постановки экспериментов для таких насадков немного. В справочных таблицах обычно приведены величины, отражающие зависимость между радиусом действия компактной струи, диаметром насадка, напором и расходом жидкости (табл. 11 и 12).

При пожаротушении применяют чаще всего не раздробленную, а компактную часть сплошной струи.

Анализ фактических данных, выполненный ВНИИПО МВД СССР, позволил установить, что минимальная длина компактных струй, которыми можно тушить наружные пожары с помощью ручных стволов, должна со-

ТАБЛИЦА 11

R _к	Диаметры насадков, мм									
	13		16		19		22		25	
	H, м	Q, л/с	H, м	Q, л/с	H, м	Q, л/с	H, м	Q, л/с	H, м	Q, л/с
6	8,1	1,7	7,8	2,5	7,7	3,5	7,6	4,6	7,5	5,9
8	11,2	2	10,7	2,9	10,4	4,1	10,2	5,4	10,1	6,9
10	14,9	2,3	14,1	3,3	13,6	4,6	13,2	6,1	12,9	7,8
12	19,1	2,6	17,7	3,8	16,9	5,2	16,3	6,8	15,9	8,7
14	23,9	2,9	21,8	4,2	20,6	5,7	19,8	7,5	19,2	9,6
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	24,7	10,8
18	37,1	3,6	32,2	5,1	29,6	6,8	28	8,9	26,8	11,3
20	46,8	4	39,4	5,6	35,6	7,5	33,2	9,7	31,5	12,2
22	60,9	4,6	48,7	6,2	43,1	8,2	40,6	10,6	37,3	13,3
24	82,2	5,3	61,5	7	52,7	9,1	47,7	11,7	44,3	14,5
26	—	—	80,6	8	66,2	10,2	58,5	12,9	53,5	15,9
28	—	—	—	—	86,2	11,6	75,5	14,5	65,8	17,7
30	—	—	—	—	—	—	95,4	16,5	82,8	19,8

ТАБЛИЦА 12

Напор у насадка H, м	Диаметры насадков, мм							
	28		32		38		50	
	R _к , м	Q, л/с	R _к , м	Q, л/с	R _к , м	Q, л/с	R _к , м	Q, л/с
30	26	14,9	26,5	19,4	27	27,4	29	47,5
35	28	16,2	28,5	21	29,5	29,7	31	51,5
40	30	17,2	30,5	22,5	32	31,7	33	55
45	31,5	18,3	32,5	23,8	34	33,6	35,5	58,3
50	33	19,3	34	25,1	35,5	35,4	37,5	61,4
55	34,5	20,2	36	26	37	37,2	39	64,4
60	35,5	21,1	37	27,6	38	38,2	40,5	67,3
65	36,5	22	37,5	28,6	39	40,4	41,5	70
70	37	22,8	37,5	29,7	39,5	41,9	42,5	72,6
75	—	—	—	—	40	43,4	43,5	75,3
80	—	—	—	—	40,5	44,8	44,5	77,8
85	—	—	—	—	—	—	45,5	80,1
90	—	—	—	—	—	—	46	82,5

ставлять не менее 17 м. Получение таких струй для наиболее распространенных ручных стволов с насадками 13, 16, 19, 22 и 25 мм требует создания напора перед насадком от 25 до 33 м. В настоящее время для характеристики струи за основу берут не длину компактной части, а напор у насадка. Рабочими напорами для ручных стволов следует считать напоры в пределах 30—50 м. Для лафетных стволов с насадками 28 мм и выше обычно рекомендуется напор от 50 до 70 м. Дальнейшее увеличение напора не имеет смысла, так как начиная с 70 м прирост дальности полета струй и их компактной части заметно уменьшается.

§ 22. РЕАКЦИЯ СТРУИ

При истечении струи из насадка возникает сила, направленная в сторону, обратную движению струи. Эту силу называют реакцией струи. Для определения ее величины можно использовать закон изменения количества движения

$$mV_1 - mV_2 = Ft,$$

равного импульсу сил при движении жидкости от большего сечения насадка со скоростью V_1 к меньшему выходящему сечению с увеличением скорости до V_2 . С изменением скорости в насадке при одной и той же секундной массе m движущейся жидкости количество движения изменится, в результате чего появится сила F .

Учитывая, что скорость V_1 значительно меньше скорости V_2 , можно не принимать в расчет величину mV_1 .

Тогда получим

$$-mV_2 = Ft.$$

Учитывая, что

$$m = \rho W = \frac{\gamma}{g} Qt = \frac{\gamma}{g} V_2 \omega_2 t,$$

получим

$$F = \frac{-\gamma V_2^2}{g} \omega_2.$$

Затем числитель и знаменатель правой части умножим на 2 и произведем замену $V_2^2(2g) = H$:

$$F = -2\gamma H \omega_2.$$

Так как $\gamma H = p$, формула для определения реакции струи окончательно примет вид

$$F = -2\omega p. \quad (87)$$

Знак минус указывает, что сила реакции направлена в сторону, противоположную движению струи. Сила реакции струи для ручных стволов при напоре до 50 м достигает 500 Н, для лафетных стволов, работающих и при больших напорах, сила реакции исчисляется тысячами ньютонов. Поэтому лафетные стволы снабжают опорными приспособлениями или закрепляют в стационарном положении.

§ 23. РАСПЫЛЕННЫЕ СТРУИ И СПОСОБЫ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ

Распыленная водяная струя представляет собой массу отдельно летящих капель. Для ее получения применяют специальные насадки, которые обычно называют распылителями.

Распыленная струя характеризуется формой, размером капель и их распределением по сечению потока, углом конусности струи, дальностью, величиной напора перед насадком и соответствующим ему расходом. Наибольшее распространение нашли три способа получения распыленных струй: центробежный, пневматический и механический.

При центробежном способе поток жидкости поступает в камеру распылителя тангенциально и, вращаясь, перемещается в направлении к выходному отверстию, находящемуся на торцевой стенке распылителя (рис. 37). При истечении жидкости из отверстия распылителя вследствие прекращения действия центростремительных сил стенок на поток частицы жидкости разлетаются по направлениям, касательным к цилиндрической поверхности выходного отверстия.

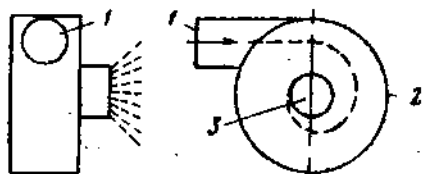


Рис. 37. Схема центробежного распылителя

1 — входное отверстие; 2 — вращающаяся камера; 3 — выходное отверстие

Расход жидкости из центробежного распылителя определяют по общей формуле

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH},$$

где μ — коэффициент расхода центробежного распылителя, находящийся в пределах 0,24 — 0,65.

Центробежные распылители применяют в теплотехнике и энергетике и в устройствах для подачи топлива в камеры сгорания. Такие распылители используют также в генераторах высокократной пены и в быстродействующих установках типа БАПС.

При пневматическом способе струи распыляют воздухом или паром, которые подаются под давлением или подсасываются (эжектируются). Такие распылители используются в основном для получения пенных и газодляных струй.

При механическом способе дробление струи происходит вследствие удара о преграду. Этот способ нашел широкое применение в установках для тушения пожара. Например, винтовой распылитель ударного действия представляет собой полый винт с переменным шагом и изменяющимся наклоном плоскостей. Каждый виток спирали срезает с водяной струи пленку, которая, срываясь с плоскости, разрывается на отдельные капли. При давлении 60—80 м распылитель обеспечивает получение капель диаметром 100—120 мк.

Перечисленные способы не охватывают всех возможных методов получения распыленных струй. Часто, например, применяют способ деления сплошного потока на отдельные струйки путем просверливания в пасадке малых отверстий или придают струе в выходном сечении такую форму, при которой происходит быстрый распад потока на отдельные капли (например, в шаровых и щелевых распылителях). Широкое применение находят также комбинированные распылители, в которых сочетается сразу несколько способов распыливания воды, чем достигается нужная характеристика струй.

ГЛАВА 5. РАСЧЕТ НАСОСНО-РУКАВНЫХ СИСТЕМ

Практические задачи по подаче воды к месту пожара решаются с учетом совместной работы водопроводной сети, насосов и рукавных систем. При подаче воды для пожаротушения используют как стационарные насосы, устанавливаемые на насосных станциях, так и насосы пожарных автомобилей и мотопомп.

§ 24. КЛАССИФИКАЦИЯ НАСОСОВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ПОЖАРНОМ ДЕЛЕ

Большинство применяемых в технике насосов можно разделить по принципу действия на следующие основные группы:

1. Поршневые насосы, принцип действия которых основан на вытеснении жидкости из цилиндра с помощью поршня, совершающего возвратно-поступательное движение.

2. Роторные насосы, движение жидкости в которых осуществляется вращением ротора, имеющего вытеснители.

3. Струйные насосы, подсос перекачиваемой жидкости в которых осуществляется благодаря разрежению, создаваемому струей рабочей жидкости, газа или пара.

4. Центробежные и осевые (лопастные) насосы, работа которых основана на силовом взаимодействии перекачиваемой жидкости с вращающимся рабочим колесом насоса.

При организации пожарного водоснабжения преимущественное распространение получили центробежные насосы. Основными достоинствами центробежных насосов являются простота и компактность конструкции, относительно небольшая масса, удобство их соединения с электродвигателями и двигателями внутреннего сгорания, способность перекачивать сильно загрязненные жидкости, высокая производительность и способность к «саморегулированию». Последнее свойство проявляется в том, что при изменении расхода воды или прекращении ее подачи центробежный насос продолжает работать, не выходя из строя. Если же, например, заставить работать поршневой насос при закрытой задвижке, это может при-

вести к порче самого насоса или к разрушению напорного трубопровода.

Однако центробежные насосы имеют и существенный недостаток, заключающийся в том, что они не являются самовсасывающими. Поэтому необходимо предусматривать дополнительные вакуум-насосы (роторные, струйные) или использовать устройства (напорные баки), позволяющие заполнять всасывающие линии и корпус насоса водой.

§ 25. КЛАССИФИКАЦИЯ, УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

Центробежные насосы принято классифицировать по создаваемому напору, числу рабочих колес, способу подвода жидкости в рабочее колесо и отвода ее, расположению вала насоса, коэффициенту быстроходности и другим признакам.

По создаваемому напору различают насосы низкого давления, развивающие напор до 20 м, среднего давления — от 20 до 60 м и высокого давления — свыше 60 м.

По числу рабочих колес насосы делятся на одноступенчатые, двухступенчатые и многоступенчатые. Жидкость в них проходит через последовательно соединенные рабочие колеса, постепенно увеличивая напор до заданного предела. Производительность многоступенчатого насоса равна производительности одного рабочего колеса.

По способу подвода жидкости в рабочее колесо различают центробежные насосы с односторонним и двусторонним подводом. При одинаковом напоре производительность насосов с двусторонним подводом больше, чем у насосов с односторонним подводом, так как двусторонний вход, по существу, представляет параллельное соединение двух односторонних колес.

По способу отвода жидкости из рабочего колеса различают насосы с направляющим аппаратом и без него. В насосах без направляющего аппарата жидкость поступает из рабочего колеса в спиральный канал кожуха и затем либо отводится в напорную трубу через диффузор (одноступенчатый насос), либо по поперечным клапанам — к следующему рабочему колесу (многоступенчатый насос). В насосах с направляющим аппаратом жидкость прежде чем попасть в спиральный кожух или

канал, ведущий к следующему колесу, сначала проходит через направляющий аппарат, который способствует улучшению условий входа жидкости.

По расположению вала рабочего колеса различают насосы с горизонтальным и вертикальным валом. Насосы с вертикальным валом используют главным образом для откачки воды из глубинных колодцев и скважин.

По коэффициенту быстроходности n_s рабочие колеса центробежных насосов подразделяют на три группы: тихоходные $n_s=40-80$, нормальные $n_s=80-120$, быстроходные $n_s=120-200$. Коэффициент быстроходности характеризует конструктивные особенности серии подобных насосов и представляет собой частоту вращения эталонного рабочего колеса, которое, будучи геометрически подобно заданному колесу насоса при мощности $N=0,736$ кВт, напоре $H=1$ м, обеспечивает подачу $Q=0,075$ м³/с.

Коэффициент быстроходности определяют по формуле

$$n_s = 3,65 \frac{n \sqrt{Q}}{H^{0,75}}, \quad (88)$$

где Q — подача насоса, м³/с;

H — напор, развиваемый насосом, м;

n — частота вращения рабочего колеса в 1 мин.

Из формулы (88) следует, что при заданной частоте вращения коэффициент быстроходности n_s увеличивается с ростом подачи и с уменьшением напора. Поэтому тихоходные колеса служат для создания больших напоров при малой подаче, а быстроходные дают большую подачу при сравнительно незначительных напорах. Центробежные насосы с тихоходными и нормальными колесами наиболее часто применяют в пожарной технике.

Принципиальная схема центробежного насоса показана на рис. 38. Основной частью насоса является рабочее колесо, соединенное с валом. Рабочее колесо, состоящее из изогнутых лопастей, укрепленных в дисках, заключено в неподвижную спиральную камеру, переходящую в напорный патрубок. Жидкость к насосу подается через всасывающий патрубок.

Перед пуском насос и всасывающий патрубок заливают водой, после чего двигатель приводит во вращение колесо насоса. Под действием центробежных сил находящаяся в насосе жидкость начинает двигаться по ка-

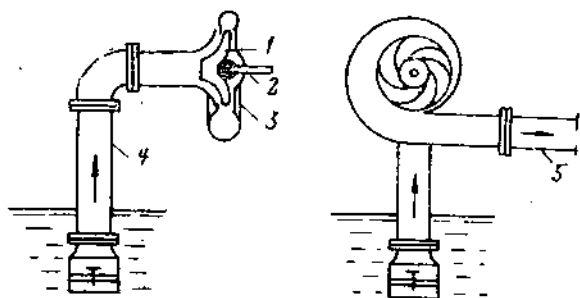


Рис. 38. Схема центробежного насоса

1 — рабочее колесо; 2 — вал; 3 — спиральная камера; 4 — всасывающий патрубок; 5 — напорный патрубок

налам между лопастями рабочего колеса в направлении от центра к окружности. Вследствие этого при входе в рабочее колесо в его центральной области образуется вакуум. Тогда под действием наружного (атмосферного) давления жидкость из резервуара по всасывающему трубопроводу поступит в центральную зону рабочего колеса. Таким образом, при постоянном вращении рабочего колеса создается непрерывный поток жидкости через насос. В процессе обтекания лопастей рабочего колеса и их силового воздействия на поток происходит преобразование механической энергии двигателя в энергию движения жидкости, причем на выходе из рабочего колеса жидкость обладает кинетической энергией, которая при поступлении жидкости в спиральную камеру вследствие увеличения сечения последней преобразуется в энергию давления. Преобразование кинетической энергии заканчивается в напорном патрубке, который часто делают в виде прямоосного диффузора.

§ 26. ОСНОВНЫЕ РАБОЧИЕ ПАРАМЕТРЫ НАСОСОВ

Насосы характеризуются следующими основными параметрами: подачей (расходом) Q , напором H , мощностью N , полным к. п. д. η и высотой всасывания $H_{\text{вс.}}$.

Подачей (расходом) насоса называется объем жидкости, перекачиваемый в единицу времени. Подача насоса измеряется в $\text{м}^3/\text{ч}$, $\text{м}^3/\text{мин}$, л/с.

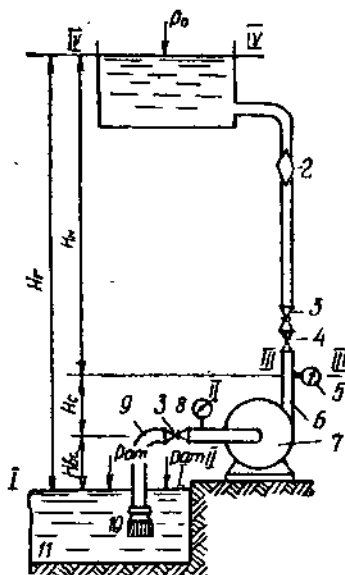


Рис. 39. Схема насосной установки
 1 — напорный резервуар; 2 — расходомер; 3 — задвижки; 4 — обратный клапан; 5 — манометр; 6 — напорный трубопровод; 7 — насос; 8 — вакуумметр; 9 — всасывающий трубопровод; 10 — всасывающая сетка; 11 — водоем

Напором насоса называют разность полных удельных энергий потока у выхода и входа в насос, вычисленную в метрах столба перекачиваемой жидкости.

Для пояснения сущности напора, развиваемого насосом, рассмотрим схему его работы при перекачивании жидкости из одного резервуара в другой (рис. 39).

Установим величину удельной энергии жидкости в сечении II—II, т. е. до насоса, и в сечении III—III после насоса относительно плоскости сравнения, совмещенной со свободной поверхностью жидкости в водоеме, из которого перекачивается жидкость:

$$e_2 = H_{вс} + p_{вс}/\gamma + V_{вс}^2/(2g);$$

$$e_3 = H_{вс} + H_0 + p_n/\gamma + V_n^2/(2g),$$

где

$H_{вс}$ — высота всасывания насоса;
 H_0 — расстояние по вертикали между точками установки вакуумметра и манометра;

$p_{вс}$ и p_n — абсолютные давления во всасывающем и напорном трубопроводах;

$V_{вс}$ и V_n — средние скорости жидкости во всасывающем и напорном трубопроводах.

Удельная энергия жидкости e_3 после насоса всегда больше удельной энергии e_2 до него. Разность этих величин есть напор, развиваемый насосом:

$$H = e_3 - e_2 = H_0 + (p_n - p_{вс})/\gamma + (V_n^2 - V_{вс}^2)/(2g). \quad (89)$$

Зная давление в насосной установке, т. е. имея показания манометра и вакуумметра, можно определить p_n и $p_{вс}$. Действительно, манометр, установленный на напорном трубопроводе, показывает избыточное давление в сечении III—III:

$$p_m = p_n - p_{ат}, \text{ откуда } p_n = p_m + p_{ат};$$

вакуумметр, установленный в сечении II—II, показывает разность между атмосферным и абсолютным давлениями в этом сечении:

$$p_{вак} = p_{ат} - p_{вс}, \text{ откуда } p_{вс} = p_{ат} - p_{вак}.$$

После подстановки в выражение (89) значений p_n и $p_{вс}$ получим формулу для определения напора насоса по показаниям манометра и вакуумметра:

$$H = H_0 + (p_{вак} + p_m) / \gamma + (V_n^2 - V_{вс}^2) / (2g). \quad (90)$$

Таким образом, полный напор H , развиваемый насосом, определяется высотой столба перекачиваемой жидкости H_0 между манометром и вакуумметром, суммой показаний этих приборов и разностью кинетической энергии жидкости за и перед насосом. Величина H_0 в зависимости от условий монтажа установки может принимать различные значения, в том числе и отрицательные, если манометр будет расположен ниже вакуумметра.

В случае равенства диаметров всасывающего и напорного патрубков ($V_{вс} = V_n$) из (90) получим формулу для определения напора:

$$H = H_0 + (p_{вак} + p_m) / \gamma. \quad (91)$$

Если насос питается от водопровода, обеспечивающего напор на выходе, то во всасывающем патрубке насоса будет не вакуум, а избыточное давление $p_{вх}$, и значит $p_{вс} = p_{ат} + p_{вх}$. Используя это выражение при подстановке в уравнение (89) значений p_n и $p_{вс}$, получим следующую формулу для определения полного напора:

$$H = H_0 + (p_m - p_{вх}) / \gamma + (V_n^2 - V_{вс}^2) / (2g). \quad (92)$$

Уравнения (90), (91) и (92) используют для определения напора работающего насоса при его испытании. В практических расчетах насосно-рукавных систем ча-

сто за напор, развиваемый насосом, принимают показания манометра, выраженные в метрах, т. е. $H = p_0/\gamma$.

Для определения напора по элементам насосной установки (2-й способ определения напора) составим уравнения Бернулли для сечений I—I и II—II, III—III и IV—IV:

$$z_1 + p_1/\gamma + V_1^2/(2g) = z_2 + p_2/\gamma + V_2^2/(2g) + h_{вс};$$

$$z_3 + p_3/\gamma + V_3^2/(2g) = z_4 + p_4/\gamma + V_4^2/(2g) + h_{н},$$

где $h_{вс}$ и $h_{н}$ — потери напора соответственно во всасывающем и напорном трубопроводах.

Приняв за плоскость сравнения плоскость I—I, выясним значения величин, входящих в уравнения:

$$z_1 = 0; \quad z_2 = H_{вс}; \quad z_3 = H_{вс} + H_0; \quad z_4 = H_{вс} + H_0 + H_{н};$$

$$p_1 = p_{ат}; \quad p_2 = p_{вс}; \quad p_3 = p_{н}; \quad p_4 = p_0;$$

$$V_1 = 0; \quad V_2 = V_{вс}; \quad V_3 = V_{н}; \quad V_4 = 0.$$

Тогда с учетом сделанных замечаний будем иметь:

$$p_{вс}/\gamma = p_{ат}/\gamma - H_{вс} - V_{вс}^2/(2g) - h_{вс};$$

$$p_{н}/\gamma = p_0/\gamma + H_{н} - V_{н}^2/(2g) + h_{н}.$$

После подстановки значений $p_{вс}/\gamma$ и $p_{н}/\gamma$ в уравнение (89) получим:

$$H = p_0/\gamma - p_{ат}/\gamma + H_{вс} + H_0 + H_{н} + h_{вс} + h_{н}.$$

Если учесть, что $H_{вс} + H_0 + H_{н} = H_r$ (H_r — геометрическая высота подъема жидкости), и положить $(p_0 - p_{ат})/\gamma = H_{св}$ (здесь $H_{св}$ — свободный напор), то формула для определения напора насоса по элементам насосной установки примет вид

$$H = H_r + h_{вс} + h_{н} + H_{св}. \quad (93)$$

Это выражение используется в практике для определения необходимого напора. Из формулы (93) следует, что напор, создаваемый насосом, расходуется на подъем жидкости, преодоление сопротивлений во всасывающем и напорном трубопроводах и на создание свободного напора в конце линии.

Мощность насоса представляет собой работу, совершаемую насосом в единицу времени. Мощность определяют следующим образом: насос перекачивает γQ , кг/с

жидкости и поднимает ее на высоту, соответствующую напору H . Следовательно, γQH представляет собой секундную работу или мощность. В данном случае затрачиваемая мощность расходуется только на полезную работу, связанную с перекачиванием жидкости, поэтому она называется эффективной мощностью

$$N_3 = \gamma QH. \quad (94)$$

По системе СИ мощность определяют в Вт или кВт по формуле

$$N_3 = \gamma QH / 102.$$

В действительности мощность, потребляемая насосом, больше эффективной, так как во время работы часть мощности теряется.

Эффективность работы насоса оценивается полным к. п. д. η насоса, который равен отношению эффективной (полезной) мощности N_3 насоса к потребляемой им мощности двигателя N :

$$\eta = N_3 / N. \quad (95)$$

Потребляемая мощность N , кВт может быть подсчитана по формуле

$$N = Mn / 975, \quad (96)$$

где M — крутящий момент на валу насоса в кг·м, величина которого измеряется динамометрами;

n — частота вращения вала насоса в 1 мин.

Полный к. п. д. насоса η определяют из выражения

$$\eta = \eta_r \eta_m \eta_o, \quad (97)$$

где η_r — гидравлический к. п. д. насоса, учитывающий гидравлические потери мощности в результате снижения напора при движении жидкости в корпусе насоса;

η_m — механический к. п. д. насоса, учитывающий механические потери мощности на трение в сальниках и подшипниках насоса;

η_o — объемный к. п. д., учитывающий потери мощности в результате циркуляции воды через щелевые зазоры между рабочим колесом и корпусом насоса от напорной полости во всасывающую.

Величина полного к. п. д. центробежных насосов зависит от их конструкции и изменяется в пределах 0,6—0,9.

Высота всасывания и явление кавитации. Необходимо различать вакуумметрическую высоту всасывания $H_{\text{вак}}$, характеризующую степень разрежения, возникающего у входа в насос, и геометрическую высоту всасывания $H_{\text{вс}}$, которая определяет высоту установки оси насоса над уровнем жидкости.

Вакуумметрическая высота всасывания зависит от атмосферного давления, температуры и удельного веса перекачиваемой жидкости, величины потерь напора во всасывающей линии насоса, конструктивных особенностей и др. Обычно допускаемая $H_{\text{вак}}$ указана в каталогах насосов.

Связь между вакуумметрической и геометрической высотами всасывания может быть установлена из уравнения Бернулли, составленного для сечений I—I и II—II относительно плоскости сравнения I—I (см. рис. 39).

Считая, что давление по поверхности жидкости равно атмосферному, а скорость течения в водоеме равна нулю, получим

$$p_{\text{ат}}/\gamma = H_{\text{вс}} + p_{\text{вс}}/\gamma + V_{\text{вс}}^2/(2g) + h_{\text{вс}},$$

откуда

$$H_{\text{вс}} = (p_{\text{ат}} - p_{\text{вс}})/\gamma - V_{\text{вс}}^2/(2g) - h_{\text{вс}}. \quad (98)$$

Так как $p_{\text{ат}} - p_{\text{вс}} = p_{\text{вак}}$ и $p_{\text{вак}}/\gamma = H_{\text{вак}}$, формулу (98) можно записать таким образом:

$$H_{\text{вс}} = H_{\text{вак}} - V_{\text{вс}}^2/(2g) - h_{\text{вс}}. \quad (99)$$

Из формулы (99) следует, что геометрическая высота всасывания меньше вакуумметрической на величину скоростного напора и потерь напора во всасывающем трубопроводе. С увеличением подачи насоса максимально допустимая высота всасывания уменьшается. Определяя высоту всасывания, необходимо иметь в виду, что при понижении давления $p_{\text{вс}}$ во всасывающем трубопроводе может происходить парообразование и нормальная работа насоса будет нарушена. Поэтому минимальное давление в насосе должно быть выше давления

парообразования жидкости, причем давление паров воды сильно увеличивается с повышением ее температуры.

$t, ^\circ\text{C}$	10	20	30	40	50
Давление паров воды, м	0,12	0,24	0,43	0,75	1,25

Продолжение

$t, ^\circ\text{C}$	60	70	80	90	100
Давление паров воды, м	2	3,17	4,8	7,1	10,33

Чем выше температура воды, тем меньше высота всасывания, и практически при $t \geq 70^\circ\text{C}$ забор воды становится невозможен. Обычно геометрическая высота всасывания для центробежных насосов составляет не более 5—7 м и лишь для некоторых типов насосов она доходит до 7,5—8 м.

Кавитация в насосе возникает из-за чрезмерного падения давления во всасывающей части насоса. Пониженные давления происходят по ряду причин, основными из которых являются:

- чрезмерная высота всасывания;
- высокая температура перекачиваемой жидкости;
- низкое атмосферное давление.

Явление кавитации заключается в том, что выделяющиеся из жидкости пузырьки пара увлекаются потоком и, попадая в область повышенного давления, мгновенно конденсируются, в результате чего происходит местное повышение давления. Кавитация сопровождается характерным шумом и треском, понижением напора и к. п. д. насоса, иногда наблюдается вибрация насоса. Особенно быстро при этом разрушается чугун, более стойкими металлами являются бронза и нержавеющая сталь. Поэтому кавитация при работе насоса недопустима, а высота всасывания должна быть такой, при которой возникновение кавитации невозможно.

§ 27. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

Изготовленные на заводе насосы подвергают стендовым испытаниям, в задачу которых входит определение зависимости напора, потребляемой мощности и к. п. д. насоса от его производительности. Графически выраженные зависимости $H=f(Q)$, $N=f(Q)$ и $\eta=f(Q)$ при постоянной частоте вращения $n=\text{const}$ называются рабочими характеристиками насоса.

Характеристики строят следующим образом. Регулируя степень открытия задвижки на напорном патрубке, получают различную подачу и соответствующие напоры для данного насоса при неизменной частоте вращения. Во время испытания насоса при каждом установленном расходе измеряют мощность на валу насоса N и подсчитывают значения к. п. д. Соединив соответствующие точки на графике плавными линиями, получают кривые $Q-H$, $Q-N$ и $Q-\eta$ (рис. 40).

Точка A характеристики насоса $Q-\eta$, отвечающая максимальному значению к. п. д., называется оптимальной точкой, так как она соответствует оптимальному режиму работы насоса.

Характеристика $Q-H$ называется главной рабочей характеристикой насоса.

Формы характеристики $Q-H$ центробежных насосов могут быть чрезвычайно разнообразными. Наиболее ха-

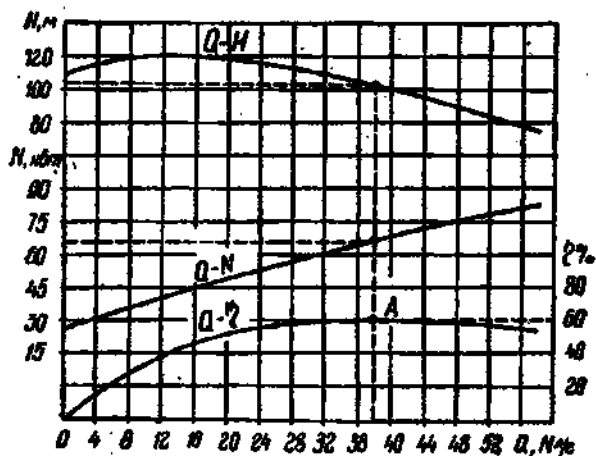
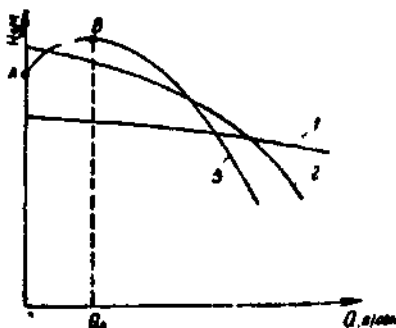


Рис. 40. Рабочая характеристика насоса ПН-40К

Рис. 41. Формы характеристик центробежного насоса

1 — пологая; 2 — крутопадающая; 3 — возрастающая



характерными являются (рис. 41) пологие, крутопадающие и возрастающие (имеющие максимум). Тип характеристики зависит от коэффициента быстроходности, числа лопастей, конструктивных особенностей различных деталей насоса.

Выбор типа насоса для конкретных условий производят с учетом формы рабочей характеристики.

Пологой характеристикой обладают насосы с коэффициентом быстроходности $n_s = 80 - 200$. Их особенностью является сравнительно небольшое изменение напора при значительном колебании расхода. Насосы с пологими характеристиками применяют при регулировании подачи задвижками. Поэтому пожарные насосы, установленные на автомобилях, мотопомпах, судах и т. п., подача которых по условиям работы изменяется в больших пределах, должны иметь пологую характеристику.

Крутопадающие характеристики имеют насосы с высоким значением коэффициента быстроходности ($n_s > 200$). Применение таких насосов выгодно, когда необходимы малые колебания расхода при значительном изменении напора, например, на насосных станциях первого подъема при колебании уровня воды в источнике.

Возрастающие характеристики имеют неустойчивый восходящий участок AB с низким к. п. д. В этой части кривой возможно образование неустойчивого режима, так как одному значению напора соответствует два значения подачи. Работа пожарных насосов с возрастающей характеристикой допускается только с расходами, превышающими расход Q_0 . Эти характеристики присущи тихоходным центробежным насосам.

Для выбора рабочего режима насоса пользуются универсальными характеристиками, представляющими собой кривые зависимости напора, мощности и к. п. д. от подачи насоса для различных частот вращения (рис. 42).

При расчете насосно-рукавных систем удобно использовать аналитическое выражение главных рабочих характеристик. Если кривую $Q-H$ считать параболой (что вполне приемлемо для практических расчетов), то ее можно выразить уравнением

$$H = a - bQ^2, \quad (100)$$

где H — напор насоса, м;

a, b — параметры, характеризующие тип насоса;

Q — подача (расход) насоса, л/с.

Характеристики насосов, установленных на пожарных автомобилях и мотопомпах, приведены в табл. 13.

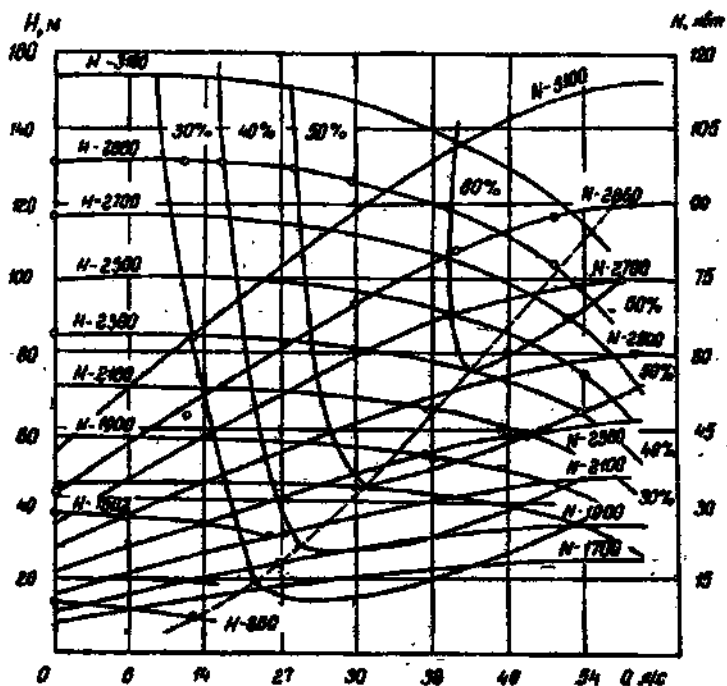


Рис. 42. Универсальная характеристика насоса ПН-30К

Модель мотопомпы автомобиля	Марка насоса	Параметры, характе- ризующие тип насо- са	
		a	b
M-600A	По марке мо- топомп	88	0,24
МГП-800А		86	0,045
МГП-1400, МГП-1600		102	0,015
ПМЗ-17-18	ПН-30	135	0,05
ПМГ-19, ПМГ-21, ПМГ-38	ПН-20	125	0,075
АЦ-20, АЦУ-20	ПН-20К	105	0,01
АЦ-30, АН-30, АА-30	ПН-30КФ	112	0,01
АЦ-30	ПН-30К	116	0,01
АЦ-40	ПН-40К	122	0,01
ПНС-110	ПН-110	117	0,0014
АЦ-40, АА-40	ПН-40У	114	0,01

§ 26. РАБОТА НАСОСА НА СЕТЬ

Необходимо, чтобы насос по своей характеристике соответствовал характеристике трубопровода, при этом максимальное отклонение к. п. д. работающего насоса не должно превышать 5—7% оптимального значения к. п. д.

Ранее была получена формула (93) для определения требуемого напора насоса с учетом сопротивлений во всасывающем и напорном трубопроводах:

$$H = H_r + h_{вс} + h_n + H_{св}.$$

Из гидравлики известно, что потери напора в трубах h могут быть выражены таким образом:

$$h = h_{вс} + h_n = sQ^2,$$

где s — сопротивление трубопроводов заданных длин и диаметров.

Следовательно, полный напор насоса может быть представлен как

$$H = H_r + H_{св} + sQ^2. \quad (101)$$

Так как для заданных условий H_r и $H_{св}$ известны, то формула (101) может быть записана в виде

$$H = z + sQ^2, \quad (102)$$

где $z = H_r + H_{св}$.

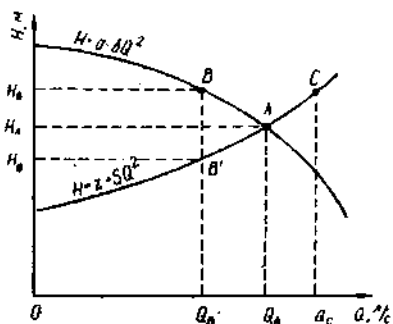


Рис. 43 Определение рабочей точки насоса

Выражение (102) является характеристикой насосной установки. Если характеристику трубопровода $H = z + SQ^2$ предоставить на одном графике с рабочей характеристикой насоса (100) $H = a - bQ^2$, то точка пересечения характеристик (точка A) будет рабочей точкой насоса (рис. 43). Если рабочая точка отвечает оптимальному режиму работы насоса, то он подобран правильно.

Если пропускная способность трубопровода Q_B меньше подачи насоса Q_A , то энергия двигателя затрачивается на создание излишнего напора $\Delta H = H_B - H_B'$, который вхолостую гасится задвижками. Если пропускная способность трубопровода Q_C больше подачи насоса Q_A , то подача жидкости в трубопровод в необходимом количестве невозможна. В этом случае для получения рабочей точки C необходимо: применить насос с другой характеристикой; или увеличить число оборотов насоса; или уменьшить потери напора в сети.

§ 29. РАСЧЕТ РУКАВНЫХ СИСТЕМ

Вода к месту пожара подается по рукавным системам от передвижных пожарных насосов. При достаточном напоре воды в водопроводной сети возможен ее отбор непосредственно от пожарных гидрантов.

В практике пожаротушения используются различные виды насосно-рукавных систем, выбор которых зависит от характеристики водопровода (водоотдачи, удаленности гидранта от очага пожара), характера развития пожара и ряда других показателей. Когда для тушения пожара требуется небольшое количество воды, прокладывают одну линию из последовательно соединенных рукавов с подачей одного ствола. При подаче большого количества воды от насоса прокладывают магистральную рукавную линию до места пожара и к ней через рукавное

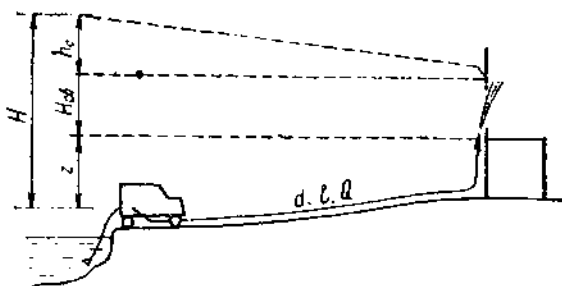


Рис. 44. Схема подачи воды от автопососа

разветвление присоединяют параллельные рабочие линии. Такой вид рукавной системы называют смешанным соединением рукавных линий. При тушении крупных пожаров используют лафетные стволы, вода к которым, как правило, подается по нескольким параллельным линиям.

Гидравлические расчеты рукавных систем сводятся к решению трех основных задач:

1) определение напора у насоса, если заданы расчетный расход воды, напор перед пожарным стволом, вид рукавной системы, а также длина и диаметр рукавов;

2) определение расхода воды из стволов при заданном напоре у насоса и системе подачи;

3) определение предельной длины рукавной системы по расчетному расходу воды и напору у насоса.

Определение напора у насоса. В практических расчетах насосно-рукавным систем, обычно определяют напор, фиксируемый манометром, который устанавливают на напорном патрубке насоса. Величина этого

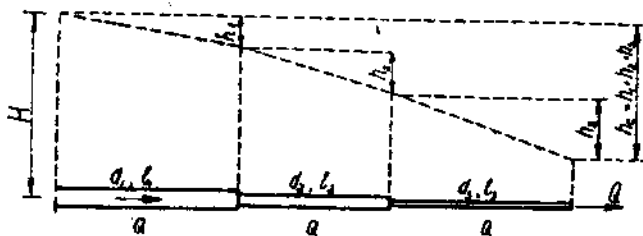


Рис. 45. Последовательное соединение рукавной системы

напора (рис. 44) зависит от преодоления сопротивлений в рукавной системе h_c , подъема жидкости на высоту z и создания свободного напора у ствола $H_{св}$ для подачи струи, т. е.

$$H = h_c + H_{св} + z. \quad (103)$$

Свободный напор у ствола определяют по формуле (73)

$$H_{св} = sQ^2.$$

Величина потерь напора в рукавных линиях зависит от схемы их прокладки.

При последовательном соединении рукавов (рис. 45) потери напора по отдельным участкам будут:

$$h_1 = A_1 l_1 Q^2 = s_1 Q^2;$$

$$h_2 = A_2 l_2 Q^2 = s_2 Q^2;$$

$$h_n = A_n l_n Q^2 = s_n Q^2.$$

Потери напора по всей системе составляют сумму потерь напора по отдельным участкам:

$$h_c = h_1 + h_2 + h_n = (s_1 + s_2 + \dots + s_n) Q^2.$$

Выражение в скобках представляют собой сопротивление всей системы последовательно соединенных рукавов s_c :

$$s_c = s_1 + s_2 + \dots + s_n. \quad (104)$$

Потери напора составят $h_c = s_c Q^2$.

При параллельном соединении рукавов (рис. 46) общее количество воды, протекающей через систему, равно сумме расходов отдельных ответвлений:

$$Q_c = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n,$$

а потери напора в каждом ответвлении равны между

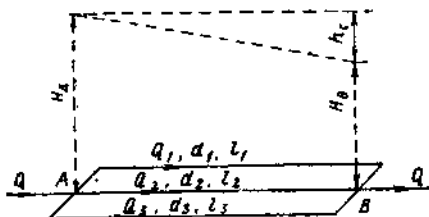


Рис. 46. Параллельное соединение рукавной системы

собой и соответствуют потерям напора всей системы, поскольку их определяют по одной общей формуле как разность пьезометрических напоров в начале и конце разветвленной зоны:

$$h_1 = h_2 = \dots = h_n = H_A - H_B = h_c. \quad (105)$$

Для каждого из параллельных участков можно написать

$$h_1 = s_1 Q_1^2; \quad h_2 = s_2 Q_2^2; \quad h_n = s_n Q_n^2,$$

откуда с учетом (105) найдем:

$$Q_1 = \sqrt{h_c/s_1}; \quad Q_2 = \sqrt{h_c/s_2}; \quad Q_n = \sqrt{h_c/s_n}.$$

Расход всей системы

$$Q = (1/\sqrt{s_1} + 1/\sqrt{s_2} + \dots + 1/\sqrt{s_n}) \sqrt{h_c}.$$

Отсюда потери напора в системе составят:

$$h_c = \frac{1}{(1/\sqrt{s_1} + 1/\sqrt{s_2} + \dots + 1/\sqrt{s_n})^2} Q^2.$$

В этом выражении дробь представляет собой сопротивление системы s_c для n параллельно соединенных участков:

$$s_c = \frac{1}{(1/\sqrt{s_1} + 1/\sqrt{s_2} + \dots + 1/\sqrt{s_n})^2}. \quad (106)$$

В результате для определения потерь напора получаем формулу

$$h_c = s_c Q^2,$$

которая по своему виду аналогична формуле для последовательного соединения, но имеет отличие при определении сопротивления системы.

При параллельном соединении n равноценных участков ($s_1 = s_2 = \dots = s_n$) общее сопротивление системы согласно (106) будет в n^2 раз меньше сопротивления одного участка:

$$s_c = s_1/n^2, \quad (107)$$

где s_1 — сопротивление одного участка.

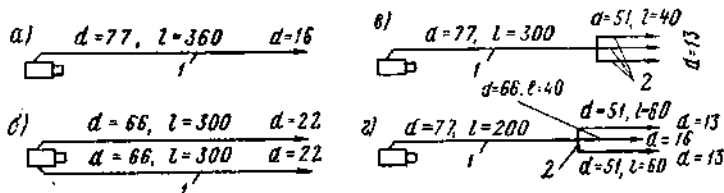


Рис. 47. Схемы насосно-рукавных систем

a — последовательное соединение; *б* — параллельное соединение; *в* — смешанное соединение с равноценными рабочими линиями; *г* — смешанное соединение с различными рабочими линиями; 1 — рукава прорезиненные; 2 — рукава непрорезиненные

Рассмотрим смешанную систему (рис. 47, *г*) с тремя пожарными стволами, вода к которым подается от насоса по магистральной линии, через разветвление и по трем рабочим линиям.

Спротивление отдельной рабочей линии с присоединенным стволом определяют по формуле

$$s_p = ns + s_{ст},$$

где n — количество рукавов в рабочей линии;

s — сопротивление одного рукава;

$s_{ст}$ — сопротивление ствола.

Общее сопротивление рабочих линий определяют по правилу параллельных соединений:

$$s_{общ.р} = \frac{1}{\left(1/\sqrt{n_1 s_1 + s_{1ст}} + 1/\sqrt{n_2 s_2 + s_{2ст}} + 1/\sqrt{n_3 s_3 + s_{3ст}}\right)^2}.$$

Если рабочие линии и стволы равноценны (рис. 47, *в*), то общее сопротивление устанавливают по формуле

$$s_{общ.р} = (n_1 s_1 + s_{1ст})/9.$$

Сопротивление магистральной линии s_M , составленной из одинаковых рукавов, будет равно:

$$s_M = n_M s.$$

Сопротивление всей смешанной системы, которую можно рассматривать как последовательное соединение магистральной линии и параллельных рабочих линий, равно сумме сопротивлений составляющих участков:

$$s_0 = s_M + s_{общ.р}.$$

Напор у насоса для смешанного соединения определяют по формуле

$$H = s_c Q^2 + z, \quad (108)$$

в которой потери напора в линиях и свободный напор учтены произведением $s_c Q^2$.

Таким образом, при определении требуемого напора у насоса необходимо в первую очередь вычислить сопротивление системы подачи воды к месту пожара.

При определении расхода воды по заданному напору учитывают характеристики насоса и рукавной системы. Эта задача может быть решена графически и аналитически. При графическом решении задачи строят характеристики насоса и рукавной системы, точка пересечения которых указывает на предельные возможности насоса при данных условиях. При аналитическом — совместно решают уравнения, характеризующие насос [уравнение (100)] и рукавную систему [уравнение (102)].

Приравняв правые части этих уравнений

$$a - bQ^2 = s_c Q^2 + H_{св} + z,$$

найдем величину расхода

$$Q = \sqrt{(a - H_{св} - z)/(s_c + b)}. \quad (109)$$

Определение предельной длины рукавных систем. Максимальную длину магистральных линий (рабочие линии длинными не устраивают) определяют при совместном решении уравнений, характеризующих насос и рукавную систему:

$$H = a - bQ^2; \quad H = (s_m + s_{обц.р}) Q^2 + z.$$

Выразив сопротивление магистральной линии через сопротивление n рукавов $s_m = n s$, получим:

$$n = (H - bQ^2 - s_{обц.р} Q^2)/(sQ^2). \quad (110)$$

Следует отметить, что из-за неровностей местности и невозможности прокладки прямых линий число рукавов на отрезке l определяют с коэффициентом запаса 1,2:

$$n = 1,2l/20, \quad (111)$$

**§ 30. РАСЧЕТ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ
НАСОСНО-РУКАВНЫХ СИСТЕМ
С ПОМОЩЬЮ ТАБЛИЦ**

Расчет совместной работы пожарных насосов и рукавных линий удобно производить с помощью таблиц, составленных на основании аналитического решения различных примеров. Использование таблиц рассмотрим на примерах расчета нескольких схем подачи воды к ручным стволам по магистральным и рабочим линиям.

Пример 1. Определить требуемый напор у насоса при подаче воды по линии $l=360$ м из прорезиненных рукавов $d=77$ мм к стволу с насадком $d=16$ мм. Ствол поднят на уровень четвертого этажа (рис. 47, а).

Решение. Определим последовательно напор у ствола, присоединенного к магистральной линии $H_{ст}=29$ м (табл. 14); расход из ствола равен расходу насоса $Q=300$ л/мин (табл. 16); потери напора в магистральной линии $h=6$ м (табл. 17). С учетом подъема ствола

ТАБЛИЦА 14
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПОРА У СТВОЛА $H_{ст}$ ПРИ ДЛИНЕ КОМПАКТНОЙ ЧАСТИ СТРУИ 17 М

Диаметр насадка, H мм	13	16	19	22	25
Напор у ствола, d м	33	29	27	26	25

ТАБЛИЦА 15
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПОРА В НАЧАЛЕ РАБОЧИХ ЛИНИЙ У РАЗВЕТВЛЕНИЯ H_p (ПРИНИМАЕТСЯ ПО ЛИНИИ, ТРЕБУЮЩЕЙ НАИБОЛЬШЕГО НАПОРА)

Напор у разветвления H_p , м	Линия из непрорезиненных рукавов		Напор у разветвления H_p , м	Линия из прорезиненных рукавов		
	$l=40$ м, $d=51$ мм	$l=60$ м, $d=51$ мм		$l=40$ м, $d=51$ мм	$l=60$ м, $d=51$ мм	$l=40-60$ м, $d=66-77$ мм
	Диаметр насадка, мм			Диаметр насадка, мм		
40	13, 16	—	35	13, 16	—	13—25
50	19	13, 16	40	19	13, 16	—
60	22	19	45	22	19	—
			55	—	22	—

ТАБЛИЦА 16

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ВОДЫ Q ДЛЯ РАБОЧЕЙ ЛИНИИ, Л/МИН

Напор у разветвления H_p , м	Диаметр насадка, мм				
	13	16	19	22	25
35	200	300	400	500	650
40	200	300	450	550	700
50	250	350	500	600	800
60	250	400	500	650	850

ТАБЛИЦА 17

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ НАПОРА h В МАГИСТРАЛЬНОЙ ЛИНИИ

Расход воды, л/мин	Рукава диаметром 66 мм, длиной, м										
	—	100	160	200	260	300	400	500	600	700	800
200	1	2	3	4	5	5	7	9	11	12	14
300	2	4	6	8	10	12	16	20	24	28	32
400	3	7	11	14	18	22	29	36	43	53	60
500	5	11	17	22	28	33	44	55	71		
600	8	17	27	34	44	52					
700	10	23	37	47							
800	14	30	48								
900	18	38	61								
	100	220	360	500	600	700	900				
	Рукава диаметром 77 мм, длиной, м										

на четвертый этаж $z=16$ м (табл. 18); требуемый напор у насоса будет:

$$H = H_{ст} + h + z = 29 + 6 + 16 = 51 \text{ м.}$$

Пример 2. Определить напор у насоса при подаче воды по рукавной системе, приведенной на рис. 47, б. Стволы подняты на уровень шестого этажа.

Решение. По табл. 14 напор у ствола $d=22$ мм составит $H_{ст}=26$ м; расход из одного ствола $Q_{ст}=500$ л/мин (см. табл. 16); потери напора в линии $h=33$ м (см. табл. 17). Учитывая подъем стволов на шестой этаж, $z=24$ м (см. табл. 18), напор у насосов будет равен $H=26+33+24=83$ м. Расход воды по обеим рукавным линиям составит 1000 л/мин.

Пример 3. Определить напор у насоса при подаче

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО НАПОРА У НАСОСА
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ВЫСОТЫ ПОДЪЕМА СТВОЛОВ z

Число этажей	1	2	3	4	5	6	7	8
Напор, м	4	8	12	16	20	24	28	32

воды по рукавной системе, приведенной на рис. 47, в. Стволы подняты на уровень четвертого этажа.

Решение. Напор в начале рабочих линий у разветвления (табл. 15) будет равен: $H_p=40$ м; расход воды из трех стволов с насадками $d=13$ мм составляет: $Q=200 \cdot 3=600$ л/мин (см. табл. 16). При этом расходе воды потери напора в магистральной линии равны около $h_m=22$ м (см. табл. 17). С учетом подъема стволов на уровень четвертого этажа $z=16$ м (см. табл. 18). Напор у насоса будет составлять:

$$H = h_m + H_p + z = 22 + 40 + 16 = 78 \text{ м.}$$

Пример 4. Определить напор у насоса при подаче воды по рукавной системе, приведенной на рис. 47, г. Стволы подняты на уровень второго этажа.

Решение. Согласно табл. 15 наибольший напор у разветвления при условии подачи воды по линии $d=51$ мм будет равен: $H_p=50$ м. Расход воды по рабочим линиям составит (см. табл. 16): для линий с насадками 13 мм $250 \cdot 2=500$ л/мин; для линии с насадком 16 мм при напоре у разветвления 50 м 350 л/мин. Расход по рукавной системе будет равен: $Q=500+350=850$ л/мин. При этом расходе потери напора в магистральной линии составят около $h_m=34$ м (см. табл. 17). Учитывая подъем стволов на второй этаж, $z=8$ м (см. табл. 18). Напор у насоса равен сумме:

$$H = h_m + H_p + z = 34 + 50 + 8 = 92 \text{ м.}$$

§ 31. ПЕРЕКАЧКА ВОДЫ АВТОНАСОСАМИ

Когда источники водоснабжения расположены на значительном расстоянии от места пожара и один автотасос не в состоянии развить необходимый напор, используют перекачку воды по рукавным линиям несколькими пожарными насосами, включенными последовательно. Перекачка воды может осуществляться следующими спо-

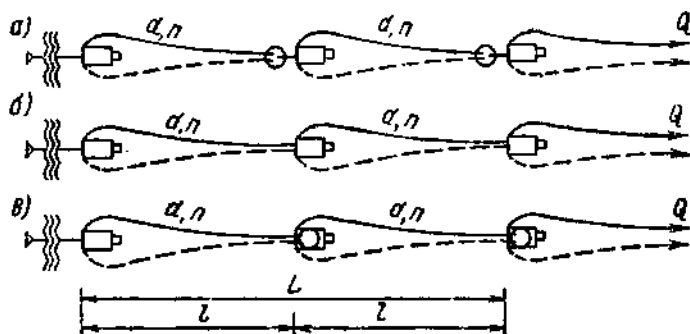


Рис. 48. Способы перекачки воды

a — через промежуточный бак; *б* — из насоса в насос; *в* — через бак автоцистерны.

собами: через промежуточный бак; непосредственно из насоса в насос; через бак автоцистерны, используемый в данном случае как промежуточная емкость.

Наиболее целесообразен первый способ (рис. 48, *a*), так как в этом случае облегчается регулировка работы насосов при наблюдении за уровнем воды в промежуточном баке. При втором способе (рис. 48, *б*) для более надежной работы системы в конце ступени перекачки (у всасывающего патрубка последующего насоса) необходимо иметь избыточный напор, равный 10 м. Образование вакуума в данном случае недопустимо, так как это может привести к сплющиванию рукавов, уменьшению и даже полному прекращению подачи воды. При перекачке по третьему способу (рис. 48, *в*) для увеличения подачи насосов воду из цистерны забирают через всасывающий рукав, опущенный в ее горловину.

Перекачку осуществляют как по одной линии, так и по двум и более параллельным линиям. Расчет перекачки не следует производить по максимальной подаче насоса (при полностью открытом дросселе), так как из-за колебаний работы насосов, некоторого различия их характеристик (например, вследствие изношенности), колебаний в уклоне местности и т. д. в среднем рабочий режим каждого насоса будет значительно меньше, чем максимальный.

Расстояние между смежными насосами (рис. 49) определяют из общего выражения

$$\alpha H = h,$$

где H — максимальный напор, развиваемый одним насосом;

h — потери напора в рукавных линиях, проложенных между смежными насосами;

α — коэффициент режима работы насоса, характеризующий отклонения расчетного режима от режима при максимальных оборотах. Приближенно α можно принять равным 0,75.

Так как при перекачке по одной рукавной линии $h = nsQ^2$, то

$$\alpha(a - bQ^2) = nsQ^2$$

и число рукавов, прокладываемых между смежными автономными насосами,

$$n = \alpha(a - bQ^2)/(sQ^2). \quad (112)$$

При подаче того же расхода Q по двум рукавным линиям потери напора в линиях уменьшатся в 4 раза:

$$\alpha(a - bQ^2) = nsQ^2/4,$$

поэтому расстояние между насосами увеличится в 4 раза по сравнению с перекачкой по одной рукавной линии:

$$n = 4\alpha(a - bQ^2)/(sQ^2) \quad (113)$$

(здесь n — число рукавов в одной из параллельных рукавных линий).

При решении задач по перекачке часто требуется определить необходимое число автомобилей, если известно расстояние между водоисточниками и местом пожара L , превышение головного автономного насоса над водоисточником z и задан расход Q (рис. 49).

Суммарный напор, создаваемый всеми насосами перекачки, должен расходоваться на преодоление сопротивления во всей рукавной линии от водоисточника до головного насоса h' и на подъем воды на высоту z .

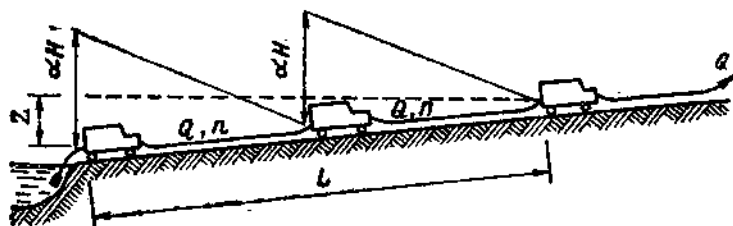


Рис. 49. Расчет числа автономных насосов, необходимых для перекачки

Это условие при числе насосов перекачки, равном k , можно представить в виде

$$k\alpha H = h' + z.$$

Тогда при перекачке по одной рукавной линии

$$k\alpha (a - bQ^2) = n'sQ^2 + z$$

число автономных (без головного насоса) определится как

$$k = (n'sQ^2 + z) / [\alpha (a - bQ^2)]. \quad (114)$$

При перекачке по двум параллельным рукавным линиям потери напора в системе уменьшатся по сравнению с первым случаем в 4 раза:

$$h' = n'sQ^2/4,$$

поэтому уменьшится и необходимое число автономных

$$k = (0,25n'sQ^2 + z) / [\alpha (a - bQ^2)], \quad (115)$$

(здесь n' — число рукавов в одной рукавной линии между водосточником и головным насосом).

Суммарное число автономных, необходимых для подачи воды к месту пожара с учетом головного автономного, будет равно:

$$\Sigma k = k + 1.$$

При расчете перекачки по сильно пересеченной местности с переменным уклоном указанными формулами пользоваться нельзя, так как при расстановке насосов на одинаковом расстоянии друг от друга возможна большая неравномерность в их загрузке. В этом случае места установки насосов определяют при последовательном расчете расстояний между смежными насосами, начиная от водосточника.

§ 32. ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РАБОТА НАСОСОВ НА ЛАФЕТНЫЕ СТОЛЫ

При тушении крупных пожаров используют мощные водяные струи, которые создаются лафетными стволами. Подача воды к лафетным стволам зачастую производится несколькими пожарными автономными насосами по схемам, изображенным на рис. 50.

Рассмотрим особенности каждой схемы. Пусть требуется из лафетного ствола получить струю с расходом $Q_{ст}$. Тогда свободный напор у ствола должен быть:

$$H_{св} = s_{ст} Q_{ст}^2,$$

где $s_{ст}$ — сопротивление ствола.

Необходимый напор у насоса и расход, который должен обеспечить каждый насос, будет зависеть от выбранной схемы подачи. Так, для схемы *a* расход лафетного ствола $Q_{ст}$ обеспечивает один насос $Q_n = Q_{ст}$. Напор же у насоса H_n будет равен сумме потерь напора в параллельных линиях, каждая из которых пропускает половину от общего расхода, т. е. $Q_{ст}/2$, свободному напору у ствола $H_{св}$ и превышению ствола z над насосом:

$$H_n = nsQ_{ст}^2/4 + H_{св} + z$$

(здесь s — сопротивление одного рукава длиной 20 м).

При подаче воды по схеме *б* каждый насос должен подавать только половину от общего расхода из ствола, т. е. $Q_n = Q_{ст}/2$; напор же, развиваемый насосом и необходимый для подачи этого количества воды, будет такой же, что и при подаче по схеме *a*.

Если от каждого насоса проложить по одной дополнительной линии (схема *в*), то при сохранившейся подаче насоса ($Q_n = Q_{ст}/2$) получим уменьшение требуемого напора на насосе из-за уменьшения потерь напора в рукавных линиях:

$$H_n = nsQ_{ст}^2/16 + H_{св} + z.$$

Таким образом, с увеличением числа насосов и параллельных рукавных линий, прокладываемых от каж-

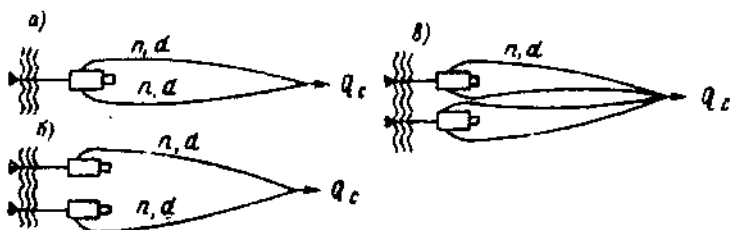


Рис. 50. Схемы параллельной работы автонасосов на лафетный ствол
a — один насос с двумя линиями; *б* — два насоса с двумя линиями; *в* — два насоса с четырьмя линиями

дого автомобиля, происходит уменьшение загрузки каждого отдельного насоса.

При параллельной работе насосов на лафетный ствол часто приходится решать задачу определения числа пожарных автомобилей при заданной рукавной системе и подаче ствола. Решение этой задачи начинаются с определения сопротивления рукавной системы. По схеме б (см. рис. 50) оно будет равно:

$$s_c = ns/k^2 + s_{ct}. \quad (116)$$

Когда же от каждого насоса проложено по две рукавные линии (схема б), то

$$s_c = ns/4k^2 + s_{ct}. \quad (117)$$

В этих формулах k — число автонасосов, которое соответствует для схемы б рис. 50 числу линий, прокладываемых от этих насосов.

При подстановке значений сопротивлений систем в равенство:

$$a - bQ_n^2 = s_c (kQ_n)^2 + z, \quad (118)$$

где kQ_n — расход воды из лафетного ствола, получим расчетные формулы для определения расхода из одного насоса

$$Q_n = \sqrt{(a - z) / (ns + s_{ct} k^2 + b)}, \quad (119)$$

если от каждого насоса проложено по одной рукавной линии, и если от каждого насоса проложено по две рукавные линии.

$$Q_n = \sqrt{(a - z) / (0,25ns + s_{ct} k^2 + b)}, \quad (120)$$

Совместное решение уравнений (116) и (118) позволяет определить число автомобилей для подачи воды по схеме б рис. 50:

$$k = Q_{ct} \sqrt{(b + ns) / (a - z - s_{ct} Q_{ct}^2)}; \quad (121)$$

решение уравнений (117) и (118) дает формулу для определения числа автомобилей при подаче по схеме в рис. 50:

$$k = Q_{ct} \sqrt{(b + 0,25ns) / (a - z - s_{ct} Q_{ct}^2)}. \quad (122)$$

Во всех формулах n — число рукавов в одной рукавной линии, s — сопротивление одного рукава.

ВОДОПРОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ И СООРУЖЕНИЯ

Противопожарному водоснабжению уделяют большое внимание при проектировании городов, промышленных предприятий и других объектов народного хозяйства. Однако самостоятельное противопожарное водоснабжение устраивают очень редко. Чаще всего требования пожарной охраны входят в комплекс общих задач водоснабжения населенных мест и промышленных предприятий.

Основные нормативные требования, предъявляемые к водоснабжению (водопроводным сооружениям и наружным сетям), изложены в строительных нормах и правилах: СНиП II-31-74 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Нормы проектирования» и СНиП II-Г.1-70 «Внутренний водопровод зданий. Нормы проектирования».

Противопожарное водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий может быть безводопроводное и водопроводное. Безводопроводное предусматривает использование в первую очередь естественных водисточников (рек, озер, прудов) или искусственных водисточников (колодцев, резервуаров, водохранилищ, каналов). Для водопроводного используют существующие водопроводы путем отбора воды пожарными автонасосами из гидрантов.

В зависимости от степени пожарной опасности производств и с учетом экономического фактора безводопроводное противопожарное водоснабжение предусматривают для предприятий с территорией не более 20 га и категорией производства Г и Д при расходе воды на наружное пожаротушение 20 л/с и менее, а также для населенных мест с числом жителей не более 5 тыс. человек и для отдельно расположенных общественных зданий.

Для отдельных производственных зданий I и II степени огнестойкости объемом не более 2000 м³ с произ-

водствами категории Д, а также для населенных мест с числом жителей до 50 человек при застройке зданиями высотой до двух этажей противопожарное водоснабжение можно не предусматривать.

ГЛАВА 6. СХЕМЫ ВОДОПРОВОДОВ. НОРМЫ НАПОРОВ И РАСХОДОВ ВОДЫ

§ 33. КЛАССИФИКАЦИЯ ВОДОПРОВОДОВ

Водопроводом называется комплекс сооружений, предназначенных для забора воды из водоисточника, ее очистки, хранения, транспортирования и распределения между потребителями. Системы водоснабжения по надежности подачи воды подразделяются на три категории и принимаются в зависимости от вида промышленного предприятия, количества жителей в населенном пункте и требований бесперебойности подачи воды (табл. 19).

ТАБЛИЦА 19

Водопотребитель	Категория надежности подачи воды
<p>Предприятия металлургической, нефтеперерабатывающей, нефтехимической и химической промышленности, электростанции, а также хозяйственно-питьевые водопроводы населенных пунктов с числом жителей более 50 000 чел., допускающие снижение подачи воды не более 30% в течение 3 сут.</p>	I
<p>Предприятия угольной, горнорудной, нефтедобывающей, машиностроительной и других видов промышленности, а также хозяйственно-питьевые водопроводы населенных пунктов с числом жителей до 50 000 чел. и групповые сельскохозяйственные водопроводы, допускающие снижение подачи воды не более 30% в течение до 1 мес. или перерыв в подаче воды в течение 5 ч</p>	II
<p>Мелкие промышленные предприятия, системы орошения сельскохозяйственных земель, а также хозяйственно-питьевые водопроводы населенных пунктов с числом жителей до 500 чел., допускающие перерыв в подаче воды до 1 сут. или снижение подачи воды не более 30% в течение 1 мес.</p>	III

В зависимости от вида обслуживаемого объекта водопроводы могут быть городские и промышленные. По назначению потребляемой воды водопроводы подразделяют на:

хозяйственно-питьевые, подающие воду, для приготовления пищи и удовлетворения санитарно-технических потребностей (работы санитарных узлов, ванны, душей и т. п.);

производственные, подающие воду для отопления, получения пара для технологических целей; мойки сырья, полуфабрикатов, готовой продукции;

пожарные;

объединенные, которые обеспечивают одновременно несколько назначений (например, хозяйственно-питьевой и пожарный, производственно-пожарный или хозяйственно-производственно-пожарный водопровод). Наиболее экономически целесообразны объединенные хозяйственно-питьевые пожарные водопроводы.

§ 34. ОБЩИЕ СХЕМЫ ВОДОПРОВОДОВ

В качестве источников водоснабжения могут быть использованы открытые и подземные водосточники. В зависимости от вида водосточника возможны следующие схемы водоснабжения:

а) схема подачи воды из открытых водосточников (рис. 51).

Вода из источника водоснабжения поступает в водозаборные устройства, откуда забирается насосной станцией первого подъема и подается на очистные сооруже-

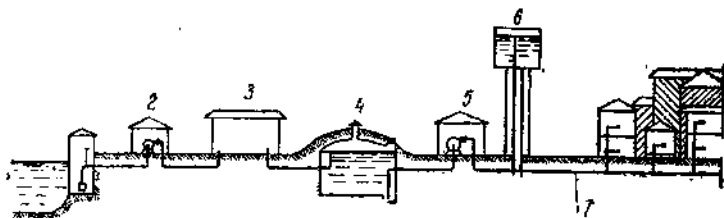


Рис. 51. Схема водопровода при открытых водосточниках

1 — водозаборный колодезь; 2 — насосная станция I подъема; 3 — очистные сооружения; 4 — запасной резервуар; 5 — насосная станция II подъема; 6 — водонапорная башня; 7 — водопроводная сеть

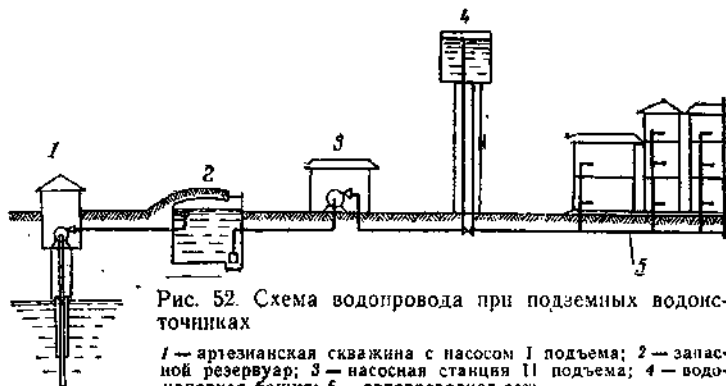


Рис. 52. Схема водопровода при подземных водосточниках
 1 — артезианская скважина с насосом I подъема; 2 — запасной резервуар; 3 — насосная станция II подъема; 4 — водонапорная башня; 5 — водопроводная сеть

ния. С очистных сооружений вода самотеком поступает в запасные резервуары чистой воды, из которых насосами насосной станции II подъема подается в водонапорную башню или водопроводную сеть.

Водозаборные устройства, насосная станция и очистные сооружения относятся к сооружениям I подъема. Запасной резервуар, вторая насосная станция, водонапорная башня и наружная водопроводная сеть — к сооружениям II подъема;

б) схема подачи воды из подземных водосточников (рис. 52).

Для забора воды из подземных водосточников устраивают шахтные колодцы, артезианские скважины. Из артезианской скважины вода подается в запасные резервуары, откуда перекачивается насосами насосной станции II подъема в водонапорную башню или водопроводную сеть.

От приведенных общих схем водопровода могут быть отступления, обусловленные местными природными условиями, различными требованиями потребителей и экономическими соображениями. Так, например:

в городах и на промышленных объектах при расходе воды 10 000 м³/сут и более водопроводные башни не строятся. В этом случае неравномерность водопотребления экономичнее регулировать работой насосов станции II подъема:

в горных условиях может отсутствовать насосная станция II подъема, так как благодаря рельефу местности вода самотеком под напором поступает в водопро-

водную сеть. Такие водопроводы называются самотечными:

если открытый водоисточник расположен вблизи промышленного объекта и очистка воды на промышленные нужды не требуется, то вода забирается насосной станцией и подается в водопроводную сеть;

отдельные водопроводные сооружения при близком их взаимном расположении могут находиться в одном здании;

в небольших водопроводах (при суточных расходах 200—300 м³) водонапорная башня может быть заменена пневматической установкой.

Если вблизи промышленного предприятия расположен рабочий поселок, то, как правило, строится один водопровод, обеспечивающий хозяйственно-питьевые и противопожарные нужды поселка и промышленного предприятия.

§ 35. СХЕМЫ ПОДАЧИ ВОДЫ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

В больших городах вода для промышленного предприятия подается от городской водопроводной сети.

При подаче воды для пожаротушения возможны следующие случаи.

1. Если от зданий объекта до гидрантов городской водопроводной сети расстояние не более:

для водопровода высокого давления

$$l = (120 - z_{зд})/1,2, \quad (123)$$

для водопровода низкого давления

$$l_1 = (150 - z_{зд})/1,2, \quad (124)$$

где 120 и 150—расчетные длины рукавных линий (см. § 36);

$z_{зд}$ — высота до конька крыши наиболее высокого на объекте здания;

1,2 — коэффициент, учитывающий изгиб рукавов,

то на объекте для наружного пожаротушения водопроводная сеть может не предусматриваться. В случае возникновения пожара тушение производится от гидрантов городской водопроводной сети.

2. Если от зданий объекта до гидрантов городской водопроводной сети расстояния более l и l_1 [указанных в формулах (123) и (124)], то на объекте необходимо предусматривать наружную водопроводную сеть с установкой на ней пожарных гидрантов.

Если напор в городской водопроводной сети будет меньше напора, необходимого для пожаротушения, на объекте устанавливают стационарные насосы, повышающие давление в объектовой водопроводной сети. Если в городской водопроводной сети недостаточен расход и напор воды, на объекте предусматривают запасные резервуары (рис. 53), откуда вода стационарными насосами подается в водопроводную сеть объекта.

Для регулирования работы насосов и водопроводной сети устанавливают водонапорные баки, из которых вода поступает в водопроводную сеть объекта в то время, когда насосы не работают или подают недостаточное количество воды.

При значительных расходах воды на промышленном объекте предусматривают объектовый водопровод со всеми необходимыми водопроводными сооружениями. Водопровод объекта может обеспечивать потребность в воде только частично, а остальное недостающее количество воды поступает от городской сети. Так, например, для хозяйственно-питьевых и пожарных нужд вода подается от городской сети, а производственные нужды обеспечиваются местным водопроводом (рис. 52) из подземных источников.

Производственные водопроводы по своей схеме могут быть несложными. Вода из источника водоснабжения насосами подается по цехам. Для некоторых процессов производства требуется подача воды под высоким давлением. Тогда на насосной станции устанавливают насосы низкого и высокого давления, подающие

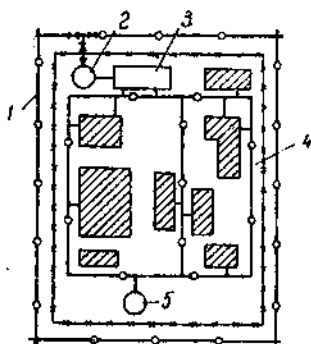


Рис. 53. Подача воды от городского водопровода в наружную водопроводную сеть объекта

1 — городская водопроводная сеть; 2 — запасной резервуар; 3 — повысительная насосная станция; 4 — наружная водопроводная сеть объекта; 5 — водонапорная башня

воду в самостоятельные водопроводные сети. Отработанные производственные воды отводятся самотеком через водосточную сеть в тот же водоем или реку, ниже по течению. Такая схема водоснабжения называется **прямоточной**.

Если в процессе производства вода не загрязняется, то ее охлаждают в брызгальных бассейнах, водоемах, градирнях и возвращают в технологические аппараты. Из источника водоснабжения приходится забирать только около 3—5% «свежей» воды, пополняющей потери в системе. Этот способ использования воды экономически целесообразен, когда источник водоснабжения находится далеко от промышленного предприятия или промышленное предприятие по рельефу местности расположено высоко относительно источника водоснабжения. Такое водоснабжение называется **оборотным**.

Иногда отработанная вода в одном цехе направляется в другой цех и только после этого поступает в канализацию. Например, на металлургическом заводе вода после охлаждения пода доменной печи используется повторно для увлажнения шихты, а также поступает на агломерацию (спекание мелкого рудного материала в куски). Такое водоснабжение называется **последовательным**.

Для пожаротушения могут быть использованы запасы воды в охлаждающих прудах, брызгальных бассейнах и градирнях. В этом случае необходимо предусмотреть к ним подъезды с твердым покрытием шириной не менее 3,5 м и устройства для забора воды.

Однако при строительстве водозаборных устройств следует иметь в виду, что забор горячей воды центробежными насосами производить трудно, а иногда, если температура воды более 60—70° С, и невозможно. При строительстве водозаборных устройств необходимо стремиться к тому, чтобы высота всасывания насосов (расстояние от зеркала воды до оси насоса) была минимальной.

§ 36. НОРМЫ НАПОРОВ ВОДЫ

Напор в наружной водопроводной сети устанавливается с учетом высоты или этажности зданий. При определении необходимого напора в расчет принимаются зда-

ния с этажностью, преобладающей в данном районе, и не принимаются единичные высотные здания.

Минимальный свободный напор над поверхностью земли в наружной сети хозяйственно-питьевого водопровода составляет не менее 10 м для одноэтажных зданий, а при большей этажности на каждый этаж необходимо добавлять 4 м. Свободный напор воды у внутренних пожарных кранов должен обеспечивать получение компактных пожарных струй, необходимых для тушения пожара на самой высокой и удаленной части помещения. Минимальный радиус действия компактной части струи в зданиях высотой до 50 м принимается не менее 6 м.

Зная радиус действия компактной части струи по табл. 20, можно определить напор у внутренних пожарных кранов.

Напоры, необходимые для наружного пожаротушения, зависят от принятой системы водопровода — высокого или низкого давления.

Водопровод высокого давления предусматривают на наиболее пожароопасных объектах (категории производства А, Б и В), например на нефтехимических заводах, лесобиржах, складах хлопка и т. п.

В населенных пунктах, как правило, проектируют водопроводы низкого давления, так как население не имеет необходимых средств пожаротушения (рукавов, стволов и т. п.), а в случае возникновения пожара приезжают пожарные части или добровольные пожарные дружины, которые имеют в своем распоряжении средства для забора воды из наружной водопроводной сети и подачи ее к месту пожара.

В крупных же городах повышение давления в наружной водопроводной сети стационарно установленными насосами практически нецелесообразно. В населенных пунктах гористой местности, где давление создается разностью геометрических отметок, используют водопровод высокого давления. На промышленных и других объектах устраняют пожарные водопроводы низкого и высокого давлений (высокого давления постоянного и высокого давления, создающегося только во время пожара).

При большой удаленности объекта от пожарных частей (более 2 км при производстве категорий А, Б и В и более 4 км при производстве категорий Г и Д) следу-

Радиус действия компактной части струи. Высота помпеша, м	Диаметр насадка пожарного ствола, мм													
	13				16				19				22	
	Расход воды на пожарную струю, л/с		Напор у пожарного крана в м при рукавах длиной, м		Расход воды на пожарную струю, л/с		Напор у пожарного крана в м при рукавах длиной, м		Расход воды на пожарную струю, л/с		Напор у пожарного крана в м при рукавах длиной, м		Расход воды на пожарную струю, л/с	
	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20
6	—	—	—	—	—	2,6	9,2	10	3,4	8,8	10,4	—	—	—
8	—	—	—	—	—	2,9	12	13	4,1	12,9	14,8	—	—	—
10	—	—	—	—	—	3,3	15,1	16,4	4,6	16	18,5	—	—	—
12	2,6	20,2	21	24,5	3,7	19,2	21	26,3	5,2	20,6	24	—	—	—
14	2,8	23,6	31,6	32,8	4,2	24,8	29,3	31,8	5,7	24,5	28,5	—	—	—
16	3,2	31,6	39	40,6	4,6	36	40	—	—	—	—	—	—	—
18	3,6	47,7	49,7	—	5,1	44	48	—	—	—	—	—	—	—
20	4	—	—	—	5,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Пожарные краны, $d_y = 50$ мм

6	—	—	—	—	—	2,6	9,2	10	3,4	8,8	10,4	—	—	—
8	—	—	—	—	—	2,9	12	13	4,1	12,9	14,8	—	—	—
10	—	—	—	—	—	3,3	15,1	16,4	4,6	16	18,5	—	—	—
12	2,6	20,2	21	24,5	3,7	19,2	21	26,3	5,2	20,6	24	—	—	—
14	2,8	23,6	31,6	32,8	4,2	24,8	29,3	31,8	5,7	24,5	28,5	—	—	—
16	3,2	31,6	39	40,6	4,6	36	40	—	—	—	—	—	—	—
18	3,6	47,7	49,7	—	5,1	44	48	—	—	—	—	—	—	—
20	4	—	—	—	5,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Пожарные краны, $d_y = 65$ мм

6	—	—	—	—	—	2,6	8,8	9	3,4	7,8	8,3	—	—	—
8	—	—	—	—	—	2,9	11	11,4	4,1	11,4	12,1	—	—	—
10	—	—	—	—	—	3,3	14	14,6	4,6	14,3	15,1	—	—	—
12	2,6	19,8	20,2	23,3	3,7	18	18,6	19,9	5,2	18,2	19,9	—	—	—
14	2,8	23	28,3	31,5	4,2	23	23,5	23	5,7	21,8	23	—	—	—
16	3,2	31	31,5	38,5	4,6	27,6	28,4	28	6,3	26,6	28	—	—	—
18	3,6	38	38,5	47	5,1	33,8	34,6	34,6	7	32,9	34,8	—	—	—
20	4	46,4	47	—	5,6	41,2	42,4	42,4	7,5	37,2	39,7	—	—	—
6	—	—	—	—	—	2,6	8,8	9	3,4	7,8	8,3	—	—	—
8	—	—	—	—	—	2,9	11	11,4	4,1	11,4	12,1	—	—	—
10	—	—	—	—	—	3,3	14	14,6	4,6	14,3	15,1	—	—	—
12	2,6	19,8	20,2	23,3	3,7	18	18,6	19,9	5,2	18,2	19,9	—	—	—
14	2,8	23	28,3	31,5	4,2	23	23,5	23	5,7	21,8	23	—	—	—
16	3,2	31	31,5	38,5	4,6	27,6	28,4	28	6,3	26,6	28	—	—	—
18	3,6	38	38,5	47	5,1	33,8	34,6	34,6	7	32,9	34,8	—	—	—
20	4	46,4	47	—	5,6	41,2	42,4	42,4	7,5	37,2	39,7	—	—	—
6	—	—	—	—	—	2,6	8,8	9	3,4	7,8	8,3	—	—	—
8	—	—	—	—	—	2,9	11	11,4	4,1	11,4	12,1	—	—	—
10	—	—	—	—	—	3,3	14	14,6	4,6	14,3	15,1	—	—	—
12	2,6	19,8	20,2	23,3	3,7	18	18,6	19,9	5,2	18,2	19,9	—	—	—
14	2,8	23	28,3	31,5	4,2	23	23,5	23	5,7	21,8	23	—	—	—
16	3,2	31	31,5	38,5	4,6	27,6	28,4	28	6,3	26,6	28	—	—	—
18	3,6	38	38,5	47	5,1	33,8	34,6	34,6	7	32,9	34,8	—	—	—
20	4	46,4	47	—	5,6	41,2	42,4	42,4	7,5	37,2	39,7	—	—	—
6	—	—	—	—	—	2,6	8,8	9	3,4	7,8	8,3	—	—	—
8	—	—	—	—	—	2,9	11	11,4	4,1	11,4	12,1	—	—	—
10	—	—	—	—	—	3,3	14	14,6	4,6	14,3	15,1	—	—	—
12	2,6	19,8	20,2	23,3	3,7	18	18,6	19,9	5,2	18,2	19,9	—	—	—
14	2,8	23	28,3	31,5	4,2	23	23,5	23	5,7	21,8	23	—	—	—
16	3,2	31	31,5	38,5	4,6	27,6	28,4	28	6,3	26,6	28	—	—	—
18	3,6	38	38,5	47	5,1	33,8	34,6	34,6	7	32,9	34,8	—	—	—
20	4	46,4	47	—	5,6	41,2	42,4	42,4	7,5	37,2	39,7	—	—	—

ет устанавливать стационарные пожарные насосы, дающие возможность тушить пожары непосредственно от гидрантов. Как правило, максимальный напор в наружной сети хозяйственно-питьевого водопровода не должен превышать 60 м, пожарного водопровода — 90 м.

В сети **пожарного водопровода низкого давления** свободный напор (на уровне поверхности земли) при пожаротушении должен быть не менее 10 м. Это обуславливается тем, что при обычных расходах воды, забираемых от сети насосами, потери напора во всасывающих рукавах близки к 10 м, вследствие чего при снижении напора в водопроводе нормальная работа насосов может нарушиться.

При расчете наружной водопроводной сети минимальный свободный напор в 10 м должен приниматься у наиболее удаленного или высоко расположенного по рельефу местного гидранта. Необходимый напор в наружной водопроводной сети у расчетного гидранта H_c складывается (рис. 54) из напора на уровне поверхности земли $H_{св}$, потерь напора в гидранте и пожарной колонке $h_{г.к}$ (при расчетном пожарном расходе воды) и геометрической высоты подъема воды z (от оси водопроводной трубы до поверхности земли):

$$H_c = H_{св} + h_{г.к} + z. \quad (125)$$

Потери напора в гидранте и пожарной колонке могут быть определены по формуле

$$h_{г.к} = s_{г.к} Q^2. \quad (126)$$

Сопротивление гидранта и колонки $s_{г.к} = 0,0051$ (по табл. 7.).

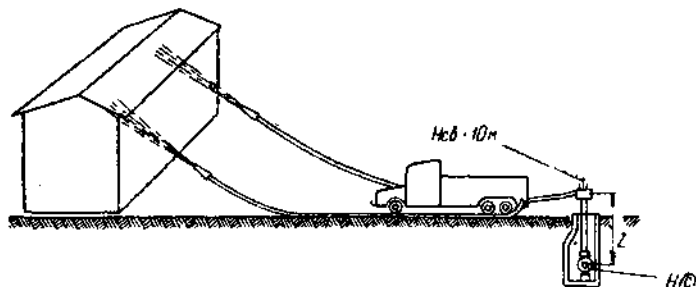


Рис. 54. Подача воды при водопроводе низкого давления

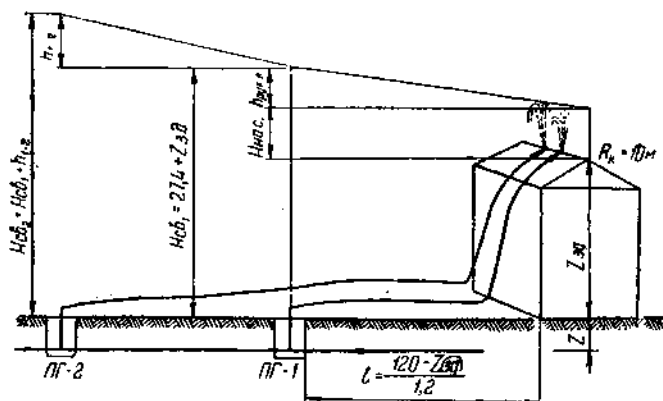


Рис. 55. Подача воды при водопроводе высокого давления

Пропускная способность гидранта пожарной колонки Q равна 30—40 л/с. Такую же максимальную подачу имеют и пожарные автонасосы, забирающие воду из наружной водопроводной сети.

Тогда:

$$h_{г.к} = 0,0051 \cdot 30^2 = 4,59 \text{ м};$$

$$h_{г.к} = 0,0051 \cdot 40^2 = 8,16 \text{ м}.$$

Таким образом, при расчете наружных водопроводных сетей у наиболее невыгодно расположенного гидранта необходимо принимать напор не менее

$$H_c = 10 + 5 + 2,5 = 17,5 \text{ м}.$$

Только при этом условии свободный напор на поверхности земли (на головке пожарной колонки) будет равен: $H_{св} = 10$ м.

При водопроводе высокого давления тушение пожара производится непосредственно от гидрантов наружной водопроводной сети. В этом случае на гидрант устанавливается пожарная колонка, к которой присоединяются пожарные рукава (рис. 55). В водопроводе высокого давления напор, необходимый для тушения пожара непосредственно от гидрантов, создается специально установленными на насосной станции стационарными пожарными насосами. Эти насосы должны быть оборудованы устройством, обеспечивающим их пуск не позднее

чем через 5 мин после подачи сигнала о возникновении пожара.

Свободный напор сети пожарного водопровода высокого давления должен обеспечивать подачу компактной струи на высоту не менее 10 м при расположении ствола на уровне наивысшей точки самого высокого здания на промышленном объекте.

От одного пожарного гидранта, установленного на водопроводе высокого давления, могут быть проложены несколько рукавных линий. Так как все линии, проложенные от гидранта, будут параллельны друг другу, для определения необходимого свободного напора достаточно рассчитать одну из них. При этом в расчет принимают пожарные рукава непрорезиненные длиной $l=120$ м, диаметром 66 мм и стволы с насадком диаметром 19 мм и расходом воды 5 л/с.

Свободный напор у гидранта (на уровне поверхности земли) в водопроводах высокого давления складывается из напора у насадка $H_{нас}$, потерь напора в рукавной линии $h_{рук.л}$ и геометрической высоты подъема воды на конек крыши здания $z_{зд}$:

$$H_{св} = H_{нас} + h_{рук.л} + z_{зд}. \quad (127)$$

Необходимый напор у насадка $H_{нас}$ определяют по формуле (73):

$$H_{нас} = s_{нас} Q_{нас}^2 = 0,634 \cdot 5^2 = 15,85 \text{ м},$$

где $s_{нас}=0,634$ — сопротивление насадка диаметром 19 мм (см. табл. на с. 57);
 $Q_{нас}=5$ л/с — расчетный расход воды.

Потери напора в рукавной линии определяют по формуле (56):

$$h_{рук.л} = s_{1 \text{ рук}} n Q^2 = 0,077 \cdot 6 \cdot 5^2 = 11,55 \text{ м},$$

где $s_{1 \text{ рук}}=0,077$ — сопротивление одного непрорезиненного рукава длиной 20 м и диаметром 66 мм (табл. 5);

$n=6$ — количество рукавов в 120-метровой линии.

Таким образом, подставляя в формулу свободного напора (127) $H_{нас}=15,85$ м и $h_{рук.л}=11,55$ м, получим

$$H_{св} = 27,4 + z_{зд}. \quad (128)$$

Необходимый напор в наружной водопроводной сети перед расчетным гидрантом H_c составляет сумму из свободного напора $H_{св}$, потерь напора в гидранте и пожарной колонке $h_{г.к}$ с учетом глубины заложения труб z , которая принимается в среднем равной 2,5 м:

$$H_c = H_{св} + h_{г.к} + z. \quad (129)$$

Потери напора в гидранте и пожарной колонке $h_{г.к}$ при расходе 10 л/с (подача воды от колонки по 2-метровым линиям) принимаются обычно равными 2 м.

Подставляя в формулу (129) известные значения величин, получим напор в наружной водопроводной сети у расчетного гидранта водопровода высокого давления:

$$H_c = 32 + z_{зд}. \quad (130)$$

Согласно СНиП II-31-74 (см. табл. 24—26), необходимые для наружного пожаротушения (на один пожар) расходы воды составляют в населенных пунктах 5—80 л/с и на промышленных предприятиях 10—100 л/с.

Пропускная способность пожарной гидранта диаметром 125 мм равна 30—40 л/с. В том случае когда требуются большие расходы воды у расчетного здания, устанавливают два-три гидранта, по возможности одинаково удаленные от здания на расстоянии не более $l = (120 - z_{зд})/1,2$ при водопроводе высокого давления и $l_1 = (150 - z_{зд})/1,2$ при водопроводе низкого давления.

§ 37. НОРМЫ РАСХОДОВ ВОДЫ

1. На хозяйственно-питьевые нужды населенных пунктов

При возникновении пожара водопроводные сооружения и сети должны пропустить одновременно с максимальными хозяйственно-питьевыми и производственными расходами воды и расход воды на тушение пожара. Нормы водопотребления на одного человека в населенных пунктах представлены в табл. 21.

Режим потребления воды по часам суток в населенных пунктах различный: в ночное время — минимальный, в утренние часы (с 7 до 10 ч) — максимальный. Колебания водопотребления происходит за короткие промежутки времени, однако при расчетах условно считают, что

Степень благоустройства районов жилой застройки	Водопотребление на одного жителя q , л/сут
Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией без ванны	125—160
То же, с ванными и местными водона- гревателями	160—230
То же, с централизованным горячим во- доснабжением	230—350

оно в течение 1 ч постоянно, а суточное водопотребление колеблется только по часам.

Расчетный (средний за год) суточный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды в населенном пункте определяют по формуле

$$Q_{\text{сут ср}} = (qN)/1000, \quad (131)$$

где q — норма водопотребления принимается по табл. 21,

N — расчетное число жителей.

Расчетные расходы воды в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления составляют:

$$Q_{\text{сут. макс}} = K_{\text{сут. макс}} Q_{\text{сут ср}}. \quad (132)$$

Коэффициент суточной неравномерности водопотребления принимают равным:

$$K_{\text{сут. макс}} = 1,1 - 1,3.$$

Расчетный максимально часовой расход воды определяют по формуле

$$Q_{\text{час. макс}} = K_{\text{час. макс}} \frac{Q_{\text{сут. макс}}}{24}. \quad (133)$$

Коэффициент часовой неравномерности водопотребления составляет:

$$K_{\text{час. макс}} = \alpha_{\text{макс}} \cdot \beta_{\text{макс}}, \quad (134)$$

где $\alpha_{\text{макс}}$ — коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия, принимаемый $\alpha_{\text{макс}} = 1,2 - 1,4$;

Часы суток	Регулирующая вместимость водонапорного бака						Регулирующая вместимость запасного резервуара					
	водопотребле- ние по часам сутки, %	водопотребле- ние по часам сутки, м ³	работа насосов насосной стан- ции, %	получение во- ды в бак, %	расхода воды на бак, %	остаток воды в баке, %	остаток воды в баке, м ³	работа насосов насосной стан- ции, %	уменьшение % резервуара	приток воды в резервуар, %	остаток воды в резервуаре, %	остаток воды в резервуаре, м ³
0—1	1,5	30	3,1	1,6	—	4,1	82	3,1	—	1,07	9,06	181,2
1—2	1,5	30	3,1	1,6	—	5,7	114	3,1	—	1,07	10,13	202,6
2—3	1,5	30	3,1	1,6	—	7,3	146	3,1	—	1,07	11,2	224
3—4	1,5	30	3,1	1,6	—	8,9	178	3,1	—	1,07	12,27	245,3
4—5	2,5	50	3,1	0,6	—	9,5	190	3,1	—	1,07	13,34	166,8
5—6	3,5	70	3,1	—	0,4	9,1	182	3,1	—	1,07	14,41	288,2
6—7	4,5	90	3,1	—	1,4	7,7	154	3,1	—	1,07	15,48	309,6
7—8	5,5	110	3,1	—	2,4	5,3	106	3,1	—	1,07	16,55	331
8—9	6,25	125	6	—	0,25	5,05	101	6	1,83	—	14,72	294,4
9—10	6,5	130	6	—	0,5	4,55	91	6	1,83	—	12,89	257,8

10—11	6,25	125	6	—	0,25	4,3	86	4,17	6	1,83	—	11,06	221,2
11—12	6	120	6	—	—	4,3	86	4,17	6	1,83	—	9,23	184,6
12—13	5	100	6	1	—	5,3	106	4,17	6	1,83	—	7,4	148
13—14	5	100	6	1	—	6,3	126	4,17	6	1,83	—	5,57	111,4
14—15	5,5	110	6	0,5	—	6,8	136	4,17	6	1,83	—	3,74	74,8
15—16	6	120	6	—	—	6,8	136	4,17	6	1,83	—	1,91	38,2
16—17	6	120	6	—	—	6,8	136	4,17	6	1,83	—	0	0
17—18	5,5	110	3,1	—	2,4	4,4	88	4,17	3,1	—	1,07	1,07	21,4
18—19	5	100	3,1	—	1,9	2,5	50	4,17	3,1	—	1,07	2,14	42,8
19—20	4,5	90	3	—	1,5	10	20	4,17	3	—	1,17	3,31	66,2
20—21	4	80	3	—	1	0	0	4,17	3	—	1,17	4,48	89,6
21—22	3	60	3	—	—	0	0	4,17	3	—	1,17	5,65	113
22—23	2	40	3	1	—	1	20	4,17	3	—	1,17	6,82	136,4
23—24	1,5	30	3	1,5	—	2,5	50	4,17	3	—	1,17	7,99	159,8
Итого	100	2000	100	—	—	—	—	100	100	—	—	—	—

$\beta_{\text{макс}}$ — коэффициент, учитывающий число жителей в населенном пункте, определяют следующим образом:

Число жителей, тыс. чел.	До 1	2,5	10	20	50	100	300	1000 и более
$\beta_{\text{макс}}$	2	1,6	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1

Расходы воды по часам суток в населенных пунктах и на промышленных предприятиях принимаются на основании графиков водопотребления. Пример водопотребления по часам суток приведен на графике (рис. 56), где на вертикальной оси показан расход воды в процентах от максимально-суточного, а на горизонтальной — часы суток. Работа насосов насосной станции II подъема отмечена пунктиром.

Почасовой график водопотребления за сутки можно представить также в виде таблицы. Для примера возьмем данные водопотребления в % для малых городов и составим расчетную табл. 22. Максимально-суточный расход воды примем равным $2000 \text{ м}^3/\text{сут}$. Предположим, что с 0 до 1 ч населенный пункт потребляет 1,5% максимально-суточного ее расхода, тогда

$$Q_{\text{ч}} = (2000 \cdot 1,5) / 100 = 30 \text{ м}^3/\text{ч},$$

или с 4 до 5 ч утра в населенном пункте потребляют 2,5% от $Q_{\text{макс.сут}}$, тогда

$$Q_{\text{ч}} = (2000 \cdot 2,5) / 100 = 50 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ и т. д.}$$

В табл. 22 представлены данные, по которым определяют регулируемую вместимость водонапорного бака и запасного резервуара чистой воды.

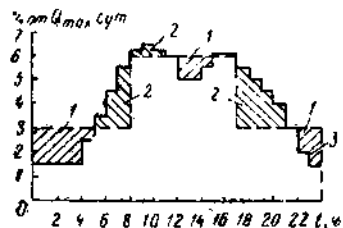


Рис. 56. График водопотребления по часам суток

1 — количество воды, поступающей в водонапорный бак; 2 — количество воды, уходящей из бака; 3 — кривая водопотребления

2. На производственные и хозяйственно-питьевые нужды промышленных объектов

Расход воды на производственные нужды промышленных предприятий принимается на основании технологических расчетов и указаний по строительному проектированию отдельных отраслей промышленности. При этом используют удельные нормы расхода воды на единицу продукции (1 м³ или 1 т): на выплавку стали 12—20 м³, на ректификацию сырого бензола 60—70 м³, на отбелку хлопчатобумажного волокна 280 м³, на изготовление газетной бумаги 500 м³, на производство искусственного волокна 1200—1700 м³.

Расход воды на хозяйственно-бытовые нужды рабочих промышленных предприятий определяют по табл. 23.

ТАБЛИЦА 23

Вид цеха	Нормы расхода воды на одного человека в смену, л	Коэффициент неравномерности водопотребления K_q
С тепловыделением более 20 кал/м ³ ·ч	45	2,5
В остальных цехах (например, деревообделочных, трикотажных, холодной обработки металлов и т. д.)	25	3

Зная число работающих в каждую смену, можно определить необходимые расходы воды по сменам, а также суточный ее расход. Часовой расход воды на одну душевую сетку на промышленных предприятиях равен 500 л, продолжительность пользования душем — 45 мин после окончания смены. При определении расчетного секундного расхода воды на пожар в производственных и вспомогательных зданиях расход воды на душ, мытье полов и поливку территории не учитывается.

При составлении проекта водоснабжения промышленного предприятия составляют таблицы водопотребления, аналогичные табл. 22. Таблица указывает часы минимального и максимального водопотребления, зная которые, можно установить часы работы насосов, время пополнения водонапорных баков и запасных резервуаров.

3. На пожаротушение

Количество воды, необходимое для пожаротушения, зависит на промышленных предприятиях от степени огнестойкости, объема здания, категории производства, а в населенных пунктах — от числа жителей и этажности зданий.

Общий расчетный пожарный расход воды $Q_{\text{пож}}$ складывается из расхода на наружное пожаротушение $Q_{\text{нар}}$ (от гидрантов) и на внутреннее пожаротушение $Q_{\text{вн}}$ (от внутренних пожарных кранов) в течение 3 ч, а также из расхода на спринклерные $Q_{\text{спр}}$ и дренчерные установки $Q_{\text{др}}$ в течение 1 ч:

$$Q_{\text{пож}} = Q_{\text{нар}} + Q_{\text{вн}} + Q_{\text{спр}} + Q_{\text{др}}. \quad (135)$$

Для зданий I и II степени огнестойкости с производствами категорий Г и Д расчетную продолжительность пожара следует принимать равной 2 ч. В объединенных водопроводах к расчетному пожарному расходу воды добавляется расход на хозяйственно-питьевые и производственные нужды.

Нормы расхода на наружное пожаротушение для населенных мест приведены в табл. 24. В этой таблице даны необходимые расходы воды на тушение одного пожара (от наружных гидрантов), а также указано расчетное количество пожаров, которое необходимо принимать при определении общего расхода воды на наружное пожаротушение. Под одновременным количеством пожаров подразумеваются пожары, возникающие в населенном пункте в течение трех смежных часов (расчетное время пожаротушения согласно СНиП II.31-74).

Расход воды на тушение пожара в жилых районах с одно- и двухэтажной застройкой, входящих в состав населенных мест со смешанной застройкой, определяют отдельно с учетом численности населения этих районов. Общий же расход воды устанавливают по общей численности населения, считая по смешанной застройке.

Расход воды и расчетное количество одновременных пожаров для населенных мест с числом жителей более 2 млн. надлежит устанавливать в каждом отдельном случае по согласованию с Госпожнадзором.

Расчетные расходы воды на наружное пожаротушение для населенных мест с числом жителей 50—500 че-

ТАБЛИЦА 24

Число жителей в населенном пункте, тыс. чел.	Расчетное число одновременных пожаров	Расходы воды, л/с	
		застройка до двух этажей, независимо от степени огнестой- кости	застройка в три этажа и выше, незави- симо от степени огнестойкости здания
До 5	1	10	10
» 10	1	10	15
» 25	2	10	15
» 50	2	20	25
» 100	2	25	35
» 200	3	—	40
» 300	3	—	55
» 400	3	—	70
» 500	3	—	80
» 600	3	—	85
» 700	3	—	90
» 800	3	—	95
» 1000	3	—	100
» 2000	4	—	100

ловек допускается принимать 5 л/с при продолжительности пожара 3 ч независимо от этажности и степени огнестойкости зданий.

Для промышленных предприятий расчетный расход воды на наружное пожаротушение через гидранты определяют согласно табл. 25.

ТАБЛИЦА 25

Степень огне- стойкости здания	Категория про- изводства по по- жарной опаснос- ти	Расходы воды, л/с на один пожар при объеме здания, тыс. м ³						
		до 3	от 3 до 5	от 5 до 20	от 20 до 50	от 50 до 200	от 200 до 400	более 400
I и II	Г, Д	10	10	10	10	15	20	25
I и II	А, Б, В	10	10	15	20	30	35	40
III	Г, Д	10	10	15	25	—	—	—
III	В	10	15	20	30	—	—	—
IV и V	Г, Д	10	15	20	30	—	—	—
IV и V	В	15	20	25	—	—	—	—

При определении расхода воды на наружное пожаротушение следует принимать расход воды на один пожар

по тому зданию, для которого требуется наибольший расход воды.

Расчетный расход воды на наружное пожаротушение для общественных зданий (школ, больниц, Домов культуры и т. п.), а также вспомогательных и административных зданий определяют по табл. 25, относя их к зданиям с производством категории В.

Нормы расхода воды на наружное пожаротушение в производственных зданиях без фонарей шириной 60 м и более устанавливают по табл. 26.

ТАБЛИЦА 26

Степень огнестойкости зданий	Категория производства по пожарной опасности	Расход воды на один пожар при объеме здания, тыс. м ³			
		до 50	от 50 до 100	от 100 до 200	от 200 до 300
I и II	A, Б и В	20	30	40	50
I и II	Г и Д	10	15	20	25

Продолжение табл. 26

Степень огнестойкости здания	Категория производства по пожарной опасности	Расход воды на один пожар при объеме здания, тыс. м ³				
		от 300 до 400	от 400 до 500	от 500 до 600	от 600 до 700	от 700 до 800
I и II	A, Б и В	60	70	80	90	100
I и II	Г и Д	30	35	40	45	50

Общий расчетный расход воды на наружное пожаротушение через гидранты (на один пожар) для производственных зданий, имеющих кровлю из металлического профилированного настила с пенополистиролом со светозащитными фонарями и зданий без фонарей шириной до 60 м принимают по наибольшему расходу воды по табл. 25 и 26.

Из общего расхода воды на пожаротушение кровли предусматривают подачу воды при площади кровли до 5000 м² 20 л/с, 5000 — 7500 м² 30 л/с, более 7500 м² 40 л/с.

Для указанных зданий шириной не более 24 м и высотой до карниза не более 10 м пожаротушение кровли производят от наружных пожарных гидрантов. Для зданий шириной более 24 м, высотой более 10 м необходимо обеспечить подачу воды на кровлю, предусматривая в местах размещения наружных лестниц установку сухих стояков $D=70$ мм с пожарным краном на верхнем конце стояка и соединительной головкой на нижнем.

Расчетное число одновременных пожаров на территории промышленного предприятия принимают.

а) при площади территории предприятия менее 150 га — один пожар;

б) при площади территории предприятия 150 га и более — два пожара (расход воды рассчитывают по двум зданиям, для тушения пожара в которых требуется наибольшее количество воды).

Если около промышленного предприятия расположен жилой поселок, а система водоснабжения совмещена, то число пожаров принимают:

при площади территории предприятия до 150 га с числом жителей до 10 тыс. чел. — один пожар (на предприятии или в поселке по наибольшему расходу воды);

при площади территории предприятия до 150 га и при числе жителей в поселке 10—25 тыс. чел. — два пожара (один пожар на предприятии и один в населенном пункте);

при площади территории предприятия 150 га и более и при числе жителей в поселке до 25 тыс. чел. — два пожара (два пожара на предприятии или два пожара в поселке по наибольшему расходу воды);

при числе жителей в населенном месте 25 тыс. и более — по табл. 24 для населенного места и по пунктам «а» и «б» для промышленного предприятия.

Расход воды в этом случае определяют как сумму необходимого большего расхода и 50% необходимого меньшего расхода (на предприятии или в населенном пункте).

Нормы расходов воды на внутреннее пожаротушение и количество струй принимают по СНиП II-Г.1-70 «Внутренний водопровод зданий» (табл. 27).

Определение расходов воды на спринклерное и дренчерное оборудование. При наличии в зданиях, кроме внутренних пожарных кранов, спринклерного оборудования, получающего воду непосредственно из наруж-

ТАБЛИЦА 27

Здания	Число струй	Расход воды на одну струю, л/с
Административные здания высотой 6—12 этажей и объемом до 25 000 м ³ включительно	1	2,5
Гостиницы и общежития высотой 4 этажа и более объемом до 25 000 м ³ включительно	1	2,5
Больницы и другие лечебно-профилактические учреждения, детские ясли-сады, детские дома, Дома ребенка, Дома пионеров, спальные помещения школ-интернатов, спальные корпуса пионерских лагерей, магазины, вокзалы, предприятия общественного питания и бытового обслуживания, ломбарды объемом 5000—25000 м ³ включительно	1	2,5
Санатории, пансионаты, дома отдыха, мотели, музеи, библиотеки, здания постоянных выставок, здания конструкторских и проектных организаций объемом 7500—25000 м ³ включительно	1	2,5
Помещения объемом 5000—25000 м ³ , расположенные под трибунами на стадионах, и спортивные залы объемом до 25 000 м ³ включительно	1	2,5
Вспомогательные здания промышленных предприятий объемом до 25 000 м ³ включительно	1	2,5
Актовые и конференц-залы, оборудованные стационарной киноаппаратурой при вместимости их на 200—700 мест независимо от этажности, объема и назначения здания, в котором размещен актовый или конференц-зал	1	2,5
Жилые здания высотой 12—16 этажей включительно	2	2,5
Административные здания высотой 6—12 этажей и объемом более 25 000 м ³	2	2,5

Здания	Число струй	Расход воды на одну струю, л/с
Общежития, гостиницы, пансионаты, санатории, дома отдыха, мотели, больницы и другие лечебно-профилактические учреждения, детские ясли-сады, детские дома, Дома ребенка, Дома пионеров, спальные корпуса пионерских лагерей и спальные помещения школ-интернатов, музеев, библиотек, здания постоянных выставок, магазины, вокзалы, предприятия общественного питания и бытового обслуживания, ломбарды, здания конструкторских и проектных организаций, учебные заведения объемом более 25 000 м ³	2	2,5
Вспомогательные здания промышленных предприятий объемом более 25 000 м ³	2	2,5
Помещения общим строительным объемом более 25 000 м ³ , расположенные под трибунами на стадионах, и спортивные залы объемом более 25 000 м ³ . Актовые и конференц-залы при вместимости их 700 мест и более	2	2,5
Производственные здания, гаражи высотой до 50 м (при хранении 10 и более автомобилей) и здания складов при объеме 5000 м ³ и более при хранении в них сгораемых материалов и негоряемых материалов в сгораемой упаковке	2	2,5
Жилые здания высотой 17—25 этажей	3	5
Жилые здания высотой более 25 этажей	6	5
Административные здания высотой более 50 м и объемом до 50 000 м ³	4	5
Административные здания высотой более 50 м и объемом более 50 000 м ³	8	5
Гостиницы, пансионаты, санатории и дома отдыха высотой более 50 м	8	5
Вспомогательные здания промышленных предприятий высотой более 50 м	8	6

Здания	Число струя	Расход воды на одну струю, л/с
Производственные здания высотой более 50 м	8	5
Котельные и тепловые электростанции	По соответствующим главам СНиП	
Театры, кинотеатры круглогодичного действия, клубы, Дома культуры, цирки, концертные залы, научно-исследовательские институты		

ного водопровода, расход воды на тушение пожара принимают:

в течение первых 10 мин (до включения пожарных насосов) — не менее 15 л/с, из них 10 л/с на питание спринклеров и 5 л/с на питание внутренних пожарных кранов от водонапорных баков или пневматических установок.

По истечении 10 мин после включения пожарных насосов спринклеры, внутренние пожарные краны и гидранты получают воду из запасного резервуара, который рассчитывается на трехчасовой запас воды исходя из следующих нормативных данных:

в течение первого часа тушения пожара должно подаваться не менее 55 л/с, из них 30 л/с на питание спринклеров, не менее 20 л/с на питание гидрантов и не менее 5 л/с на питание внутренних пожарных кранов. Расход воды на дренчерные установки определяют гидравлическим расчетом исходя из условия одновременного действия всех дренчеров секции при одновременном обеспечении расхода воды не менее 5 л/с на питание внутренних пожарных кранов и не менее 20 л/с на питание наружных гидрантов.

в течение последующих двух часов, т. е. после того, как дренчерная и спринклерная установки будут выключены, тушение пожара будет производиться от внутренних пожарных кранов и наружных гидрантов с расходами, определяемыми по табл. 25 и 26.

Если в спринклерованном здании число головок менее 30, принимается фактический расход на все спринклерные головки. Однако общий пожарный расход воды в этом случае должен быть не более 55 л/с.

Нормы расхода воды на спринклерные установки в производственных зданиях без фонарей шириной более 60 м с производствами категорий А, Б и В должны быть не менее:

При объеме здания до 100 тыс. м ³	30 л/с
» » » более 100 до 200 тыс. м ³	35 л/с
» » » » 200 до 300 тыс. м ³	40 л/с
» » » » 300 тыс. м ³	50 л/с

Определение расходов воды на пенные установки и установки с лафетными стволами. Полный пожарный расход воды при наличии пенных установок и установок с лафетными стволами должен приниматься в размере, необходимом на эти установки, с добавлением 25% расхода воды от гидрантов. При этом суммарный расход воды должен быть не менее указанного в табл. 25 и 26.

Приведенные выше нормы пожарных расходов воды не охватывают некоторых специфических объектов, например нефтебаз, лесобирж, торфяных предприятий и пр., для которых имеются специальные нормы, которыми и следует пользоваться.

ГЛАВА 7. ИСТОЧНИКИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ЗАБОРА И ОЧИСТКИ ВОДЫ

§ 38. ИСТОЧНИКИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Источники водоснабжения могут быть подземные и поверхностные. Выбор того или иного источника водоснабжения зависит от факторов, определяемых местными природными условиями, и должен быть обоснован технико-экономическими соображениями, а для питьевого водоснабжения — и санитарно-гигиеническими нормами. Для хозяйственно-питьевого водоснабжения часто используют глубоко залегающие подземные источники, вода из которых не требует очистки или требует только обеззараживания.

Подземные воды залегают на различной глубине и в различных породах. Слой грунта, в котором может скапливаться или перемещаться вода, называется водоносным слоем. Для того чтобы вода в грунте могла удерживаться, водоносный слой должен подстилаться водонепроницаемым слоем.

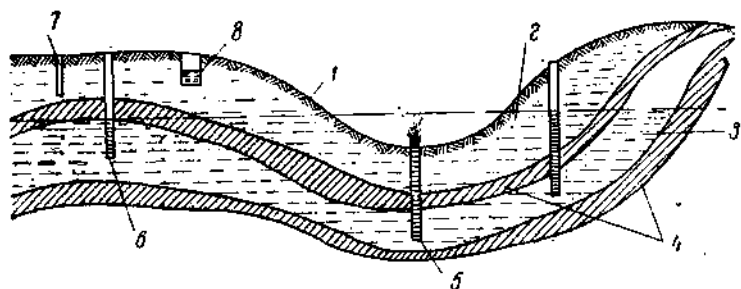


Рис. 57. Подземные воды

1 — почвенные воды, находящиеся в верхних слоях земли; 2 — грунтовые воды; 3 — межпластовые воды; 4 — водонепроницаемые пласты; 5 — скважина напорная; 6 — скважина безнапорная; 7 — буровая скважина; 8 — шахтный колодец

Подземные воды (рис. 57) подразделяются на:

1. Почвенные воды, находящиеся в верхних слоях земли. Для водоснабжения они не используются, так как обычно загрязнены.

2. Грунтовые воды. Они располагаются на значительной глубине, но сверху водонепроницаемым слоем не покрыты. Для забора грунтовой воды устраивают буровые скважины и шахтные колодцы.

3. Межпластовые воды. Они располагаются между водонепроницаемыми пластами земли и могут быть напорными и безнапорными. При устройстве скважины трубчатого колодца в напорном водоносном слое, уровень воды в котором выше поверхности земли, вода будет изливаться на поверхность земли. Скважину в этом случае называют артезианской напорной самоизливающейся. Если вода из скважины не выходит на поверхность земли, то такую скважину называют артезианской несамоизливающейся.

4. Ключевые воды — подземные воды, выходящие на поверхность земли в виде потока.

§ 39. СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ЗАБОРА ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Для получения подземной воды устраивают:

каптажные камеры, если подземная вода выходит на поверхность земли в виде нисходящих (безнапорных) и восходящих (напорных) ключей;

горизонтальные водосборы;
 вертикальные водосборы, выполненные в виде шахтных колодцев (при глубине водоносного слоя не более 30 м);

трубчатые колодцы (буровые скважины) (при глубине водоносного слоя более 10 м).

Конструкция каптажных камер зависит от вида ключа. Напорные восходящие ключи (рис. 58) встречаются

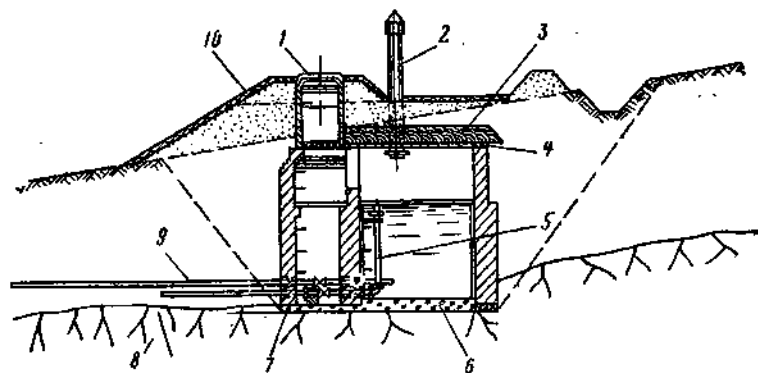


Рис. 58. Кирпичная каптажная камера восходящего ключа

1 — люк; 2 — вентиляционная труба асбестоцементная; 3 — плотно утрамбованный глинистый грунт; 4 — железобетонные плиты; 5 — переливная и грязевая труба; 6 — гравийная подушка с водоприемными отверстиями; 7 — бетон марки 50; 8 — скальный грунт; 9 — расходная труба; 10 — растительный грунт

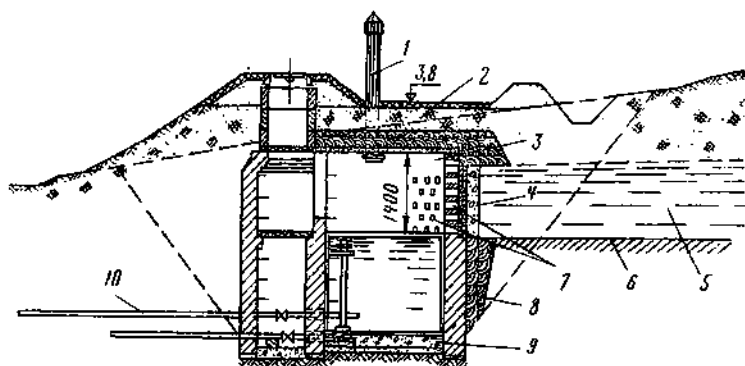


Рис. 59. Железобетонная каптажная камера нисходящего ключа

1 — вентиляционная труба; 2 — глиняно-щебеночная отмостка; 3 — каптажная камера; 4 — фильтр из гальки и гравия; 5 — водоносный пласт; 6 — скальный грунт; 7 — водоприемные отверстия; 8 — плотно утрамбованный глинистый грунт; 9 — слой гравия и железобетонная плита дна; 10 — расходная труба

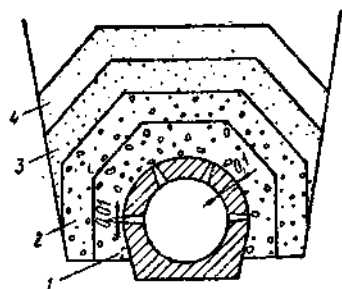
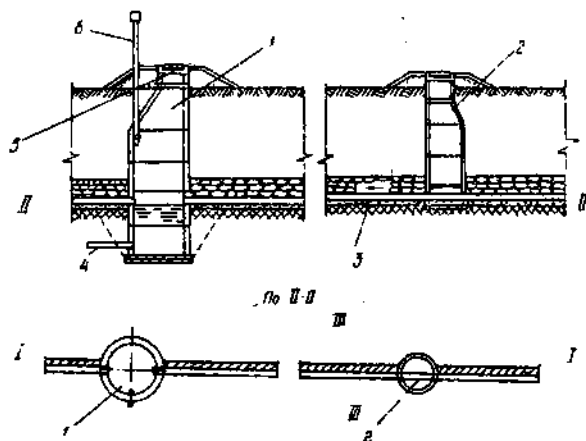


Рис. 60. Бетонная труба и схема дренажа для сбора подземных вод

1 — щебень; 2 — гравий; 3 — песок крупный; 4 — песок мелкий

Рис. 61. Конструкция горизонтального водосбора трубчатого типа

1 — сборный колодец; 2 — смотровые колодцы; 3 — водосборный трубопровод; 4 — расходная труба; 5 — люк; 6 — вентиляционная труба



в равнинной местности. В них вода поднимается снизу вверх. Для того чтобы вода не растекалась и имела максимальный выход, применяют круглые колодцы, дно которых устилают гравийно-песчаным фильтром.

Безнапорные нисходящие ключи встречаются в пересеченной гористой местности. В них вода движется сверху вниз. Каптажные камеры в этом случае устраиваются в виде горизонтального или вертикального водосбора, пересекающего подземный поток (рис. 59). Вода в водосборник поступает через отверстия в стенах.

При малом каптаже могут устраиваться несколько камер. Вода из них поступает в сборный резервуар, откуда забирается насосами насосной станции I подъема и подается в наружную водопроводную сеть или в запасной резервуар.

Горизонтальные водосборы выполняют из бетонных (рис. 60), чугунных, керамических труб с отверстиями, а также из каменных или кирпичных галерей, которые располагают перпендикулярно направлению грунтового потока. Снаружи стенки горизонтального водосбора обсыпают гравием, сверху галереи укладывают слой грунта, составляющего водоносный пласт, крупного и мелко песка, глины и земли.

Для сбора воды из горизонтальных водосборов (рис. 61) устраивают водосборный колодец, откуда вода забирается насосами I подъема и подается в запасной резервуар.

Шахтные колодцы устраивают из кирпича, камня, бетона, железобетона и как временные — из дерева. Поступает вода в шахтный колодец через отверстия в нижней части стенок и через дно. Из шахтных колодцев А (рис. 62) вода забирается сифоном (если динамический уровень воды от поверхности земли расположен на глубине 10—12 м) или специально установленными насосами. Из нескольких шахтных колодцев вода сифоном подается в специальный водосборный колодец Б, откуда забирается насосами и подается потребителям или в запасные резервуары.

Сифон состоит из трубопровода, опущенного ниже уровня воды в сборный колодец Б, трубопровода и водоподъемных трубопроводов. Для удаления воздуха, выде-

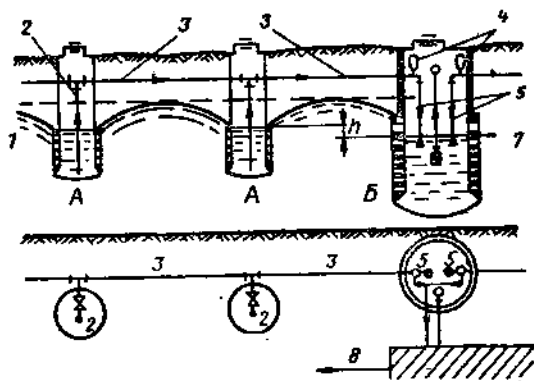


Рис. 62. Схема забора воды шахтными колодцами

1 — кривая депрессии; 2 — водоподъемный трубопровод; 3, 5 — трубопроводы; 4 — воздушный колпак; 6 — статический уровень; 7 — динамический уровень; 8 — насосная станция

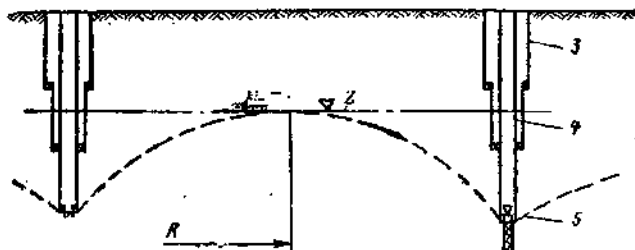


Рис. 63. Депрессионные воронки буровых (трубчатых) скважин

1 — фильтр; 2 — статический уровень; 3 — трубы обсадные; 4 — труба, подающая воду; 5 — динамический уровень

ляющегося из воды и проникающего в сифон через неплотности, на высшей точке устанавливается воздушный колпак. При пуске сифона в действие вакуум-насосом из трубопроводов выкачивается воздух, создается разрежение, и вода из шахтных колодцев начинает вступать в водосборный колодец.

Для крупных централизованных систем водоснабжения шахтные колодцы устраивают редко, так как в этих случаях экономичнее использовать хотя и глубокие, но более мощные водоносные пласты с забором воды с помощью трубчатых колодцев.

Трубчатый колодец (рис. 63 и 64) представляет собой скважину, стенки которой закреплены обсадными трубами из чугуна или стали (диаметром 150—600 мм). В нижней части колодца устраивают фильтр (рис. 65), через который вода поступает в колодец.

Скважину делают бурением, поэтому трубчатые колодцы часто называют буровыми колодцами или буровыми скважинами.

Уровень подземной воды до откачки ее на поверхность называется статическим. При откачке воды из скважины или шахтного колодца уровень воды водоносного пласта понижается и устанавливается на определенном горизонте, который называется динамическим. В вертикальном разрезе понижение уровня воды изображается кривой, которая называется кривой депрессии (рис. 63). Количество воды, которое может быть получено при понижении динамического уровня на 1 м, называется удельным дебитом данного водоносного горизонта.

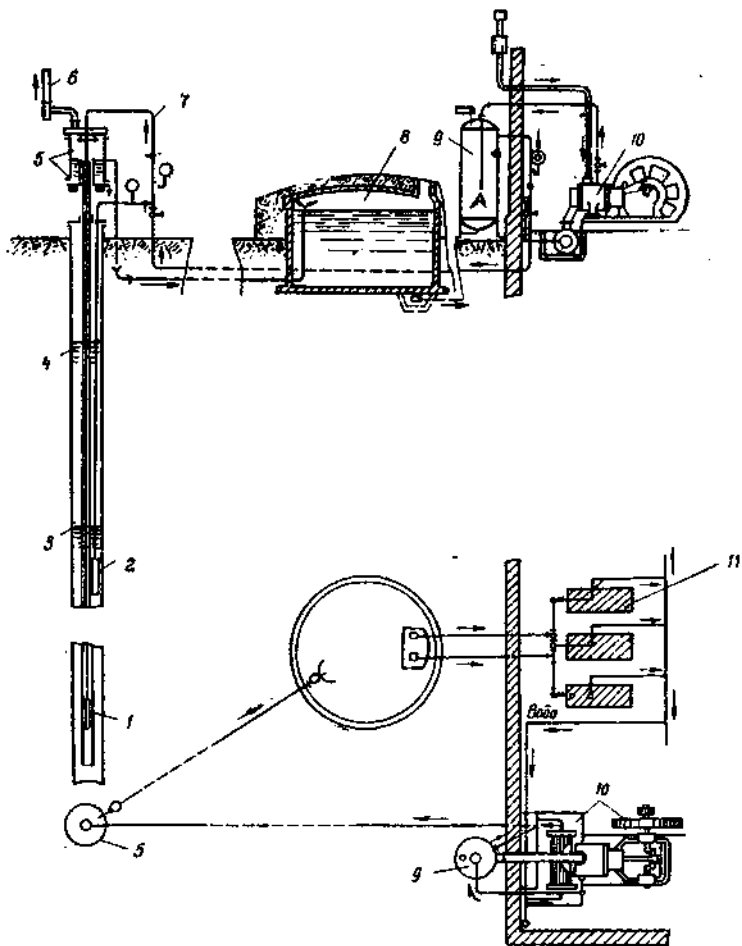


Рис. 64. Схема воздухоподъемника

1 — форсунка; 2 — конец пневматического прибора для измерения уровня воды в скважине; 3 — динамический уровень воды; 4 — статический уровень воды; 5 — приемный бачок; 6 — вентиляционная труба; 7 — воздухопровод; 8 — запасной резервуар; 9 — ресивер; 10 — компрессор; 11 — насосы 11 подъема

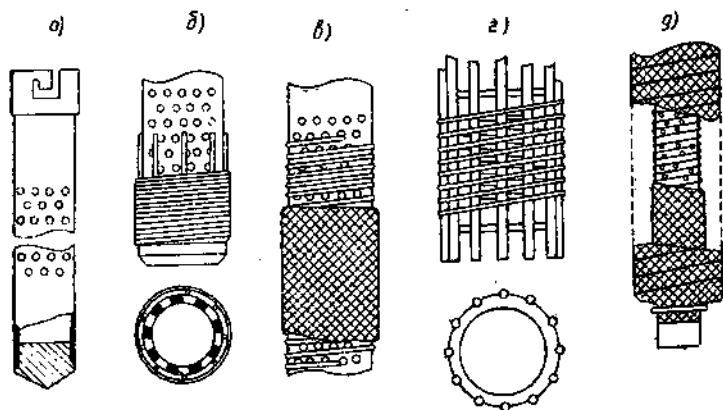


Рис. 65. Типы фильтров

а — дырчатый; б — проволочный; в — сетчатый; г — каркасно-стержневой; д — гравийный

Вода из безнапорных буровых скважин (см. рис. 57), а также несамоизливающихся напорных артезианских скважин забирается при помощи:

1) погружных центробежных насосов. Электромоторы в этом случае могут опускаться в скважину вместе с насосами или располагаться над скважиной и соединяться с насосом через специальный вал;

2) штанговых (поршневых) насосов;

3) воздухоподъемника (рис. 64), в котором сжатый воздух компрессорами по воздушной трубе нагнетается в нижнюю часть водяной трубы скважины. В этом случае в скважине образуется смесь воды с воздухом, которая легче воды, находящейся около скважины. Смесь воды с воздухом поднимается на поверхность и попадает в воздухоотделитель. Воздух отделяется и через вентиляционный стояк выходит наружу. Из воздухоотделителя вода поступает самотеком в запасной резервуар. Недостатком воздухоподъемников является малый к. п. д., составляющий около 25—35%. Однако вследствие простоты и надежности устройства такие системы нашли широкое применение.

При наличии напорной самоизливающейся артезианской буровой скважины установка насосов не требуется. Вода под естественным напором по трубам отводится в запасной резервуар.

§ 40. СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ЗАБОРА ВОДЫ ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Сооружения для приема воды из поверхностных водоисточников называются водоприемниками. Из водоприемника вода по самотечному трубопроводу поступает в водосборный колодец, откуда забирается насосами насосной станции I подъема (рис. 51). Конструкция водоприемника зависит от колебания горизонтов реки, скорости движения воды, горизонта ледостава, характера грунта русла, качества воды и направления движения взвешенных и особенно донных наносов.

Водозаборные сооружения располагают на участке реки с устойчивым руслом и с постоянными глубинами возможно ближе к водопотребителю и вне зоны движения судов и плотов.

Для глубинных рек с чистой водой применяют русловые водоприемники, простейшим из которых является стояк из чугунных или стальных труб. Для уменьшения засасывания в водоприемник движущихся в воде взвешенных частиц к концу колена прикрепляют воронку. На конец воронки надевают решетку, которая предотвращает попадание крупных тел (рис. 66).

На судоходных или сплавных реках водоприемники из труб легко могут быть повреждены судами и сплавляемым лесом. Поэтому такие водоприемники защищают ряжевой или каменной облицовкой. Ряжевый водоприемник (рис. 67) изготовляют из бревен с двойными стенками, имеющими щелевые отверстия и днище. В промежутки между стенками засыпают крупный камень, придающий водоприемнику устойчивость.

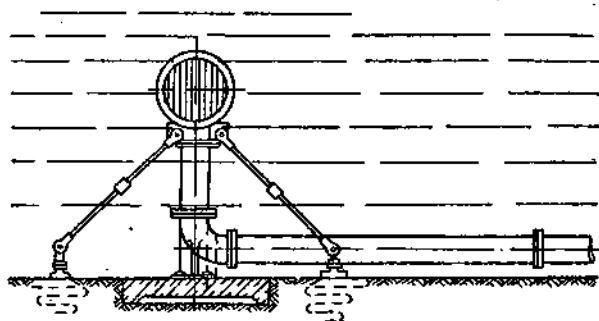


Рис. 66. Забор воды из глубоких рек

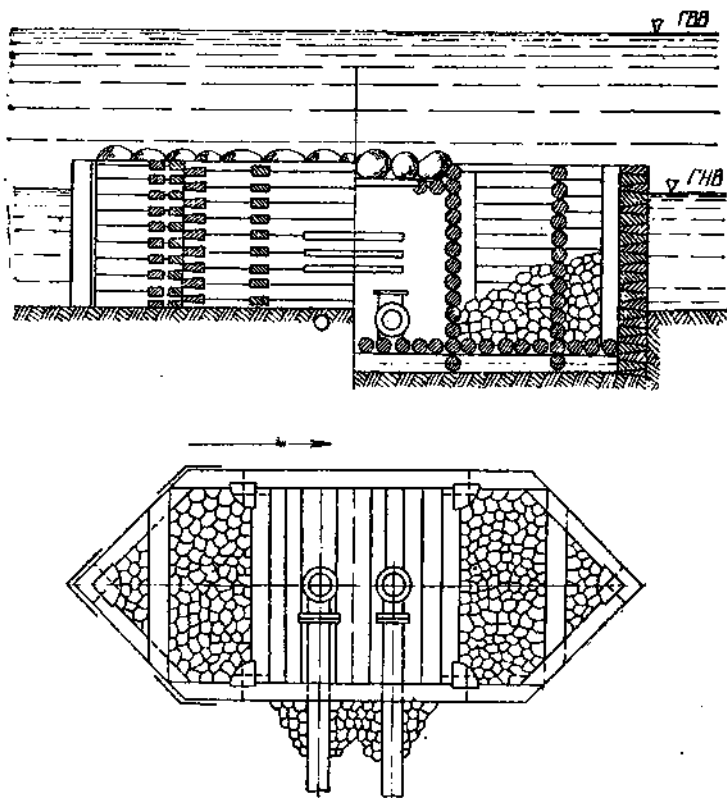


Рис 67. Ряжевый водоприемник

Для рек с сильно колеблющимся горизонтом воды, применяют русловые водоприемники — крибы (рис. 68) в виде мостового быка с ледорезом. В стенках крибы на разных высотах расположены окна, через которые попадает вода при различных стояниях горизонта. В крибе установлены насосы, которые подают воду по трубопроводам на очистные сооружения.

Если вода в реке чистая и берега крутые, применяют водоприемники берегового типа (рис. 69). Береговой водоприемник представляет собой колодец, разделенный на две и более секции А и Б. Из водоприемника вода по всасывающим линиям забирается насосами I подъема.

Береговые водоприемники могут быть раздельными или совмещенными с насосной станцией I подъема.

В том случае когда в реке вода имеет большое количество взвешенных частиц, применяют ковшевые водозаборы (рис. 70). Вода, попав в ковш, замедляет скорость движения, вследствие чего взвешенные частицы осаждаются на дно.

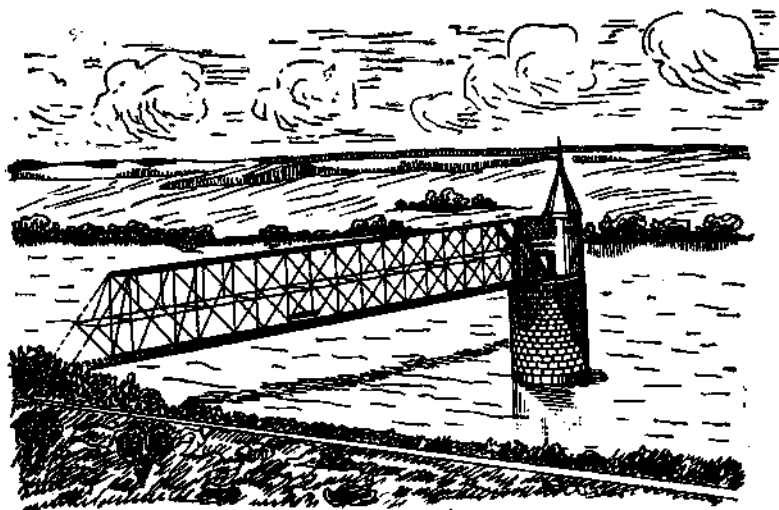


Рис. 68. Крнб — русловый водоприемник

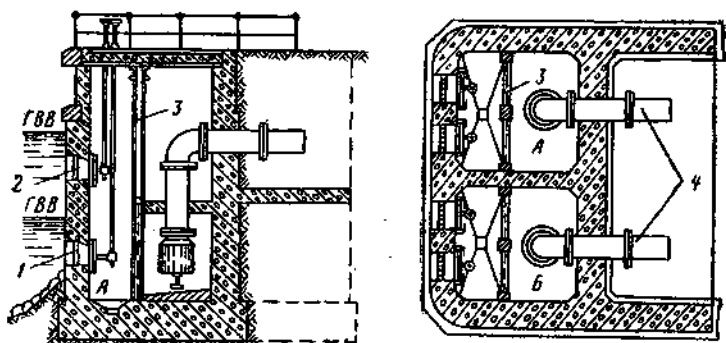


Рис. 69. Водоприемник берегового типа для рек с большим колебанием горизонта воды

1 — водозаборные отверстия; 2 — решетки; 3 — подающая линия; 4 — всасывающие линии насосов I подъема

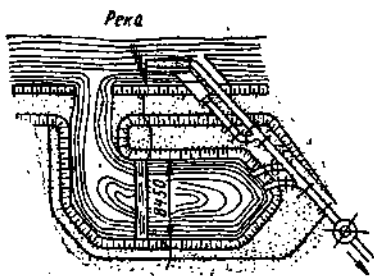


Рис. 70. Водоприемник-ковш

На реках с быстрым течением в осенний период, когда еще не образовался ледяной покров, на решетках водоприемника образуется глубинный лед в результате переохлаждения воды, находящейся в состоянии турбулентного движения. При соприкосновении переохлажденного слоя воды с поверхностью дна реки или решетки водоприемника

образуется твердый глубинный лед, который называется иногда донным льдом.

Всплывший глубинный лед называется шугой. И глубинный лед, и шуга забивают решетки водозаборных устройств. Для борьбы с шуголедовыми помехами применяют шугоотбойники, обратный ток воды, ковшовые водозаборы и другие средства.

Типы водоприемников на водохранилищах, водоемах и озерах мало чем отличаются от речных. Сооружения для забора воды из водоемов с меняющимся горизонтом воды должны забирать воду с разной глубины, в связи с чем водоприемные отверстия располагают не менее чем в два яруса.

При эксплуатации водозаборных сооружений периодически производят очистку и ремонт решеток, сеток, водоприемных камер, а также самотечных и всасывающих труб. Самотечные трубы диаметром до 800 мм промывают обратным током воды, более 800 мм очищают вручную. Большую работу приходится проводить с обрастанием водозаборов водорослями, моллюсками, ручейниками и другими биологическими организмами.

§ 41. ОЧИСТКА ВОДЫ

Способ и степень очистки воды зависят от того, на какие нужды она подается (хозяйственно-питьевые, производственные и т. д.), а также от качества природной (сырой) воды.

Природная вода имеет механические и химические примеси, а также микроорганизмы. К механическим при-

месяц относятся: песок, ил, глина, находящиеся в воде во взвешенном состоянии и создающие ее мутность. Химические примеси — это растворенные в воде вещества: гипс, известь, соли металлов, аммиак, хлор, различные кислоты и т. д. От количества солей кальция и магния вода может быть жесткой или менее жесткой (мягкой).

Различают карбонатную жесткость (содержание в воде двууглекислых солей кальция и магния) и некарбонатную, содержание других солей Ca и Mg (сульфаты, хлориды, нитриты и др.). Поверхностные воды (рек, озер, прудов) являются водами мягкими или средней жесткости. Подземные воды, как правило, являются жесткими. Для производственного водоснабжения требуется обычно мягкая вода. Жесткая вода отрицательно влияет на срок эксплуатации технологических аппаратов, котлов и т. д. из-за образования осадков солей.

В воде природных источников содержится также кислород O_2 , углекислота CO_2 и сероводород H_2S , присутствие в воде которых способствует коррозии металлических стенок труб, водопроводной арматуры, резервуаров и т. д.

Вода, подаваемая для хозяйственно-питьевых нужд, должна удовлетворять определенным санитарно-гигиеническим требованиям. Для противопожарного водоснабжения качество воды не имеет существенного значения. Однако желательно, чтобы вода не имела механических примесей в виде песка, щепы и других включений, присутствие которых быстро изнашивает насосы, соединительные головки или засоряет выходные отверстия стволов и распылителей. Желательно также, чтобы вода не была насыщена большим количеством солей, кислот и газов, так как они вызывают коррозию металлических элементов водопровода и пожарных насосно-рукавных систем.

Реакция воды характеризуется концентрацией в ней водородных ионов (рН — потенция водорода). При нейтральной реакции (т. е. не кислой и не щелочной) рН=7, при кислой реакции рН<7, при щелочной реакции рН>7. Вода, подаваемая в хозяйственно-питьевые водопроводы, должна иметь рН в пределах 6,5—9,5. При низких значениях рН, т. е. при кислой реакции воды, сильно возрастает ее коррозийное действие.

Основными способами очистки воды являются осветление и обеззараживание (дезинфекция).

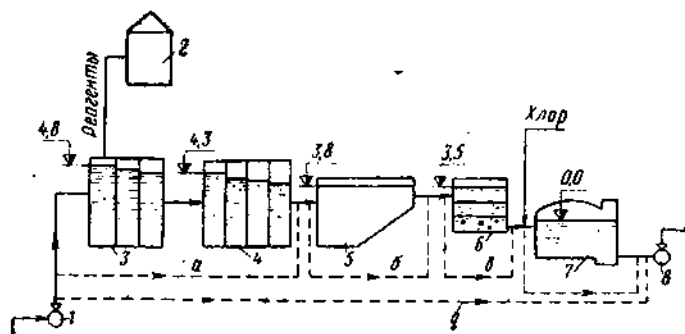


Рис. 71. Принципиальная схема очистки воды

1 — насосы I подъема; 2 — реактный цех; 3 — смеситель; 4 — камера хлопьеобразования; 5 — отстойник; 6 — фильтры; 7 — резервуары чистой воды; 8 — насосы II подъема

Осветление (устранение из воды взвешенных веществ) производится при помощи:

отстаивания воды в отстойниках;

пропуска воды через слой ранее выпавшего взвешенного осадка;

фильтрации воды через слой зернистого фильтрующего материала в фильтрах.

Для ускорения процесса отстаивания в воду добавляют коагулянты — сернокислый алюминий (глинозем) $Al_2(SO_4)_3$, железный купорос $FeSO_4$, хлорное железо $FeCl_3$ и др.

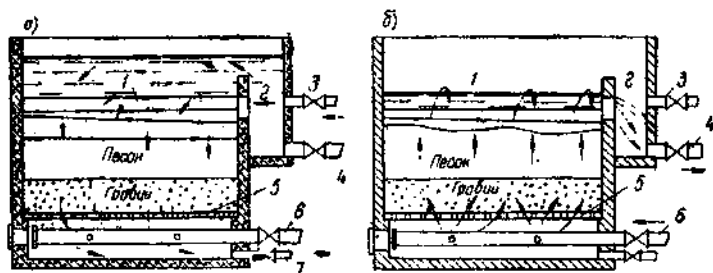
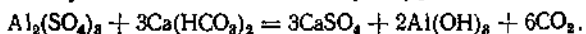


Рис. 72. Открытый скоростной фильтр

а — при фильтровании; б — при промывке; 1 — промывной желоб; 2 — подающий желоб; 3 — подающий трубопровод; 4 — отводящий трубопровод после промывки фильтра; 5 — дырчатое днище; 6 — отводящий трубопровод для подачи воды на промывку у фильтра; 7 — отводящий трубопровод

Смешивание неочищенной воды с коагулянтom происходит в смесителях (рис. 71). Из смесителя она поступает в хлопьеобразователь, называемый камерой реакции, где коагулянт вступает в химическую реакцию с присутствующими в воде двууглекислыми солями (бикарбонатами) кальция и магния, в результате чего образуются хлопья гидрооксида алюминия $Al(OH)_3$:



Из камеры реакции вода поступает в отстойник, где осаждается 60—75% взвешенных тяжелых частиц. Из отстойников вода поступает на фильтры (рис. 71). В качестве фильтрующего материала применяют кварцевый песок, дробленый антрацит или мрамор. Фильтрующий материал располагается слоями различной, постепенно возрастающей сверху вниз крупности.

Фильтры могут быть безнапорными, или самотечными (открытыми), и напорными (закрытыми). В безнапорных фильтрах вода проходит через фильтрующий материал под напором столба воды, находящейся в фильтре (рис. 72, а). Напорные фильтры полностью заполнены водой. Вода проходит через фильтрующий материал под напором, создаваемым насосами.

Постепенно тело фильтра забивается взвешенными в воде частицами и скорость фильтрации уменьшается. Для восстановления фильтрующей способности фильтр промывают обратным током чистой воды (рис. 72, б).

После фильтрования воду дезинфицируют газообразным (жидким) хлором или хлорной известью.

Обезжелезивание воды чаще всего производят с помощью аэрации, т. е. разбрызгивания воды на капельных градирнях или брызгальных бассейнах. В градирнях вода проходит через слой кокса или шлака, где и задерживается гидроокись железа. Таким же способом удаляют из воды марганец с последующим пропусканием через фильтры, загруженные дробленным пиролюзитом.

§ 42. ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИСТОЧНИКАМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И СООРУЖЕНИЯМ К ПОДЪЕМА

В качестве источника водоснабжения проектируемого объекта прежде всего используют районные, городские или промышленные водопроводы.

В тех случаях когда таких водопроводов нет или они имеют недостаточные мощности, в качестве источника водоснабжения используют подземные или поверхностные воды.

Водозаборы подземных вод должны гарантировать надежный прием необходимого количества воды и подачу ее в водоводы. Водозаборные сооружения открытых водоемов должны обеспечивать

надежный забор необходимого количества воды из водоема; предварительную очистку воды от взвешенных и плавающих загрязнений;

защиту водоприемных устройств от повреждения льдом, плотами, судами и т. д. и иметь средства борьбы с донными наносами и глубинным льдом.

Поверхностные источники водоснабжения должны обеспечивать возможность забора из них расчетного расхода воды в маловодный год: не менее 95% для I категории надежности, 90% для II категории и 85% для III категории надежности (см. табл. 19).

Если водопровод предназначен только для пожаротушения, то источник водоснабжения, водозаборные сооружения и насосная станция в любое время должны гарантировать подачу полного расчетного пожарного расхода воды $Q_{\text{пож}}$.

В объединенных водопроводах источник водоснабжения, а также сооружения I подъема должны обеспечить подачу необходимого количества воды для хозяйственно-питьевых или производственных нужд, а также расход воды на восстановление неприкосновенного пожарного запаса воды q_v .

Максимальный срок восстановления неприкосновенного пожарного запаса воды должен быть не более:

24 ч для населенных мест и предприятий с категорией производств А, Б и В;

36 ч для предприятий с категорией производств Г и Д;

72 ч в сельских населенных пунктах и на сельскохозяйственных предприятиях.

Для промышленных предприятий с пожарным расходом воды на наружное пожаротушение 20 л/с и менее допускается увеличивать сроки пополнения пожарного запаса воды для производства категорий Г и Д до 48 ч, для производства категории В до 36 ч. Если дебит источника водоснабжения недостаточен для пополнения не-

прикосновенного запаса воды, допускается удлинение указанного времени пополнения при условии увеличения запаса воды на величину ΔW , которую определяют по формуле

$$\Delta W = W_{н.з} \cdot (K - 1) / K, \quad (136)$$

где $W_{н.з}$ — необходимый объем запаса воды при нормативной продолжительности его пополнения, м³;

K — отношение принятого срока пополнения к требуемому.

На период пополнения пожарного запаса воды можно уменьшить ее подачу на хозяйственно-питьевые нужды до 70% расчетного расхода, а также на производственные нужды подавать по аварийному графику.

Таким образом, источник водоснабжения, сооружения I подъема и водоводы между ними должны быть рассчитаны на подачу максимального хозяйственно-питьевого (производственного) расхода воды $Q_{х-п}$, расхода воды на нужды очистных сооружений $Q_{о.с}$ (для промывки фильтров, отстойников и т. д.) и необходимого расхода воды для восстановления неприкосновенного пожарного запаса воды $q_{в}$:

$$Q_{с. I п} = Q_{х-п} + Q_{о.с} + q_{в}. \quad (137)$$

Сооружения I подъема должны постоянно гарантировать необходимый расчетный расход воды $Q_{с. I п}$.

Водоприемники поверхностных вод подразделяются на три степени надежности забора воды в зависимости от сложности природных условий, типа водоприемника и доступности водоприемных отверстий для обслуживания.

I степень — водоприемники, обеспечивающие бесперебойный отбор расчетного расхода воды;

II степень — водоприемники, обеспечивающие отбор расчетного расхода воды с возможностью перерыва в подаче воды в течение 5 ч или снижения ее подачи в течение одного месяца;

III степень — водоприемники, отбор воды через которые может прекращаться на 3 сут.

Число резервных скважин определяют по табл. 28 в зависимости от категории надежности (см. табл. 19)

Число рабочих скважин	Число резервных скважин на водозаборе при категориях надежности		
	I	II	III
1	1	1	—
2—10	2	1	—
11 и более	20 %	10 %	—

В технологической схеме водозаборных сооружений I и II категорий надежности подачи воды предусматривают секционирование. Число независимо работающих секций должно быть не менее двух.

Сифонные водоводы допускается применять в водозаборах II и III категорий надежности подачи воды. Самотечные водоводы выполняют из труб и галерей, сделанных из некоррозирующих материалов.

Насосные станции водозаборов защищают от гидравлического удара в напорных водоводах предохранительной аппаратурой, устанавливаемой в специальных камерах.

Очистные сооружения должны также гарантировать бесперебойную подачу воды, для чего требуется не менее двух отстойников, двух фильтров и наличие обводных водоводов вокруг отдельных сооружений (см. рис. 71) для подачи воды от насосной станции I подъема непосредственно в резервуар чистой воды.

Насосные станции I подъема должны бесперебойно снабжаться электроэнергией, иметь резервные насосы и двигатели к ним (внутреннего сгорания или электрические). Число водоводов между сооружениями должно быть не менее двух.

ГЛАВА 8. РЕГУЛИРУЮЩИЕ И ЗАПАСНЫЕ ЕМКОСТИ

Регулирующие и запасные емкости в системе водопровода предназначены для регулирования неравномерности водопотребления и сохранения запасов воды.

Емкости, применяющиеся в системах водоснабжения, классифицируют:

1. По функциональному признаку на регулирующие, запасные и запасно-регулирующие. Последние объединяют функции аккумуляции и сохранения воды.

2. По способу обеспечения необходимых напоров:

водонапорные башни, где напор обеспечивается установкой баков на поддерживающей конструкции требуемой высоты;

напорные резервуары, устанавливаемые на возвышенной отметке местности;

пневматические установки, в которых необходимый напор в герметическом баке создается за счет давления сжатого воздуха на поверхность воды.

Работа систем водоснабжения возможна и без запасных и регулирующих емкостей при равномерном водопотреблении. В этом случае водопроводные сооружения I подъема и насосные станции II подъема рассчитываются на постоянную подачу максимального расхода воды в водопроводную сеть.

§ 43. РЕЗЕРВУАРЫ

Резервуары предназначены:

для регулирования неравномерности работы сооружений I подъема (очистных сооружений, насосов и т. п.) и насосов насосной станции II подъема (регулирующие);

для хранения воды на нужды очистных сооружений, пожарные, производственные и хозяйственно-питьевые нужды (запасные);

для создания запасов воды и регулирования неравномерности работы сооружений I и II подъема (запасно-регулирующие);

для создания напора, а также определенных запасов воды (контррезервуары).

Резервуары изготовляют из железобетона, кирпича, камня и дерева (временные). При малых объемах (до 2000 м³) запасные резервуары целесообразно строить круглой формы, при больших объемах — прямоугольной формы. Покрытие над резервуаром может быть сферическое (купольное) или плоское. Сверху резервуар покрывают слоем земли (для утепления). В последние годы для строительства резервуаров используют сборный и предварительно-напряженный железобетон.

Стены и дно резервуара должны быть водонепроницаемыми.

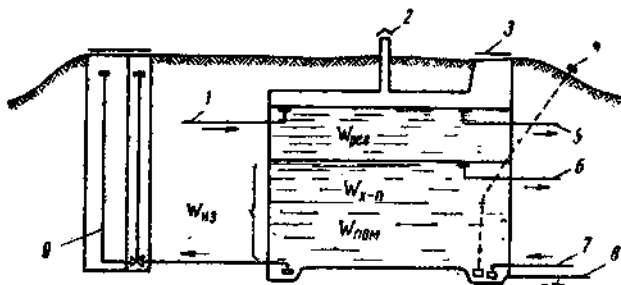


Рис. 73. Заласной резервуар

1 — подающий трубопровод; 2 — вентиляционная труба; 3 — лаз; 4 — трубопровод для забора воды автономным насосом; 5 — переливная труба; 6 — трубопровод для забора воды хозяйственно-питьевыми насосами; 7 — трубопровод для забора воды пожарными насосами; 8 — грязевая труба; 9 — стояк для забора воды автономным насосом

Заласные резервуары чаще всего устраивают подземными или полуподземными и реже наземными. Заласной резервуар оборудуют (рис. 73) падающим трубопроводом, переливной и грязевой трубами, всасывающим трубопроводом, лазом и вентиляционной трубой.

Если имеется несколько резервуаров, то все они должны быть соединены трубопроводами с задвижками между собой (см. рис. 81).

Для забора воды из резервуаров пожарными автономными насосами предусматривают (рис. 73) люки (в покрытии резервуаров) и колодцы, в которых устанавливают стояки с гайкой для присоединения всасывающих линий насосов. Устанавливать в колодце вместо стояков пожарные гидранты не допускается, так как в гидранте и пожарной колонке при заборе воды возникают потери напора на много больше, чем напор, создаваемый за счет уровня воды в резервуаре.

Общая вместимость заласно-регулирующего резервуара $W_{\text{общ}}$ состоит из регулирующего запаса воды $W_{\text{рег}}$ и неприкосновенного пожарного запаса воды $W_{\text{п.з.}}$:

$$W_{\text{общ}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{п.з.}} \quad (138)$$

Регулирующая емкость предназначена для регулирования работы сооружений I подъема и насосной станции II подъема.

Для определения величины регулирующей емкости запасного резервуара составляют графики (рис. 74) или таблицы колебания воды в резервуаре (см. табл. 22).

На рис. 74, а показана (по часам суток в процентах от $Q_{\text{макс.сут}}$) работа очистных сооружений и ступенчатая работа насосной станции II подъема. Из графика видно, что сооружения I подъема подают за каждый час постоянное количество воды, равное $100 : 24 = 4,17\%$, насосы насосной станции II подъема с 0 до 8 ч и с 17 до 0 ч забирают по $3,1\%$ воды, что меньше, чем подают в это время сооружения I подъема на $4,17 - 3,1 = 1,07\%$.

Таким образом, в каждый час накапливается в запасном резервуаре по $1,07\%$ воды. С 7 до 18 ч насосы забирают по 6% за каждый час, что больше на $6 - 4,17 = 1,83\%$, чем подают в это время сооружения I подъема. Недостающие $1,83\%$ воды забираются из регулирующего запаса воды.

По графику при суммировании процентного поступления воды в резервуар получим наибольшую регулируемую вместимость резервуара $W_{\text{рег}} = 16,5\%$ $Q_{\text{макс.сут}}$.

Наибольшая регулирующая вместимость запасного резервуара для населенных пунктов обычно составляет $12 - 24\%$ максимального суточного расхода воды.

На рис. 74, б показана более ступенчатая работа насосов. При этом регулирующая емкость запасного резервуара составляет $W_{\text{рег}} = 14\%$ $Q_{\text{макс.сут}}$. Регулирующая емкость запасного резервуара может быть определена также с помощью интегральных графиков.

На рис. 75 приведен интегральный (суммарный) график одноступенчатой работы насосной станции II подъема, соответствующий графику рис. 74 и табл. 22.

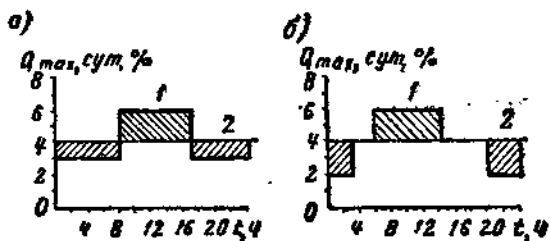


Рис. 74. Графики определения регулирующей емкости запасного резервуара

1 — насосная станция II подъема; 2 — очистное сооружение I подъема

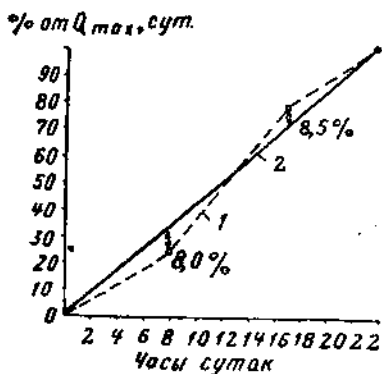


Рис. 75. Интегральный график определения регулирующей емкости запасного резервуара

1 — работа насосной станции II подъема; 2 — работа сооружений I подъема

Работа сооружений I подъема показана на рис. 75 прямой. Точки излома интегрального графика соответствуют моментам изменения подачи воды насосами II подъема, т. е. моментам пуска или остановки отдельных насосных агрегатов.

Требуемую величину регулирующей емкости запасного резервуара определяют по интегральному графику как сумму абсолютных величин максимальной положительной и максимальной отрицательной разностей ординат между интегральными линиями 1 и 2. Так, например, регулирующая емкость запасного резервуара (см. рис. 75) составляет $8,5 + 8 = 16,5\%$ от $Q_{\text{макс. сут.}}$.

По такому же принципу составляют и таблицы колебания расхода воды в резервуаре (см. табл. 22).

Неприкосновенный пожарный запас воды в запасных резервуарах предусматривают в тех случаях, когда получение необходимого для пожаротушения количества воды из источника водоснабжения технически невозможно (малый дебит) или экономически нецелесообразно (при больших расходах воды на пожарные нужды). Если водопроводные сооружения могут обеспечить необходимое для тушения пожара количество воды, неприкосновенный запас не предусматривают.

Неприкосновенный запас воды состоит из запаса на пожаротушение $W_{\text{пож}}$ и на хозяйственно-питьевые (производственные) нужды на время тушения пожара $W_{\text{х-п}}$, т. е.

$$W_{\text{н.з.}} = W_{\text{пож}} + W_{\text{х-п}} \quad (139)$$

Объем неприкосновенного запаса воды в резервуаре, как правило, определяют из расчета трехчасового пожаротушения. Неприкосновенный хозяйственно-питьевой запас воды на время тушения пожара в течение трех смежных часов максимального водопотребления может быть определен, например, по графику водопотребления или по табл. 22.

Для гарантии подачи воды водопроводные сооружения соединяют не менее чем двумя водоводами. При подаче воды по одному водоводу в емкостях необходимо предусматривать дополнительный аварийный объем (для ликвидации аварии на водоводе), обеспечивающий запас воды на производственные нужды по аварийному графику, на хозяйственно-питьевые нужды в размере 70% расчетного расхода, а также на наружное пожаротушение в течение 3 ч при расчетном расходе до 25 л/с.

Если расчетный расход воды на тушение пожара устанавливают по зданиям I и II степени огнестойкости с производствами категорий Г и Д, расчетную продолжительность тушения пожара принимают равной 2 ч. При наличии на объекте спринклерного оборудования вместимость запасного резервуара определяют из расчета работы спринклерного оборудования в течение 1 ч.

Зная расчетную вместимость резервуара, по табл. 29 подбирают типовой проект запасного резервуара.

В одном узле, как правило, должно быть не менее двух резервуаров; при этом распределение запасных и регулирующих объемов воды следует производить пропорционально их числу или объему.

Для предупреждения возможности использования неприкосновенного пожарного запаса воды на другие нужды должны быть приняты специальные меры. На насосной станции II подъема неприкосновенный запас воды сохраняется с помощью различного расположения всасывающих линий насосов (см. рис. 73). Хозяйственно-питьевые насосы забирают воду по трубопроводу с уровня неприкосновенного запаса воды, пожарные насосы — снизу резервуара из специального приямка.

Для того чтобы нижние слои воды резервуаров не застаивались, на всасывающую линию хозяйственно-питьевых насосов надевают кожух. Вода поступает под кожух, а затем во всасывающую линию хозяйственно-питьевых насосов (рис. 76, б).

Хозяйственно-питьевые насосы могут забирать воду

ТАБЛИЦА 29

Типовой проект	Вместимость, м ³	Размеры, м	Материал
901-4-10	100	3,7×6,5	Железобетонный монолитный цилиндрический
901-4-11	250	3,7×10	То же
901-4-15	500	5,1×12	»
901-4-16	1 000	5,1×18	»
901-4-17	2 000	5,1×24	»
901-4-18	150	3,82×8	»
901-4-21	100	3,6×6	Цилиндрический из сборных железобетонных конструкций
901-4-22	250	3,6×10	То же
901-4-23	500	4,8×12	»
4-18-840	100	3,5×6×6	Железобетонный прямоугольный из сборных унифицированных конструкций заводского изготовления
4-18-841	250	3,5×12×6	То же
4-18-842	500	3,6×12×12	»
4-18-850	1 000	4,8×18×12	»
4-18-851	2 000	4,8×24×18	»
4-18-852	3 000	4,8×24×30	»
4-18-858	6 000	4,8×36×36	»
4-18-854	10 000	4,8×48×48	»
4-18-855	20 000	4,8×64×64	»
901-4-8с	100	2,5×7,6	Открытый пожарный резервуар из бутобетона
	150	2,5×9,3	То же, из кирпича
901-4-13	100	3,8×5,8	Кирпичный цилиндрический
901-4-13	150	2,8×8,2	То же

Примечание. Для цилиндрических резервуаров указаны высота и диаметр, для прямоугольных — высота и стороны резервуара.

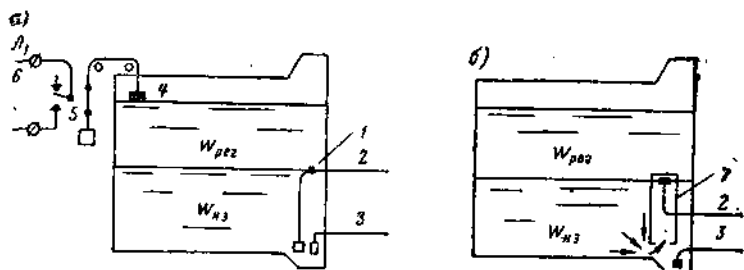


Рис. 76. Сохранение неприкосновенного запаса воды в запасных резервуарах

a — через трубу с отверстием; *б* — через кожух; 1 — отверстие на хозяйственно-питьевом трубопроводе; 2 — хозяйственно-питьевой трубопровод; 3 — трубопровод для забора воды пожарными насосами; 4 — поплавок; 5 — контакты; 6 — электролинии; 7 — кожух

снизу, как указано на рис. 76, *a*, но в этом случае на колене всасывающей хозяйственно-питьевой линии на уровне неприкосновенного пожарного запаса воды устраивают отверстие диаметром 30—40 мм.

Если регулирующий объем воды приблизится к нулю, в отверстие хозяйственно-питьевой всасывающей линии поступит воздух и процесс всасывания воды насосами прекратится.

Если на насосной станции II подъема нет специальных пожарных насосов, а имеются только хозяйственно-

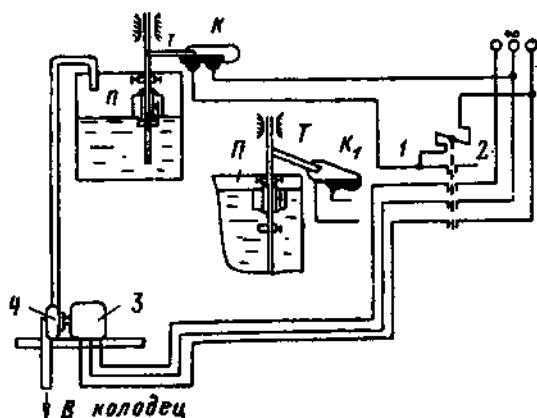


Рис. 77. Схема автоматического регулирования уровня жидкости с применением поплавкового устройства и ртутного прерывателя
1, 2 — контакты; 3 — электромотор; 4 — насос

питьевые (производственные) насосы, которые обеспечивают также и пожарные нужды, то сохранение неприкосновенного запаса воды производится с помощью поплавковой электросигнализации, принципиальная схема которой показана на рис. 76, а. С уменьшением уровня воды в запасном резервуаре поплавков опускается, контактная система поплавкового выключателя замкнет электроцепь и в насосной станции II подъема будет дан звуковой или световой сигнал.

Для сохранения неприкосновенного запаса воды в запасных резервуарах используют поплавковое реле, механически воздействующее на ртутный прерыватель электрической цепи управления электродвигателем насоса (рис. 77). При изменении уровня жидкости поплавков, перемещаясь с помощью тяги, меняет положение ртутного прерывателя. При понижении уровня жидкости поплавков устанавливает ртутный прерыватель в горизонтальном положении. В этом случае контакты прерывателя замыкаются переливающейся ртутью и ток поступает в цепь катушки магнитного пускателя. Последний включает электродвигатель насоса, подающего воду в резервуар. При наполнении резервуара поплавков поднимается и выводит ртутный прерыватель из горизонтального положения. Контакты прерывателя, размыкаясь, выключают магнитный пускатель, который в свою очередь отключает двигатель насоса, прекращая наполнение резервуара.

При подаче воды в запасной резервуар с очистных сооружений для сохранения неприкосновенного запаса воды можно применять поплавковые устройства с реостатом.

§ 44. ВОДОНАПОРНЫЕ БАКИ

Водонапорные баки предназначены для поддержания постоянного давления в водопроводных сетях (когда насосы не работают), регулирования неравномерности водопотребления и для сохранения неприкосновенного запаса воды, необходимого для тушения пожара.

Как правило, водонапорные баки устанавливают в специальных водонапорных башнях. Баки водонапорных башен выполняют из стали или железобетона и реже из дерева (для временных водопроводов).

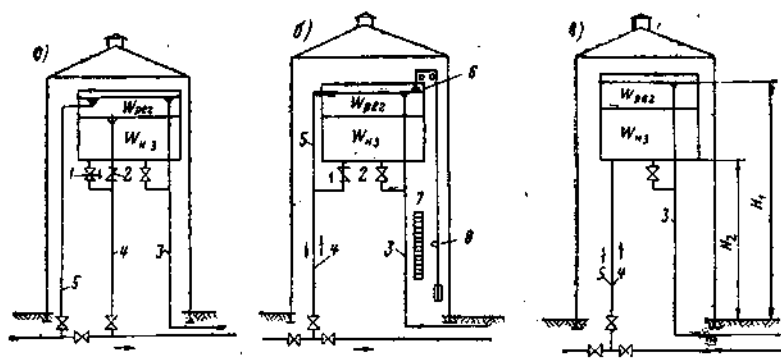


Рис. 78. Схемы присоединения водонапорных баков к водопроводной сети

а — последовательное; б — единая подающе-разводящая система; в — параллельное; 1 — электродвижка; 2 — обратный клапан; 3 — переливная и грязевая труба; 4 — расходная труба; 5 — подающая труба; 6 — поплавок; 7 — шкала; 8 — стрелка

Водонапорные башни относятся к элементам водопровода III категории надежности. Для их сооружения должны применяться строительные конструкции II степени огнестойкости. В районах с суровым климатом водонапорные башни отапливаются. Вместо отопления можно применять непосредственный подогрев воды в баке с помощью водяных или паровых змеевиков. Если башня является источником питания спринклерных и дренчерных установок, то отопление ее обязательно во всех районах с температурой ниже 0°C .

На промышленных объектах с целью экономии водонапорные башни чаще всего не строят, а водонапорные баки помещают в пристройках над зданиями или в чердачном помещении наиболее высокорасположенного здания.

Для удешевления стоимости строительства водонапорные башни по рельефу местности устанавливают на наиболее высокой отметке. К водопроводной сети водонапорные баки присоединяют последовательно и параллельно. При последовательном соединении (рис. 78, а) вода в бак поступает по одному трубопроводу — подающему, а из бака в сеть уходит по другому трубопроводу — расходному. При параллельном соединении (рис. 78, в) вода подается в бак и уходит из него по одному и тому же трубопроводу.

На рис. 78, б показано некоторое среднее решение, предусматривающее устройство одной трубы, которая у бака разветвляется на подающую и расходную с обратным клапаном, препятствующим поступлению воды в бак. Эта схема в отличие от схемы рис. 78, в позволяет осуществлять постоянное перемешивание воды в баке, что способствует ее свежести и препятствует замерзанию зимой.

Водонапорные баки оборудуют также переливным и сливным трубопроводами, соединенными с канализацией.

Для поддержания постоянного давления во внутренних водопроводных сетях зданий высоту расположения водонапорного бака определяют исходя из условия, что требуемый напор в сети должен быть обеспечен при самом низком уровне воды в баке. Поэтому за расчетную принимают высоту до дна бака H_0 :

$$H_0 = H_{в.зд} + h_{сети} \pm z, \quad (140)$$

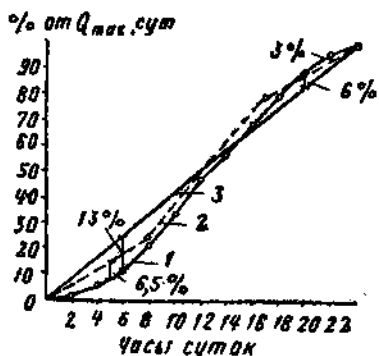
- $H_{в.зд}$ — свободный напор на вводе в здание;
 $\pm z$ — геометрическая высота подъема (+) или спуска (—) воды по рельефу местности (от места установки башни до ввода в здание);
 $h_{сети}$ — потери напора в трубопроводах наружной сети от дна бака до ввода в здание.

Потери напора по длине трубопровода определяют расчетом наружной водопроводной сети на случай максимальной подачи воды на хозяйственно-питьевые нужды и на внутреннее пожаротушение. Напор на вводе в здание рассчитывают по внутренним водопроводным сетям объекта. Наибольший из напоров принимают в расчет для определения высоты расположения водонапорного бака.

Вместимость водонапорного бака $W_{общ}$ определяют аналогично расчету резервуара чистой воды. Для определения регулирующей вместимости водонапорного бака составляют специальные графики или таблицы поступления и забора воды из баков по часам суток (см. табл. 22). Чем ближе будет совпадать кривая работы насосной станции (см. рис. 56) с кривой водопотребления, тем меньше будет требуемая регулирующая вместимость бака и, следовательно, тем ниже будет стоимость башни.

Рис. 79. Интегральный график определения регулирующей вместимости водонапорного бака

1 — линия водопотребления; 2 — подача воды насосами II подъема; 3 — работа сооружений I подъема



Регулирующая вместимость водонапорных баков обычно составляет 4—10% максимально-суточного расхода воды для крупных городов и 10—20% максимально-суточного расхода воды для небольших поселков с более неравномерным водопотреблением. Регулирующая вместимость водонапорного бака может быть определена интегральными графиками. На рис. 79 приведены линии водопотребления, подачи воды насосами II подъема и равномерной круглосуточной работы насосов I подъема. Требуемая величина регулирующей вместимости бака равна сумме абсолютных величин максимальной положительной и максимальной отрицательной разности ординат, кривых подачи воды насосами II подъема и водопотребления.

Регулирующая вместимость водонапорного бака (рис. 79) составляет от $Q_{\text{макс. сут}}$ при равномерной работе насосов $6+13=19\%$, при ступенчатой работе $6,5+3=9,5\%$.

В последнее время в связи с широким применением в строительстве сборного железобетона разработаны проекты водонапорных башен с баками вместимостью до 800 м^3 и высотой до 42 м (табл. 30).

Неприкосновенный пожарный запас воды в водонапорных баках $W_{\text{п.а}}$ рассчитывают:

а) для промышленных предприятий на 10-минутную продолжительность тушения пожара (внутренними пожарными кранами, а также спринклерными и дренчерными установками) при максимальном расходе воды на хозяйственно-питьевые (производственные) нужды.

Типовой проект	Число баков	Вместимость бака, м ³	Высота расположения баков (надгг). м
4-18-664	3	100, 200, 300	28, 32, 36
901-5-12/70	1	500	41
901-5-26/70	1	300	21, 24, 30, 36, 42
901-5-28/70	1	800	24, 30, 36
901-5-14/70	1	15	6, 9
901-5-9/70	1	150	18, 24
901-5-20/70	1	12	9, 12, 15, 18, 21
901-5-21/70	1	50	9, 12, 15, 18, 21, 24
901-5-22/70	1	100	9, 12, 15, 18, 21, 24
901-5-23/70	1	200	9, 12, 15, 18, 21, 24
901-5-24/70	1	300	15, 18, 21, 24, 30
901-5-25	1	500	15, 18, 21, 24, 30
901-5-13/70	1	15	9, 6
901-5-15/70	1	25	12
901-5-17/70	1	50	18

б) для населенных мест на 10-минутную продолжительность тушения одного внутреннего и одного наружного пожаров при одновременном наибольшем расходе воды на хозяйственно-питьевые (производственные) нужды, т. е.

$$W_{п.з} = \{ (Q_{нар} + Q_{вн} + Q_{х.п}) 60 \cdot 10 \} / 1000. \quad (141)$$

При объединенной системе водоснабжения предприятия и поселка пожарный запас воды в водонапорных баках следует принимать из расчета работы внутренних пожарных кранов предприятия или поселка по наибольшему расходу воды.

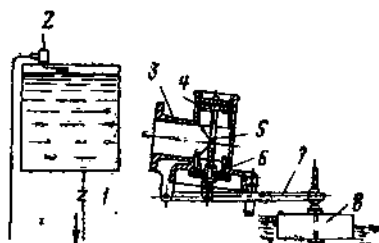
Если в насосной станции II подъема имеются специальные пожарные насосы, включающиеся автоматически при падении уровня воды в баке, то расчетное время восстановления неприкосновенного пожарного запаса сокращается вдвое, т. е. до 5 мин.

Для сохранения неприкосновенного запаса воды водонапорные баки должны быть оборудованы указателями уровня воды и устройствами для передачи показаний на насосные станции или диспетчерские пункты.

Контроль уровня воды с помощью поплавка и шкалы очень прост (рис. 78, б). При изменении уровня воды в баке изменяется положение поплавка, связанного тросом со стрелкой и шкалой.

Рис. 80. Установка и устройство поплавкового клапана

1 — обратный клапан; 2 — автоматический водозапор клапана; 3 — корпус; 4 — поршень; 5 — клапан; 6 — стержень, связывающий поршень и клапан; 7 — рычаг; 8 — цилиндрический поплавок



В случае сохранения неприкосновенного пожарного запаса воды при помощи различного расположения трубопроводов (рис. 78, а) на расходном трубопроводе должна быть установлена электродвигка дистанционного пуска от внутренних пожарных кранов и из насосной станции II подъема.

Водонапорные башни при наличии пожарных насосов, повышающих давление в водопроводной сети, оборудуют автоматическими устройствами, обеспечивающими выключение башни при пуске в действие пожарных насосов. Такими устройствами обычно являются обратный клапан на разводящей трубе и автоматический водозапорный (поплавковый) клапан на конце подающего трубопровода (рис. 80).

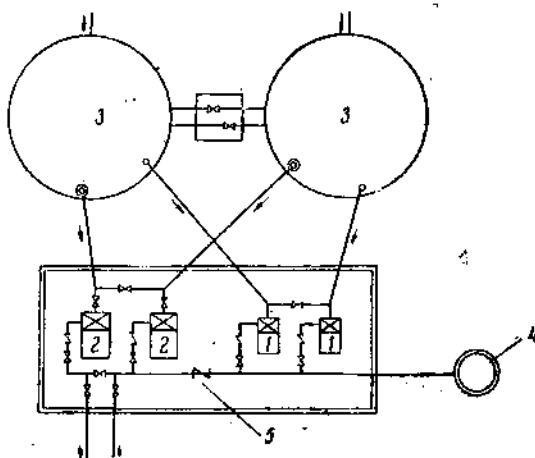


Рис. 81. Сооружение II подъема

1 — хозяйственно-питьевые насосы; 2 — пожарные насосы; 3 — запасные резервуары; 4 — водонапорная башня; 5 — обратный клапан

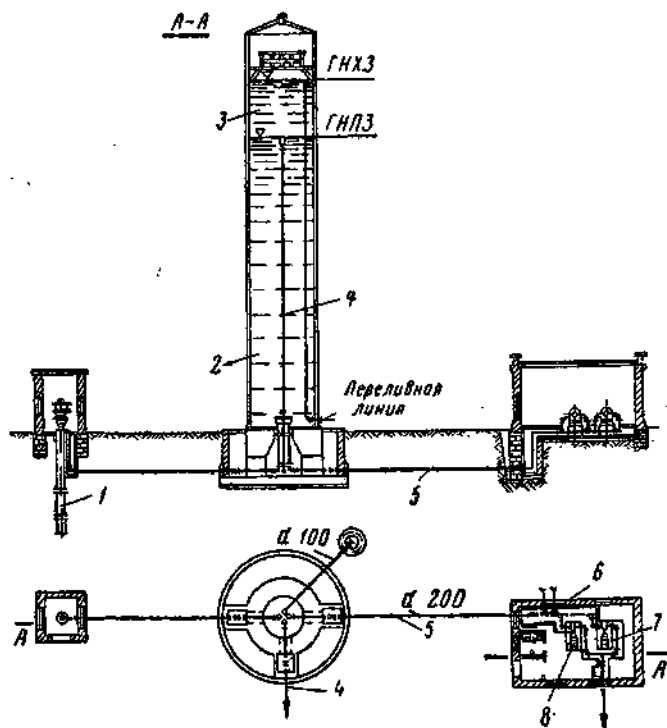


Рис. 82. Гидроколонна

1 — артезианская скважина; 2 — запасной резервуар гидроколонны; 3 — водонапорный бак гидроколонны; 4 — расхожая труба; 5 — всасывающая линия насосов; 6 — линия для присоединения автономных насосов; 7 — пожарный насос; 8 — хозяйственно-питьевой насос

Отключение водонапорной башни при включении пожарных насосов происходит с помощью обратного клапана, установленного на разводяще-подающем трубопроводе (рис. 81).

В последнее время широкое применение нашли гидроколонны (гидрорезервуары) (рис. 82), совмещающие емкости водонапорных баков и запасного резервуара на нужды трехчасового наружного и внутреннего пожаротушения.

В объеме гидроколонны хранится вода для регулирования неравномерности водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды, а также 10-минутный неприкосновенный запас воды на внутреннее пожаротушение. Этот

запас воды сохраняется при помощи электросигнализации, а трехчасовой запас — при помощи различного расположения трубопроводов. В обычное время вода из гидроколонны поступает в водопроводную сеть. В случае возникновения пожара включается пожарный насос, который забирает воду снизу гидроколонны и подает ее в сеть.

Гидроколонна избавляет от необходимости устройства отдельного запасного резервуара и дает возможность тушить пожар привозными пожарными автонасосами, которые присоединяются к трубопроводу с помощью патрубка с соединительной головкой и вентилем.

§ 46. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Пневматические установки, как и водонапорные баки, предназначены для поддержания постоянного давления во внутренних водопроводных сетях зданий и регулирования неравномерности водопотребления.

Пневматическая установка может состоять из одного бака, частично наполненного воздухом и водой, или из двух баков, из которых один наполнен воздухом, а другой — воздухом и водой. При больших расчетных объемах воды установка может состоять из трех и более баков.

При устройстве пневматических установок давление в водопроводной сети H_c будет поддерживаться за счет давления воздуха $H_{воз}$ и геометрической высоты z расположения бака по отношению к расчетному внутреннему пожарному крану:

$$H_c = H_{воз} + z. \quad (142)$$

Из воздушного бака A воздух по трубопроводу поступает в водяной бак B (рис. 83). Воздух в бак A подается компрессором, а вода в бак B — насосами. Из бака B вода по разводящему трубопроводу поступает в водопроводную сеть. Приемное отверстие разводящей трубы снабжено поплавковым клапаном, не позволяющим сжатому воздуху выйти из бака при значительном уменьшении уровня воды. Воздушный трубопровод оборудуется клапаном, препятствующим поступлению воды в бак A . При переполнении водой бака B предохранительный клапан выпускает воду в переливную трубу.

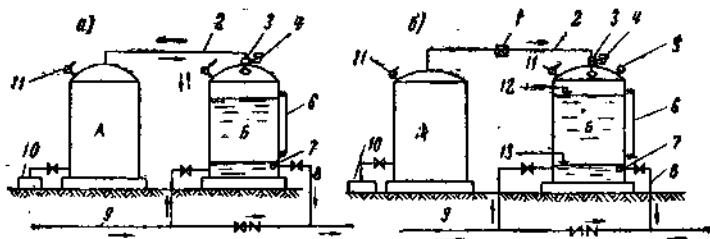


Рис. 83. Схемы пневматических установок

а — пневматическая установка переменного давления; б — пневматическая установка постоянного давления; 1 — редукционный клапан; 2 — трубопровод подачи воздуха; 3 — поплавковый клапан; 4 — клапан; 5 — предохранительный клапан; 6 — водомерное стекло; 7 — клапан на трубопроводе, подающий воду в сеть; 8 — трубопровод, подающий воду в сеть; 9 — трубопровод подачи воды от насоса в пневмобак; 10 — компрессор; 11 — манометры; 12 — начальный уровень воды; 13 — конечный уровень воды

Пневматические установки могут быть с переменным и постоянным давлением. В пневматической установке переменного давления (рис. 83, а) при разборе воды водопроводной сетью сжатый воздух, поступающий из воздушного бака в водяной, вытесняет воду в сеть. Воздух, поданный в бак при первоначальном заполнении, все время остается в нем, то расширяясь, то сжимаясь. В связи с этим компрессор работает непродолжительное время только для восполнения утечек воздуха.

В пневматической установке постоянного давления (рис. 83, б) на воздушном трубопроводе устанавливают редукционный клапан, который срабатывает при понижении давления в баке Б, пропуская из бака А количество воздуха, необходимого до расчетного давления.

Вместимость водяного бака пневматической установки рассчитывают так же, как и вместимость водонапорного бака:

$$W_{п.у} = W_{рег} + W_{п.з}, \quad (143)$$

где $W_{п.з}$ — 10-минутный неприкосновенный запас воды; $W_{рег}$ — регулирующий запас воды, который составляет 4—10% от $Q_{макс.сут}$;

или определяют по формуле

$$W_{рег} = Q_{п}/4n, \quad (144)$$

где Q_n — номинальная подача воды наибольшего из включающихся рабочих насосов, м³/ч;

n — максимальное число включений насоса за 1 ч.

Поскольку пневматические установки применяют вместо водонапорных башен, минимальное расчетное давление воздуха $H_{\text{мин.воз}}$ в них определяют аналогично определению высоты башни H_0 [см. формулу (140)]:

$$H_{\text{мин.воз}} = H_0 = H_{\text{в.зд}} + h \pm z, \quad (145)$$

Максимальное давление и объем гидропневматических баков переменного давления $H_{\text{макс.воз}}$ рассчитывают по формулам:

$$H_{\text{макс.воз}} = H_{\text{мин.воз}} + 0,1 \text{ МПа}/\alpha; \quad (146)$$

$$W = W_{\text{рег}} \beta / (1 - \alpha), \quad (147)$$

где $H_{\text{мин.воз}}$ — минимальное давление в пневмобаках, при котором производится включение насосов;

W — полный объем баков;

$W_{\text{рег}}$ — регулирующий объем воды в баках, м³;

α — отношение абсолютных значений минимального давления в баках к максимальному;

$$\alpha = (H_{\text{мин.воз}} + 0,1 \text{ МПа}) / (H_{\text{макс.воз}} + 0,1 \text{ МПа}); \quad (148)$$

$\alpha = 0,6 - 0,75$, при этом большее значение допускается при напоре насосов до 75 м, меньшее — при напоре более 75 м;

β — коэффициент запаса вместимости баков допускается в пределах 1,1 — 1,3.

Пневматические установки применяют при относительно малом водопотреблении и значительных расчетных напорах, когда строительство водонапорных башен экономически нецелесообразно. Пневматические установки используют также при устройстве пожарного водоснабжения в театрах и многоэтажных зданиях, где городские водопроводы обычно не в состоянии обеспечить необходимый постоянный напор в сети.

Для удешевления пневматических установок применяют автоматизацию работы насосов, подающих воду в пневмобак. В этом случае регулирующая вместимость пневматических баков может быть значительно уменьшена. Обычно рекомендуется производить пуск насоса не чаще одного раза в 10 мин.

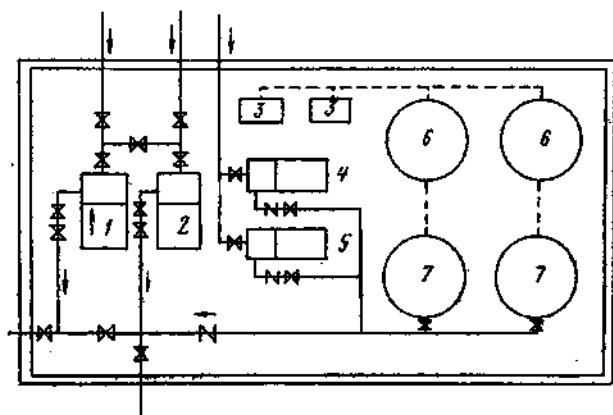


Рис. 84. Схема насосной станции, совмещенной с пневматической установкой

1, 2 — пожарные насосы; 3 — компрессоры; 4, 5 — хозяйственно-питьевые насосы; 6 — воздушные баки; 7 — водяные баки

В пневмобаке хранится также 10-минутный запас воды для внутреннего пожаротушения. При автоматическом включении насосов пожарный запас воды может быть уменьшен до 5 мин. При ручном включении насосов вместимость неприкосновенного запаса составляет не более 6 м³, а при автоматическом — не более 3 м³. В последнем случае пневмобак по существу служит импульсом для пуска насосов при понижении давления в системе с помощью реле давления.

Для подачи воздуха в пневматические установки допускается использовать общезаводскую компрессорную станцию (при условии круглосуточной ее работы). Гидропневматические установки, размещаемые в производственных зданиях, должны быть отделены от соседних помещений несгораемыми ограждающими конструкциями и иметь непосредственный выход наружу.

Водяные и воздушно-водяные баки рекомендуется устанавливать в отапливаемых зданиях, а воздушные баки могут быть установлены вне зданий. Каждый бак пневматической установки должен быть снабжен двумя манометрами (рис. 83, б), водомерным стеклом и обратными клапанами.

На рис. 84 приведена схема насосной станции, совмещенной с пневматической установкой объединенного хо-

хозяйственно-питьевого и пожарного водопровода. Хозяйственно-питьевые насосы подают воду в пневматическую установку. При возникновении пожара включаются пожарные насосы, подающие воду непосредственно в водопроводную сеть. Хозяйственно-питьевые насосы и пневматическая установка при этом автоматически (обратным клапаном) отключаются от водопроводной сети.

ГЛАВА 9. НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

В системах водоснабжения применяют насосные станции I, II подъема и повысительные.

Насосные станции I подъема забирают воду из источника водоснабжения и подают ее на очистные сооружения или непосредственно в запасные емкости. Эти станции были описаны выше, в §§ 39—40, 42.

Насосные станции II подъема забирают воду из запасных резервуаров и подают ее в наружную водопроводную сеть или в водонапорную башню. Эти станции обеспечивают хозяйственно-питьевые (производственные) и пожарные нужды.

Повысительные насосные станции предназначены для повышения напора в водопроводных сетях (отдаленных или высокорасположенных районов населенного пункта). Эти станции предусматривают также и на промышленных предприятиях при недостаточном напоре в городской водопроводной сети (см. § 36). В повысительных насосных станциях можно устанавливать хозяйственно-питьевые, производственные и пожарные насосы.

В зависимости от давления, создаваемого насосами станции II подъема и повысительными насосными станциями, пожарные водопроводы могут быть низкого и высокого давления (постоянного высокого давления или высокого давления, повышающегося только во время пожара).

В объединенных водопроводах низкого давления устанавливают группу насосов, обеспечивающих все нужды, в том числе и пожарные. Если при объединенных водопроводах хозяйственно-питьевые насосы не обеспечивают расчетного давления для пожаротушения, то на насосной станции устанавливают пожарные насосы.

При объединенных водопроводах высокого дав-

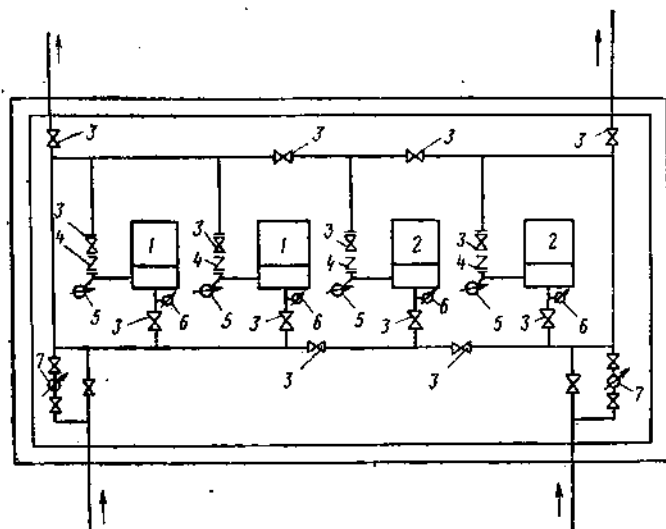


Рис. 85. Схема насосной станции

1 — хозяйственно-питьевые насосы; 2 — пожарные насосы; 3 — задвижки; 4 — обратные клапаны; 5 — манометры; 6 — мановакуумметры; 7 — водомеры

ления (повышающегося во время тушения пожара) на насосной станции устанавливают группу хозяйственно-питьевых (производственных) насосов и специальную группу пожарных насосов.

Водопроводные насосные станции по надежности действия делятся на три категории:

I — перерыв в работе насосов не допускается;

II — допускается кратковременный перерыв в работе насосов на время, необходимое для включения резервных агрегатов;

III — допускается перерыв в подаче воды потребителям на время ликвидации аварии, но не свыше одних суток.

Насосные станции пожарных и объединенных водопроводов по надежности действия следует относить к I категории, а при наличии емкостей с пожарным запасом воды, обеспечивающих необходимый напор, — к II категории.

На насосных станциях устанавливают насосы со всасывающими и напорными трубопроводами и арматурой (рис. 85): задвижками, позволяющими отключать насосы для ремонта с одновременной подачей воды; обратными клапанами (на нагнетательных линиях), предот-

вращающими выход из строя насоса при возникновении гидравлических ударов в наружной водопроводной сети; обратными клапанами в начале всасывающих трубопроводов, если насосы расположены выше уровня воды в резервуаре и для их заливки требуются специальные устройства; манометрами; мановакуумметрами или вакуумметрами и водомерами. Водомеры на трубопроводах пожарных насосов могут не устанавливаться.

Для сокращения времени на включение пожарных насосов наиболее целесообразно их всасывающие линии держать постоянно заполненными водой.

Заливать насосы водой можно либо отсасыванием воздуха вакуум-насосом (шиберным, водокольцевым), либо непосредственным заполнением водой из напорного трубопровода или из бака, установленного в насосной станции. Второй способ применяют при диаметре всасывающих линий не свыше 250 мм.

Вместимость бака должна равняться вместимости всасывающих труб и самого насоса из расчета двукратной заливки. Для удержания столба воды в системе «трубопроводы — насос» в начале всасывающей линии, находящейся в резервуаре, устанавливают обратный клапан. При наличии вакуум-насосов обратный клапан на всасывающей линии не ставят. Если центробежные насосы забирают воду из городской водопроводной сети, то они постоянно находятся под давлением.

Продолжительность заполнения водой всасывающих трубопроводов и насосов перед их пуском не должна превышать для водопроводов низкого давления 5 мин, высокого давления 3 мин. Управляют пожарными насосами дистанционно, при этом одновременно с подачей команды на включение пожарного насоса должна автоматически сниматься блокировка, запрещающая расход пожарного запаса воды.

В водопроводах высокого давления одновременно с подачей команды на включение пожарных насосов должны автоматически выключаться все насосы другого назначения и закрываться задвижки на подающем трубопроводе в водонапорную башню, напорные резервуары или баки гидропневматической установки.

Подбор насосов производится по их характеристикам с учетом условий совместной работы с водопроводной сетью при различных режимах водопотребления.

Зная расчетный (заданный) расход, полный напор

ТАБЛИЦА 31

Марка насоса	Подача		Полный напор, м	Вакуумметрическая высота всасывания, м	Мощность на валу насоса, кВт	Скорость вращения, об/мин
	м ³ /ч	л/с				
2К-6	10	2,8	34,5	8,7	1,8	3000
	30	8,4	24	5,7	3,1	3000
2К-66	10	2,8	22	8,7	1,2	3000
	25	7	16,4	7,6	1,7	3000
3К-6, 3КМ-6	30,6	8,6	58	7	8,8	3000
	61	17	45	4,5	12,5	3000
3К-6а, 3КМ-6а	27,7	7,7	47	7	6,7	3000
	56	15,6	33,5	4,5	9	3000
3К-9	30	8,4	34,8	7	4,6	3000
	54	15	27	2,9	5,8	3000
4К-6	65	18,1	98	6,2	29	3000
	117	32,8	72	3,5	38,2	3000
4К-8, 4КМ-8	65	18,1	61	6	16,5	3000
	112	31,2	45	4	20,1	3000
4К-12, 4КМ-12	65	18,1	40	6,5	9,8	3000
	112	31,2	27,5	3,5	12	3000
4К-18	60	16,7	25,7	5,4	5,6	3000
	100	28	18,9	4,2	6,7	3000
4К-18а	50	14	20,7	5,4	3,9	3000
	90	25	14,3	5,2	4,7	3000
6К-8	122	34	36,5	6,5	16,5	1500
	198	55	28	5,5	20,7	1500
6К-86	106	29	26	6,5	10,9	1500
	170	43	18	5,5	14	1500
6К-12а, 6КМ-12а	108	30	18	6,8	6,8	1500
	165	46	14	5,5	8,5	1500
4НДв-60	180—150	50—42	97—104	2—3,3	75	3000
	108—90	30—25	22—24	6,5	14	1500
6НДв-60	180—125	50—35	26—30	6,8—7,3	30	1500
	250—150	70—42	31—40	4,6—7	40—30	1500
6НДв-60	360—216	100—60	32—42	4—5,5	55	1500
	360—250	100—70	46—54	4—5	75—55	150

и возможную вакуумметрическую высоту всасывания по характеристикам, приведенным в специальных каталогах (табл. 31), выбирают марку насоса с учетом к. п. д., частоты вращения вала насоса и возможности параллельной работы нескольких насосов.

Для бесперебойной подачи воды для нужд пожаротушения в насосной станции II подъема, кроме основных насосов, должны быть установлены резервные насосы, имеющие подачу и напор не меньше, чем наибольший из основных насосов. Число резервных насосов, установленных в насосных станциях, принимают в зависимости от категории надежности (табл. 32).

ТАБЛИЦА 32

Число рабочих насосов (включая пожарные)	Число резервных насосов		
	I категории	II категории	III категории
1	2	1	1
2—3	2	1	1
4—6	2	2	1
7—9	3	3	2
10 и более	4	4	3

При установке в насосных станциях только пожарных насосов предусматривают один резервный насос. Установка пожарных насосов без резервных допускается для населенных пунктов с расходом воды на наружное пожаротушение до 20 л/с, а также для промышленных предприятий с категорией пожарной опасности Г и Д и производственными зданиями I и II степени огнестойкости. Стационарные пожарные насосы во всех случаях должны быть обеспечены бесперебойным энергоснабжением от двух независимых источников.

В больших городах, имеющих кольцевую электросеть, питание электродвигателей насосов осуществляется двумя отдельными фидерами от энергокольца, подача электрического тока в который производится не менее чем от двух электростанций. В населенных пунктах с числом жителей до 5000 чел. при одном источнике электроэнергии допускается установка резервного пожарного насоса с двигателями внутреннего сгорания. В этих случаях подача электроэнергии к насосной станции должна производиться по отдельному фидеру.

Пожарные насосы насосной станции II подъема монтируют на одной плите с электродвигателями. Вал дви-

гателя соединяют с валом насоса эластичной муфтой. Ременная передача плоским ремнем для соединения пожарных насосов с двигателями не допускается. Клиноременная передача может применяться, если ремней не менее четырех.

Устройство одной всасывающей линии допускается при установке одного пожарного насоса (без резерва). На насосных станциях I и II категории надежности независимо от числа группы насосов должно быть не менее двух всасывающих линий. Это требование относится как к специальным пожарным насосам, так и к хозяйственно-питьевым, обеспечивающим нужды пожаротушения при объединенном водопроводе. При наличии двух и более резервуаров каждый пожарный насос высокого давления должен иметь самостоятельную всасывающую линию из любого резервуара.

Всасывающие трубопроводы должны быть герметичны. Для уменьшения потерь напора всасывающий трубопровод выполняют возможно меньшей длины и с меньшим числом местных сопротивлений (колен, отводов, тройников и т. д.). Чтобы избежать воздушных мешков, всасывающую трубу монтируют с непрерывным подъемом к насосу (уклон должен быть не менее 0,005).

Всасывающие линии специальных пожарных насосов нельзя объединять со всасывающими линиями хозяйственно-питьевых (производственных) насосов, иначе не будет гарантии в сохранении неприкосновенного запаса воды в запасных резервуарах. Число нагнетательных (напорных) линий (водоводов от насосов), обеспечивающих пожарные нужды, должно быть не менее двух. Внутри насосной станции напорные линии всех насосов объединяются между собой коллектором, что дает возможность использовать любой из насосов при аварии одного из водоводов.

Запорную арматуру на напорных и всасывающих трубопроводах следует размещать так, чтобы обеспечивалась возможность замены или ремонта любого из насосов, обратных клапанов, а также основной запорной арматуры для непрерывной подачи воды на пожарные нужды 100%, на хозяйственно-питьевые 70% для насосных станций I и II категории и 50% для III категории, а также на производственные нужды по аварийному графику.

Помещения насосных станций, обеспечивающих пожарные нужды, должны быть, как правило, не ниже II степени огнестойкости. Отдельно стоящие насосные станции с установкой одного пожарного насоса могут быть расположены в зданиях III степени огнестойкости.

Насосную станцию оборудуют сигнализацией (световой или звуковой), фиксирующей уровень воды в запасном резервуаре и в водонапорной башне. При падении уровня воды в запасных резервуарах одновременно с подачей сигнала в насосной станции I подъема могут также автоматически включаться насосы или открываться задвижки на трубопроводах, подающих воду с очистных сооружений в запасной резервуар. Насосные станции, обеспечивающие нужды пожаротушения, должны иметь сигнальную или телефонную связь с пожарным депо.

В насосных станциях с низковольтным электрооборудованием необходимо предусматривать два ручных пенных огнетушителя, а при двигателях внутреннего сгорания мощностью до 220 кВт (300 л. с.) — четыре огнетушителя. В насосных станциях с высоковольтным оборудованием или с двигателями внутреннего сгорания мощностью более 220 кВт должны быть дополнительно 2 углекислотных огнетушителя, бочка с водой вместимостью 250 л, два покрывала из войлока или асбестового полотна.

В насосных станциях с двигателями внутреннего сгорания допускается размещать расходные емкости с жидким топливом в количестве: бензина до 250 л, дизельного топлива до 500 л. Емкости с топливом устанавливаются в помещениях, отделенных от машинного зала несгораемыми ограждающими конструкциями с пределом огнестойкости не менее 2 ч.

ГЛАВА 10. НАРУЖНЫЕ ВОДОПРОВОДНЫЕ СЕТИ

§ 46. УСТРОЙСТВО НАРУЖНЫХ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

Наружные водопроводные сети предназначены для транспортирования и подачи воды потребителям. Трассировка сети зависит от планировки снабжаемого водой объекта, а также от наличия препятствий, затрудняющих

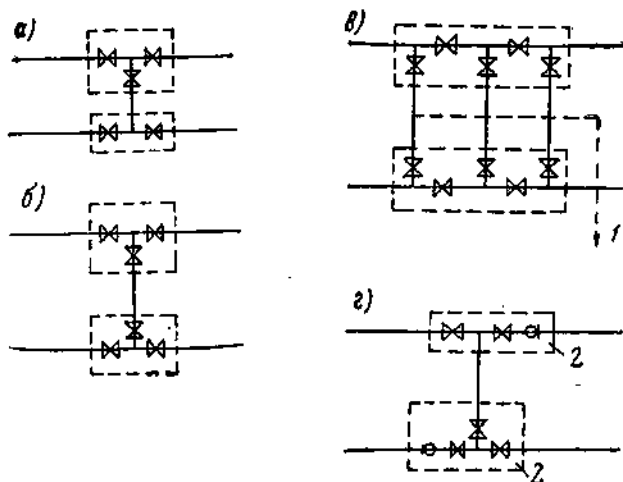


Рис. 86. Схемы узлов переключения на водоводах

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

прокладку труб (рек, каналов, дорог, железнодорожных путей).

Наружная водопроводная сеть состоит из магистральных и распределительных линий. Магистральные линии питают распределительную сеть. При прокладке трассы магистралей стремятся к тому, чтобы вода подавалась потребителям кратчайшим путем.

Наружная водопроводная сеть может быть кольцевой и тупиковой. В тупиковых водопроводных сетях в случае выхода из строя одного из участков объект частично или полностью может остаться без воды. При аварии в какой-либо точке кольцевой наружной водопроводной сети не прекращается подача воды на других участках, так как в каждый отдельно взятый участок она подается не менее чем с двух сторон. На кольцевую водопроводную сеть можно установить большее число пожарных автономасосов, т. е. получить больший расход воды, чем от тупиковых водопроводных сетей (см. табл. 46). В кольцевой водопроводной сети в значительной мере гасятся гидравлические удары. В тупиковых же сетях и водопроводах от гидравлических ударов чаще происходят аварии и разрывы труб.

Водопроводная сеть с сооружениями I и II подъема соединена водоводами. Кольцевые водопроводные сети должны иметь не менее двух водоводов. Между собой водоводы соединяются перемычками (рис. 86), и в случае аварии на каком-либо участке водовода подача воды не нарушается. Аварийный участок системой задвижек временно отключают на ремонт. Нередко в камерах переключения располагают и выпуски воды в канализацию (рис. 86, в). Иногда в узле задвижек размещают вантузы (рис. 86, г), предохраняющие трубопроводы от разрушения при возникновении гидравлического удара.

Диаметр водоводов и число переключений в них при одной аварии на водоводе должны обеспечивать не менее 70% расчетного количества воды на хозяйственно-питьевые нужды и работу промышленных предприятий по аварийному графику. Продолжительность ликвидации аварии на водоводах устанавливают по действующему СНиП для труб диаметром до 400 мм и при глубине промерзания грунта до 2 м — 8 ч, при глубине промерзания более 2 м — 12 ч, для труб диаметром более 400 мм — соответственно 12 и 18 ч.

Трубы наружных водопроводных сетей укладывают на такой глубине, чтобы была обеспечена незамерзаемость воды зимой, исключались перегрев летом и повреждение от внешних нагрузок. От поверхности грунта трубы укладывают: в северных районах на 3—3,5 м, в средней полосе на 2—2,5 м и в южных районах на 1—1,5 м. В каждом отдельном случае глубину заложения водопроводных труб уточняют на основании опыта работы существующих водопроводов.

Наружные водопроводные сети могут быть выполнены из чугунных, стальных, асбестоцементных и железобетонных труб. Чугунные трубы изготовляют диаметром

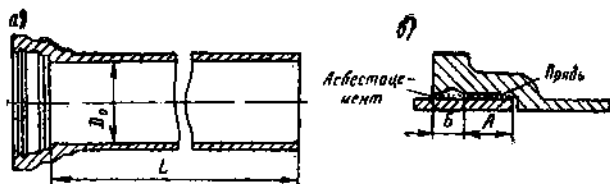


Рис. 87. Чугунная раструбная водопроводная труба
а — труба; б — заделка раструбы

50—1200 мм, длиной 2—5 м с раструбом на одном из концов и рассчитывают на рабочее давление до 1 МПа. Участки чугунных трубопроводов соединяют между собой раструбами, которые заделывают пеньковой пряжей или резиновыми кольцами и зачеканивают асбестоцементом (рис. 87). На рис. 88 приведены наименования, эскизы и обозначения труб и фасонных частей.

Стальные трубы могут быть сварные и цельнотянутые. Сварные трубы выпускают диаметром 50—1600 мм, длиной 5—10 м с рабочим давлением до 1,5 МПа (15 кгс/см²). Диаметр цельнотянутых труб 150—400 мм, длина 5—19 м, рабочее давление до 6 МПа (60 кгс/см²). Стальные трубы соединяют сваркой. Для присоединения арматуры на концах труб и фасонных частях приваривают фланцы. Стальные трубы хорошо сопротивляются динамическим нагрузкам и изгибающим усилиям, имеют меньшую, чем у чугунных, толщину стенок и массу. Недостатком стальных труб является подверженность их коррозии.

Асбестоцементные трубы выполняют из смеси порландцемента (75—80%) и асбестового волокна (20—25%). Промышленность выпускает асбестоцементные трубы диаметром 50—500 мм, длиной 3—4 м с рабочим давлением до 1 МПа (10 кгс/см²). Асбестоцементные трубы хрупкие, плохо переносят динамические нагрузки, что ограничивает область их применения.

Железобетонные трубы изготавливают с предварительно-напряженной арматурой, диаметром 500—1500 мм, длиной 3—5 м, с рабочим давлением 1 МПа (10 кгс/см²). Эти трубы выпускают с раструбными стыками или гладкими концами на муфтовых соединениях. Железобетонные трубы плохо выдерживают динамические нагрузки, плохо работают на растяжение и поэтому их применяют в основном для водопроводов низкого давления.

На внутренней поверхности водопроводных труб с течением времени появляются различного рода отложения, образующиеся в результате действия на металл стенок труб растворенных в воде солей кальция, магния, железа, а также вследствие оседания различного рода механических примесей. Отложения уменьшают живое сечение трубы и повышают коэффициент шероховатости, за счет чего увеличиваются потери напора и уменьшается расход воды. При расчетах наружной водопроводной сети скорость движения воды должна составлять не менее

































Эскиз	Наименование	Обозначение на схеме	Наименование	Обозначение на схеме	Эскиз	Наименование
	Трубо раструбная		Отвод раструб-гладкий конец			Отвод раструб-гладкий конец
	Тройник раструбный		Верехой фланец-раструб			Верехой фланец-раструб
	Тройник раструб-фланец		Переход раструб-гладкий конец			Переход раструб-гладкий конец
	Крест раструбный		Патрубки фланец-раструб			Патрубки фланец-раструб
	Крест раструб-фланец		Двойной раструб			Двойной раструб
	Выпуск фланцевый		Пожарная подставка раструбная			Пожарная подставка раструбная
	Колена фланцевые		Тройник раструб-фланец с пожарной подставкой			Тройник раструб-фланец с пожарной подставкой
	Колена фланцевые		Крест фланец-раструб с пожарной подставкой			Крест фланец-раструб с пожарной подставкой

Рис. 88. Фасонные части чугунных труб

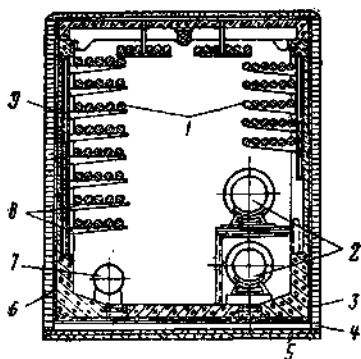


Рис. 89. Тоннель с трубопроводами

1 — кабели; 2 — теплофикация; 3 — сборный железобетон; 4 — подготовка; 5 — щебенка; 6 — изоляционный слой; 7 — водопровод; 8 — кронштейны; 9 — кирпичная облицовка

0,5 м/с, так как при меньших скоростях происходит быстрое зарастание труб.

Существует несколько способов борьбы с зарастанием труб. Свежие отложения удаляют промывкой водопроводных сетей водой с повышенными скоростями. Плотные отложения удаляют гидропневматической промывкой водопроводных сетей (подача воды совместно со сжатым воздухом). Расширяясь в трубопроводе, сжатый воздух увеличивает скорость движения воды и создает воздушные пробки, за счет ко-

торых происходят чередующиеся удары воды о стенки трубы, что влечет за собой разрушение не только рыхлых, но и довольно плотных отложений с выносом их из трубопроводов через открытые выпуски или пожарные гидранты.

Трубопроводы малых диаметров и небольшой протяженности очищают химическим способом, заполняя трубы 20%-ным раствором ингибированной соляной кислоты. Через 12—15 ч раствор кислоты вместе с разрушенными отложениями удаляется, а трубопровод промывается чистой водой. При больших и плотных отложениях в водопроводных трубах применяют механическую очистку трубопроводов скребковыми очистителями.

На промышленных предприятиях и в населенных пунктах водопроводные трубы могут укладываться совместно с кабелями связи, электрическими кабелями, трубами теплофикации и т. д. (кроме трубопроводов газификации) в специальных тоннелях (рис. 89). В этом случае вода в водопроводных сетях и гидрантах не замерзает, так как обычно в коллекторах поддерживается температура 5—35° С.

Водопроводные линии диаметром 200 мм и более, работающие под напором свыше 20 м, при пересечении железнодорожных линий укладывают в галерею или сталь-

ном кожухе. При наличии на реках мостов водопроводные линии прокладывают по этим мостам. Для предотвращения замерзания воды трубопроводы обертывают слоем теплоизоляционного материала или увеличивают скорость движения воды до 3 м/с.

§ 47. АРМАТУРА НАРУЖНЫХ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

Арматуру наружной водопроводной сети размещают в специальных колодцах. Колодцы могут быть железобетонные, бетонные (рис. 90), кирпичные, из бутового камня и дерева (временные). Устройство колодцев и камер из кирпича допускается при отсутствии сборных бетонных или железобетонных конструкций. Колодцы диаметром до 2 м выполняют круглой формы, если больших размеров — прямоугольной формы.

При устройстве водопроводных сетей применяют запорную (задвижки и вентили), водозаборную (колонки, краны, гидранты), измерительную (водомеры, манометры, реле и т. д.) и защитную (предохранительные клапаны, вантузы) арматуры.

Задвижки и вентили и предназначены для отключения отдельных участков сети в случае аварии или ремонта. Задвижки могут быть с ручным приводом (рис. 91), устанавливаемые на трубопроводах диаметром до 400 мм, с электроприводом (рис. 92) на трубопроводах диаметром

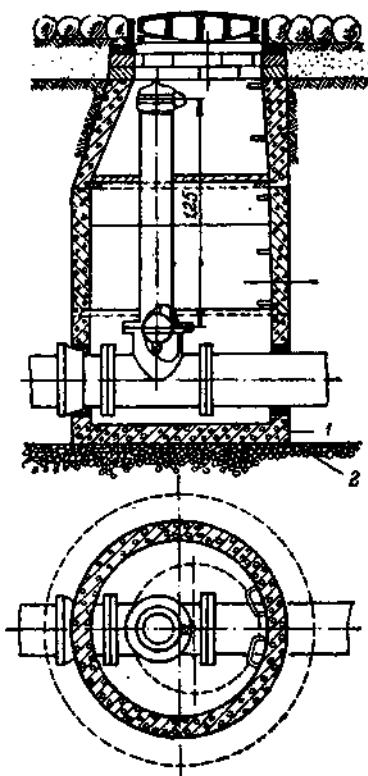


Рис. 90. Установка пожарного гидранта в железобетонном колодце

1 — асфальт; 2 — щебень

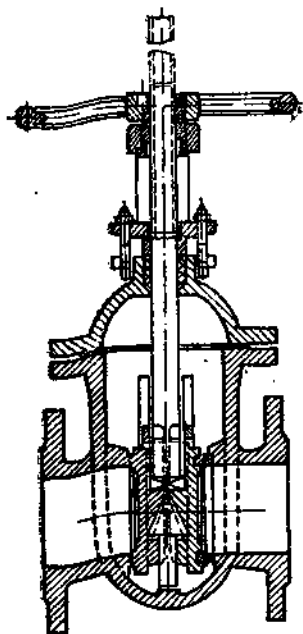


Рис. 91. Параллельная за-
движка с выдвижным
шпинделем
 $D' = 80-400$ мм

300 мм и более и с гидроприводом.

Водоразборные колонки служат для раздачи воды потребителям, не имеющим вводов от сети в здания. Использовать водоразборные колонки для пожаротушения невозможно, так как пропускная способность их незначительна. Водоразборные колонки не разрешается устанавливать в колодцах с пожарными гидрантами, так как зимой люки колодцев покрываются слоем льда, при скалывании которого можно задержать установку колонки на пожарный гидрант.

Пожарные гидранты должны быть установлены в колодцах, расположенных на расстоянии не менее 5 м от водоразборных колонок.

Пожарные гидранты предназначены для получения воды из водопроводной сети при тушении пожара. Их устанавливают в колодцах на

наружной водопроводной сети диаметром 100—400 мм. На водопроводах больших диаметров гидранты устанавливают на так называемых сопровождающих линиях, прокладываемых параллельно основному трубопроводу.

Пожарные гидранты разделяются на подземные и надземные. Подземный гидрант ленинградского типа имеет ряд существенных недостатков: замерзаемость гидранта, наличие длинной колонки, установка которой связана с рядом неудобств, а ее конструкция не исключает попадания почвенной воды через гидрант в водопроводную сеть.

Если на водопроводную сеть небольшого диаметра установлено излишнее число автономных насосов, имеющих в сумме большую подачу, чем расход воды в сети, то в последней будет создаваться вакуум. Под действием вакуума в соседних гидрантах шаровые клапаны опускаются

и грязная вода из колодцев попадает в водопроводную сеть.

Более широкое применение имеет подземный гидрант московского типа $D=125$ мм, устанавливаемый на фланец пожарной подставки наружной водопроводной сети (рис. 93). Гидрант состоит из стояка, клапана, клапанной коробки, штока и установочной головки.

Сверху пожарный гидрант закрыт крышкой. Для приведения в действие подземного гидранта открывают люк колодца, затем крышку пожарного гидранта и на его верхний конец с резьбой навинчивают пожарную колодку, имеющую два штуцера для присоединения пожарных

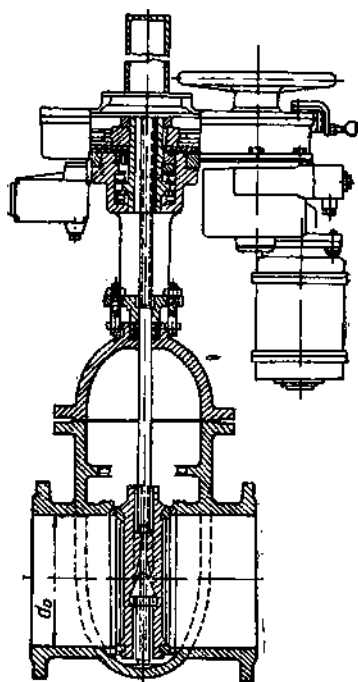


Рис. 92. Электрифицированная задвижка, параллельная выдвигному шпинделю

$D_0=300-400$ мм

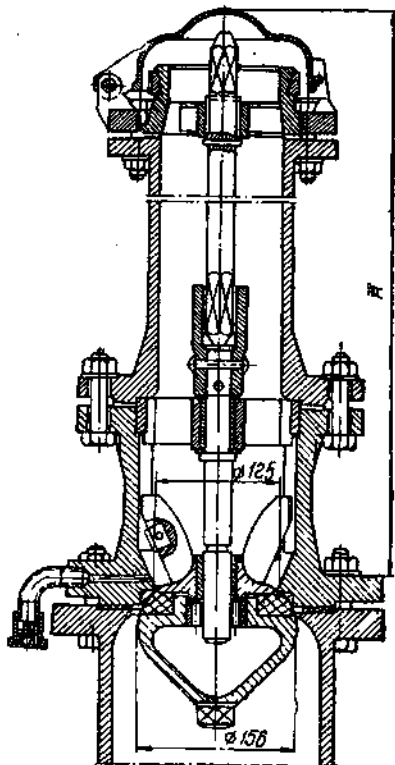


Рис. 93. Гидрант пожарный подземный московского типа

всасывающих рукавов автонасосов. Закрывать гидрант следует при закрытых напорных штуцерах, в противном случае может произойти гидравлический удар.

Недостатками гидрантов московского типа являются: сложность конструкции; несовершенство запорного устройства сливного отверстия, вызывающее замерзание гидранта; наличие блокировочного устройства, замедляющего открывание гидранта при пожаре; большие потери напора в гидранте и пожарной колонке.

Во ВНИИПО для гидранта московского типа был сконструирован новый клапан обтекаемой каплевидной формы вместо шарового клапана, что позволило увеличить на 8—10% пропускную способность и уменьшить потери напора и гидравлические удары в гидранте.

К одному из основных недостатков подземных гидрантов относится замерзаемость в них воды.

Причины замерзания пожарных гидрантов могут быть следующие:

1) недостаточная глубина заложения водопроводных линий и колодцев, в которых устанавливают гидранты;

2) наличие воды в колодцах гидрантов.

Вода в колодцы гидрантов может попадать с поверхности земли в следующих случаях:

при неправильном устройстве колодцев и камер. Люки колодцев и камер при наличии мостовой должны возвышаться над уровнем проезжей части на 2 см, а при отсутствии мостовой — на 5 см с устройством при этом отстойки шириной не менее 1 м. В случаях невыполнения этих условий с поверхности земли вода может попадать в колодцы. На усовершенствованных мостовых крышки люков устанавливаются на уровне поверхности мостовой;

если колодцы пожарных гидрантов расположены в низинах, осенью и во время оттепелей они могут быть залиты поверхностными водами;

при близком расположении колодцев к водоразборным колонкам и отсутствии водостоков;

из-за технической неисправности гидранта: неплотном закрытом шаровом клапане (при неисправности резиновой прокладки, попадании песка между резиновой прокладкой и колонкой гидранта), отрыве шарового клапана или срыве резьбы на штоке, при наличии выбоин и неровностей в местах прилегания резиновой прокладки к стене колонки и т. д. Иногда в колодцах гидрантов уста-

навливают задвижки, неисправность которых может быть причиной заполнения колодцев водой;

3) значительное удаление шарового клапана гидранта от водопровода. Гидранты усганавливают на тройники высотой 0,5—1 м. Иногда на эти тройники крепят дополнительные подставки, если гидрант устанавливается в колодце значительной глубины. По мере удаления гидранта от магистрали в подставке под шаровым клапаном температура воды падает в прямой зависимости от температуры окружающего их воздуха и гидрант может замерзнуть.

Профилактические мероприятия против замерзания пожарных гидрантов сводятся к следующему:

1) сливное отверстие для выпуска воды из стояка гидранта перед заморозками закрывают пробкой для предотвращения попадания в него осенних поверхностных вод через колодец.

Когда убывают поверхностные воды и наступают заморозки, пробка обязательно должна быть удалена;

2) выкачивают воду из гидранта и колодца перед наступлением заморозков;

3) устраняют технические неисправности в гидранте и водопроводной сети;

4) утепляют колодцы гидрантов.

В колодцах, закрытых деревянной крышкой, обитой ветошью и расположенной на отметке 1—1,2 м от уровня земной поверхности, гидранты не замерзают. Утепление колодцев гидрантов деревянной крышкой, расположенной непосредственно за металлической, а также ящиком, установленным на металлической крышке колодца, в который насыпаются опилки, шлак и т. п., дает незначительный эффект сохранения тепла в колодце гидранта;

5) выполняют гидроизоляцию колодцев для районов с высоким уровнем грунтовых вод;

6) новые колодцы в местах с недостаточной глубиной заложения водопроводных линий закладывают ниже отметки трубы на 70—80 см. Благодаря этому увеличивается количество поступающего в колодец тепла от нижележащих, более теплых слоев грунта, что существенно повышает температурный режим в колодце гидранта.

Надземные пожарные гидранты применяют в основном в южных районах нашей страны. При установке гидрантов в средней и северной части Советского Союза их необходимо утеплять зимой.

Защитная арматура предохраняет трубопроводы от внешних (сил веса грунта и трубопровода, химической и электрической коррозии, термических напряжений, сил смещения опор трубопровода за счет оползания и оседания грунта) и внутренних (вакуума, избыточного давления) разрушающих сил.

Разрушения в результате коррозии стенок труб чаще всего возникают на стальных трубопроводах и реже — на чугунных. Наибольшее число аварий стыковых соединений происходит в глинистых грунтах при их оседании и значительно меньше — в насыпных. Разрушения трубопроводов от термических напряжений чаще всего происходят осенью. Большое число аварий является следствием гидравлических ударов, вызывающих разрушение стыковых соединений и образование продольных трещин.

Исследование причин аварий на водоводах в одном из промышленных районов показало, что 83% их произошло от гидравлических ударов и лишь 17% — от внешних разрушающих сил. Особенно опасен гидравлический удар в длинных трубопроводах, в которых движутся большие массы жидкости со значительными скоростями. В этом случае гидравлический удар может привести к повреждению мест соединений отдельных труб (стыки, фланцы, раструбы), разрыву стенок трубопровода, поломке насосов и т. п.

Для защиты трубопроводов от внутренних и внешних разрушающих сил предусматривают профилактические и противоаварийные мероприятия. К профилактическим мероприятиям относятся: устройство термоизоляции труб, укрепление точек опор, применение устройств для выпуска воздуха (например, вантузов) и борьбы с гидравлическими ударами (например, клапанов для впуска воздуха, предохранительных и обратных клапанов), покрытие трубопроводов внутри антикоррозионными материалами, защита от наружной химической и электролитической коррозии (блуждающих токов). К противоаварийным мероприятиям относятся:

максимальная защита, срабатывающая от аварийной скорости потока (аварийного расхода);

минимальная защита, срабатывающая от аварийного (минимального) давления;

дифференциальная защита, срабатывающая при раз-

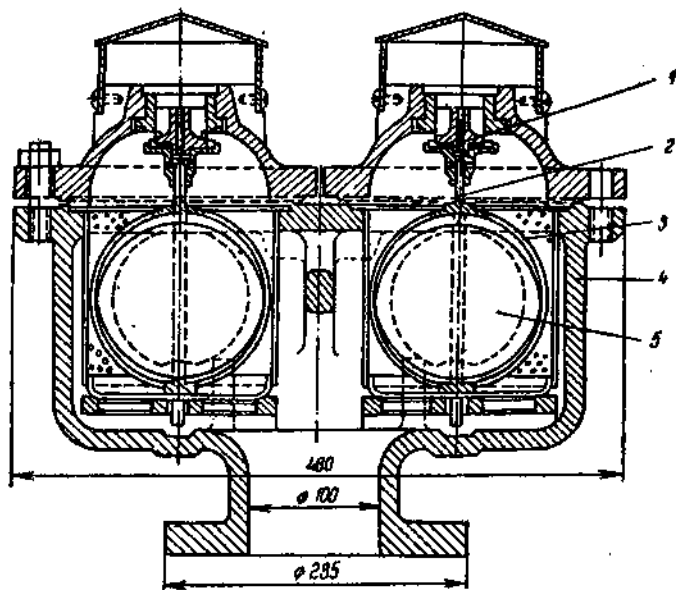


Рис. 94. Вантуз

1 — клапан; 2 — шток; 3 — кольца; 4 — корпус; 5 — полый шар

рыве струи и появлении разности расходов между началом и концом участка трубопровода;

комбинированная защита, соединяющая в себе различные комбинации защит.

Рассмотрим устройство и работу наиболее распространенной арматуры для защиты от повреждений наружной водопроводной сети.

Вантузы (рис. 94) предназначены для автоматического впуска или выпуска воздуха из магистральных трубопроводов и водоводов. Вантузы устанавливают на трубопроводах диаметром 500 мм и более в возвышенных точках профиля (где возможно скопление воздуха) на расстоянии не более 2,5 км друг от друга. Если воздух не будет удален из трубопровода, то образуются воздушные подушки, уменьшающие площадь живого сечения трубопровода.

Вантуз состоит из чугунного корпуса, в котором помещены пустотелые (один или два) стеклянные, металлические или деревянные, обтянутые резиной, шары. Шары

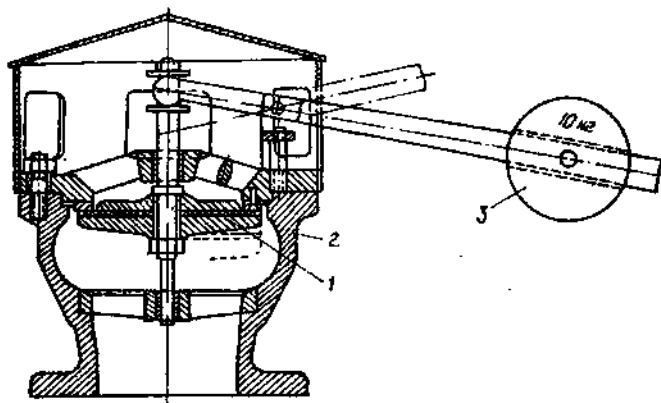


Рис. 95. Клапан для впуска воздуха
1 — клапан; 2 — корпус; 3 — груз

через кольца и шток жестко соединены с клапаном. При отсутствии воздуха шары под давлением воды снизу всплывают, клапаны плотно прилегают к седлу. При скоплении воздуха в верхней части вантуза шары, а затем и клапаны опускаются вместе с водой и через образовавшееся отверстие воздух выходит наружу.

Клапан для впуска воздуха в наружную водопроводную сеть включается в случае образования в ней разрежения. Разрежение в сети может возникнуть при чрезмерном заборе воды насосами, при возникновении гидравлического удара и остановке работы насосов. Клапаны для впуска воздуха устанавливаются на водоводах и магистральных трубопроводах диаметром более 400 мм.

Клапан для впуска воздуха (см. рис. 95) состоит из корпуса, клапана и груза. При нормальной работе водопроводной сети клапан под давлением воды снизу и груза плотно прилегает к седлу. При образовании разрежения в водопроводной сети клапан под действием силы тяжести и атмосферного давления опускается вниз и воздух поступает в водопроводную сеть. Как только давление уравнивается, груз, преодолевая только силу тяжести клапана, заставит клапан закрыться.

Редукционные клапаны применяют для понижения давления на участках водопроводной сети, например, во время пожара при включении стационарных пожарных насосов.

Обратные клапаны (рис. 96) устанавливаются в сети для пропуска воды только в одном направлении. Их размещают на нагнетательных трубопроводах около центробежных насосов, на водопроводных линиях для отключения водонапорных баков и т. п.

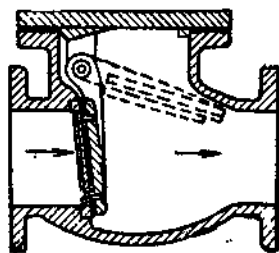


Рис. 96. Обратный клапан

Предохранительные клапаны (рис. 97) служат для предотвращения повышения давления в трубах сверх допустимого, например при возникновении гидравлического удара в водопроводах и водоводах. Предохранительные клапаны могут быть пружинными (рис. 97, а) и рычажными (рис. 97, б). Под действием повышенного давления в клапанах преодолевается усилие пружины или груза, клапан открывается и вода через трубу выбрасывается наружу.

Такой же принцип работы гасителя гидравлического удара системы Украинского Водгео (рис. 98).

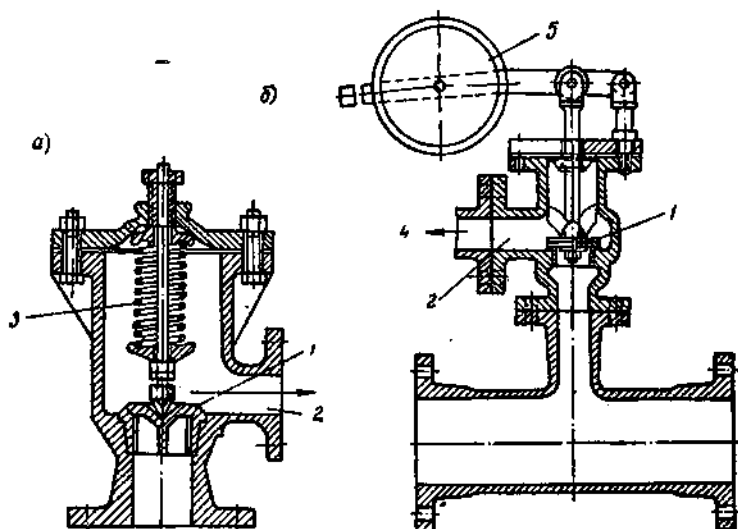


Рис. 97. Предохранительные клапаны

а — пружинный; б — рычажный; 1 — клапан; 2 — труба; 3 — пружина; 4 — сброс воды; 5 — груз

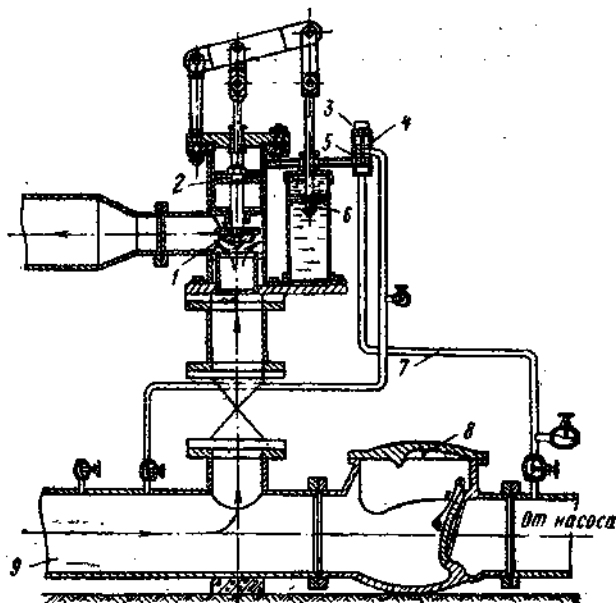


Рис. 98. Схемы установки гасителя гидравлического удара системы Украинского Водгео

1 — клапан гасителя; 2 — поршень гасителя; 3 и 5 — поршни распределителя; 4 — распределитель; 6 — клапан масляного тормоза; 7 — трубки; 8 — обратный клапан; 9 — участок водовода

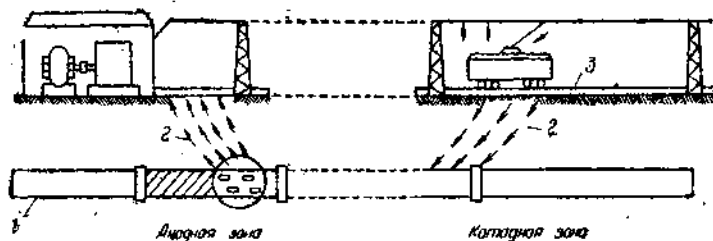


Рис. 99. Схема распространения блуждающих токов

1 — трубопровод; 2 — входящие блуждающие токи; 3 — рельсы

Большое значение для безаварийной работы водопровода имеет защита трубопровода от блуждающих токов (рис. 99), которые вызывают коррозию стенок труб, что приводит к потере их прочности и разрыву под воздействием внутреннего давления.

Место входа блуждающего тока в трубопровод (катодная зона) является безопасным. Поражение трубопроводов блуждающими токами происходит в зоне их выхода из трубопровода (анодная зона).

Для защиты трубопроводов от блуждающих токов применяются катодная и анодная защиты, защита электрическим дренажем и дополнительное заземление трубопроводов.

При катодной защите участок трубопровода длиной не более 15 км превращается в катод при соединении его поверхности с источником тока (рис. 100). В качестве анода в этом случае служит специальное заземление (металлический щит или стержень), которое разрушается под действием тока.

При анодной защите трубопроводов подвод тока от постороннего источника не требуется. Трубопровод соединяется проводом с заземленной алюминиевой, цинковой или магниевой пластинкой или стержнем (протектором). Так как трубопровод и заземленная пластинка выполнены из различных металлов, образуется гальванический элемент (рис. 100, б). Разрушению в этом случае подвергается заземленная пла-

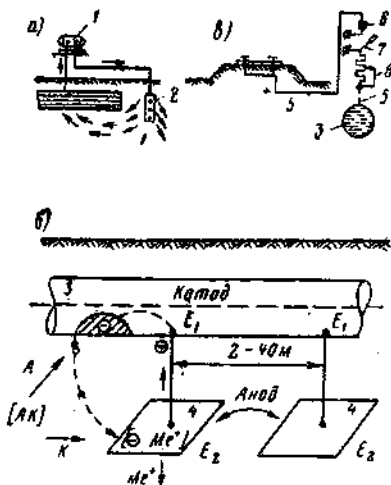


Рис. 100. Принципиальные схемы защиты

а — катодная защита; б — анодная защита; в — электрическая простая дренажная защита; 1 — источник постоянного тока; 2, 4 — заземление; 3 — трубопровод; [AK] — анод, катод электролита земли; $[Me^+]$ — нейтральная молекула протектора; Me^+ — положительный ион протектора, переходящий в раствор «электролита»; 5 — кабель; 6 — плавкий предохранитель; 7 — реостат; 8 — клеммы амперметра

стинка (стержень), электрический потенциал которой E_2 ниже, чем у металла трубопровода E_1 .

При защите трубопроводов электрическим дренажем блуждающие токи с трубопроводов отводятся на объекты, создающие эти токи (тяговые рельсы, отрицательные шины тяговой подстанции и т. д.). Отвод блуждающих токов производится в места, имеющие более низкий электрический потенциал (рис. 100, в), чем трубопровод. Дренажные изолированные кабели, или провода, соединяются со специальным дренажным устройством, которое в простейшем случае может состоять из плавкого предохранителя однополюсного рубильника, реостата, регулирующего сопротивления дренажного соединения, и клемм амперметра.

Для предохранения стальных подземных трубопроводов от коррозии в зависимости от степени агрессивности грунтов применяют специальные защитные покрытия наружной поверхности труб, например покрытие из битумно нефтяного происхождения с примесью наполнителей (каолина, мелкого асбеста).

Для предохранения защитных покрытий от механических повреждений (ударов твердыми комками грунта при засыпке трубопровода) трубы поверх битумных покрытий обертывают тканевой, бумажной или синтетической лентой.

Для борьбы с химической коррозией внутри водопроводных труб воду обрабатывают гексаметафосфатом натрия, который способствует постепенному образованию на внутренней поверхности защитной метафосфатной пленки. Этот же реагент используют для предупреждения карбонатных отложений.

Уложенные в грунт водопроводные линии испытывают на прочность и герметичность давлением воды или воздуха.

Величины испытательного давления p_n для стальных труб установлены строительными нормами и правилами, согласно которым

$$p_n = 1,25 \cdot p_p,$$

где p_p — внутреннее рабочее давление.

При этом p_n должно быть не менее 1 МПа (10 кгс/см²) и превышать p_p не менее чем на 0,5 МПа (5 кгс/см²).

Для чугунных асбестоцементных и железобетонных с предварительно напряженной арматурой трубопроводов принимают

$$p_n = p_p + 0,5 \text{ МПа.}$$

Величину рабочего давления p_p устанавливают проектом. Если при испытании выявлено значительное количество дефектов, их устраняют и производят вторичное испытание. Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если утечка воды на 1 км длины трубопровода не будет превышать в среднем 1—2 л/мин (для труб диаметром до 400 мм).

§ 48. ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К НАРУЖНЫМ ВОДОПРОВОДНЫМ СЕТЯМ

Наружные сети водопроводов, обеспечивающих пожарные нужды, должны быть кольцевыми с двумя вводами. К отдельно стоящим зданиям допускается прокладка тупиковых линий протяженностью не более 200 м. Длину ремонтных участков водоводов следует принимать: при прокладке водоводов — в две и более линии 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.

Расстояние между пожарными гидрантами на наружной водопроводной сети должно быть не более 150 м.

Гидранты устанавливают не ближе 5 м от зданий, чтобы можно было установить пожарную машину, и не далее (120—1) : 1,2 при водопроводе высокого давления и (150—1) : 1,2 при водопроводе низкого давления.

В населенных пунктах с числом жителей до 3000 и расходе воды на наружное пожаротушение до 10 л/с допускается после согласования с Госпожнадзором устройство тупиковых линий длиной более 200 м при наличии пожарных резервуаров или водоемов, водонапорной башни или контррезервуара в конце тупика.

Минимальный диаметр наружной водопроводной сети составляет не менее 100 мм.

Водопроводные сети прокладывают по проезжей части дороги с твердым покрытием шириной не менее 3,5 м или не далее 2,5 м от нее. Если по каким-либо причинам невозможно выполнить вышеизложенные требования к

прокладке водопроводной сети, необходимо устраивать подъезды к пожарным гидрантам с твердым покрытием и площадкой не менее 5×5 м для установки машины.

При параллельной укладке двух водопроводных линий или водоводов расстояние между ними должно быть не менее 5 м при диаметре труб до 300 мм и не менее 10 м при диаметре труб более 300 мм. С уменьшением расстояния между трубами принимают меры по защите смежных трубопроводов при аварии на одном из них.

Наружную водопроводную сеть разделяют задвижками с таким расчетом, чтобы при аварии или ремонте одновременно выключалось не более пяти гидрантов.

ГЛАВА 11. РАСЧЕТ НАРУЖНОГО ВОДОПРОВОДА ПРОМЫШЛЕННОГО ОБЪЕКТА

Основной задачей расчета проектируемого наружного водопровода является обеспечение подачи воды к каждому зданию и сооружению в необходимом количестве и под соответствующим напором.

Расчет водопроводных сетей заключается в определении диаметров труб, достаточных для пропуска необходимого расхода воды в обычное время и во время пожара, и в определении потерь напора. Последние необходимы для расчета высоты водонапорных башен и напоров, которые должны создавать насосы.

§ 49. ПОРЯДОК РАСЧЕТА НАРУЖНОЙ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

Расчетные расходы воды можно поделить на три основные группы: хозяйственно-питьевые, производственные и расходы на пожаротушение. Правильно спроектированный объединенный водопровод обеспечивает подачу воды на пожар при одновременном наибольшем часовом расходе на хозяйственно-питьевые и производственные нужды.

Гидравлический расчет сети объединенного водопровода производят на следующие режимы ее работы:

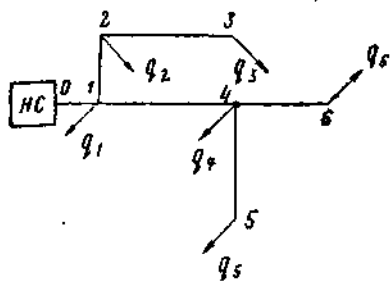


Рис. 101. Схема узловых расходов водопроводной сети
1-6 — расчетные точки сети

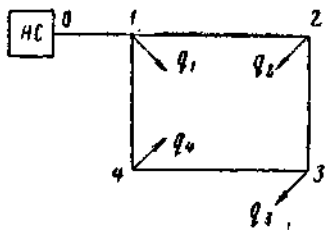


Рис. 102. Схема расчетных участков водопроводной сети
1-4 — расчетные точки сети

на максимальный хозяйственно-производственный и душевой расходы воды;

на максимальный хозяйственно-производственный расход и расход воды на внутреннее пожаротушение (без учета душевых расходов);

на максимальный хозяйственно-производственный расход, совпадающий с расходом воды на наружное и внутреннее пожаротушение (без учета душевых расходов).

При расчете наружной сети ее разбивают на расчетные участки и определяют расход воды на каждом из этих участков.

Количество воды, отбираемое в отдельных точках (узлах) q_1, q_2, q_3 и т. д., называется узловыми расходами (рис. 101 и 102). Расстояние между двумя соседними точками (узлами), где отбирается вода, называется расчетным участком $l_{1-2}, l_{2-3}, l_{3-4}$ и т. д.

Расход воды на каждом из расчетных участков складывается из расхода, используемого потребителем в конечной точке данного участка, и расхода воды, проходя-

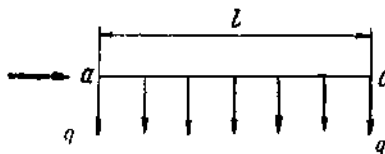


Рис. 103. Схема удельных расходов на участке водопроводной сети

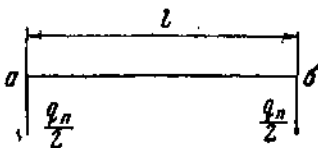


Рис. 104. Схема расхода воды на участке

щего по данному участку к более отдаленным потребителям. Так, например, расчетный расход воды q_{1-2} на участке 1—2 (см. рис. 101, 102) состоит из расхода q_2 , используемого потребителем в точке 2, и транзитного расхода $q_{тр}$, идущего на следующий участок 2—3. В данном случае $q_{тр} = q_3$.

Расчетный расход воды на заданном участке сети равен сумме путевого $q_{п}$ и транзитного расходов воды:

$$q = q_{п} + q_{тр}. \quad (149)$$

Кроме того, учитывают сосредоточенный расход в определенных точках (узлах).

Путевой расход воды зависит от удельного расхода $q_{уд}$, приходящегося на 1 м рассчитываемой магистральной линии (рис. 103):

$$q_{п} = q_{уд} l, \quad (150)$$

где l — длина расчетного участка, м.

Удельный расход определяют отношением общего расчетного расхода Q ко всей длине магистральных линий L сети, где

$$q_{уд} = Q/L. \quad (151)$$

При составлении расчетной схемы сети и определении узловых расходов путевые расходы на участках заменяют эквивалентно сосредоточенными, т. е. путевой расход на участке делят на две части поровну; одну его половину привязывают к началу расчетного участка, а другую — к концу его (рис. 104).

Практически величина удельного расхода магистральной сети водопроводов находится в пределах 0,05—0,035 л/с·м.

Диаметры труб определяют из уравнения

$$Q = \pi d^2 V / 4 = 0,785 d^2 V, \quad (152)$$

откуда

$$d = \sqrt{4Q/(\pi V)}, \quad \text{или} \quad d = \sqrt{Q/(0,785V)}. \quad (153)$$

Как правило, диаметры труб выбирают по экономически обоснованным скоростям движения воды, при которых затраты на строительство и эксплуатационные расходы будут минимальными. Величины этих скоростей для труб малых диаметров в среднем равны 0,7—1,2 м/с, для

труб больших диаметров — 1—1,5 м/с при нормальном режиме работы водопровода и 2—2,5 м/с при пропуске пожарных расходов воды (табл. 33).

ТАБЛИЦА 33

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

Практически диаметры труб подбирают по расходу и экономически обоснованной скорости. В табл. 33 выделены значения этих скоростей для труб различного диаметра.

Внутренний диаметр d , мм

Диаметр d , мм	Внутренний диаметр d , мм						
	100	125	150	200	250	300	350
50	0,015885	0,004836	0,0018555	0,0004046	0,0001264	0,000047425	0,000021825
100	0,03117	0,009672	0,003711	0,0008092	0,0002528	0,00009485	0,00004365
150	0,046755	0,014508	0,0055665	0,0012138	0,0003792	0,000142275	0,000065475
200	0,06234	0,019344	0,007422	0,0015184	0,0005056	0,0001897	0,0000873
250	0,077925	0,02418	0,0092775	0,002023	0,000632	0,000237125	0,000109125
300	0,09351	0,029016	0,011133	0,0024276	0,0007584	0,00028455	0,00013095
350	0,109095	0,033852	0,0129885	0,0028322	0,0008848	0,000331975	0,000152775
400	0,12468	0,038688	0,014844	0,0032368	0,0010112	0,0003794	0,0001746
450	0,140265	0,043524	0,0166995	0,0036414	0,0011376	0,000426825	0,000196425
500	0,15585	0,04836	0,018555	0,004046	0,001264	0,00047425	0,00021825
550	0,171435	0,053196	0,0204105	0,0044506	0,0013904	0,000521675	0,000240075
600	0,18702	0,058032	0,022266	0,0048552	0,0015168	0,0005691	0,0002619
650	0,202605	0,062868	0,0241215	0,0052598	0,0016432	0,000616525	0,000283725
700	0,21819	0,067704	0,025977	0,0056644	0,0017696	0,00066395	0,00030555
750	0,233775	0,07254	0,027825	0,006069	0,001896	0,000711375	0,000327375
800	0,24936	0,077376	0,029688	0,0064736	0,0020224	0,0007588	0,0003492
850	0,264945	0,082212	0,0315435	0,0068782	0,0021488	0,000806225	0,000371025
900	0,28053	0,087048	0,033399	0,0072828	0,0022752	0,00085365	0,00039285
950	0,296115	0,091884	0,0352545	0,0076874	0,0024016	0,000901075	0,000414675
1000	0,3117	0,09672	0,03711	0,008092	0,002528	0,0009485	0,0004365

Потери напора по длине трубопровода на участках сети определяют по формулам (34), (53)—(55):

$$h = A l Q^2, \quad h = s Q^2,$$

где $s = A l$ или $h = i l$.

Значение удельного сопротивления A дано в табл. 4, а сопротивления s для чугунных труб — в табл. 34.

Для упрощения расчетов проф. Ф. А. Шевелевым составлены специальные таблицы, где даны значения $1000 i$ и скоростей для труб различных диаметров при различных расходах воды [15].

Местные потери напора в наружной сети в среднем составляют 10% потерь напора по длине трубопроводов; общие потери напора $h_{\text{общ}} = 1,1 h$.

§ 50. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ РАЗВЕТВЛЕННОЙ (ТУПИКОВОЙ) СЕТИ

Разветвленные (тупиковые) водопроводные сети рассчитывают как системы последовательно соединенных трубопроводов, осуществляющих подачу воды в виде сосредоточенных расходов в боковых ответвлениях (рис. 105).

Расчет начинают с линии, идущей от начала сети до самой невыгодной точки (наиболее удаленной и высоко расположенной). Допустим, что на указанной выше схеме невыгодной точкой будет точка 8, тогда основной расчетной линией будет линия 1—2—5—7—8. Расчет этой линии ведут от конечных точек к начальным в такой последовательности: 8—7, 7—5, 5—2 и 2—1.

Зная расчетные расходы воды на каждом участке этой линии, подбирают диаметры труб исходя из скоро-

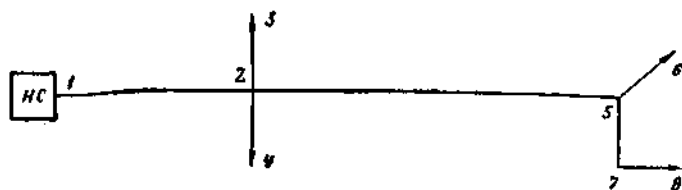


Рис. 105. Схема тупиковой водопроводной сети

1—8 — расчетные точки сети

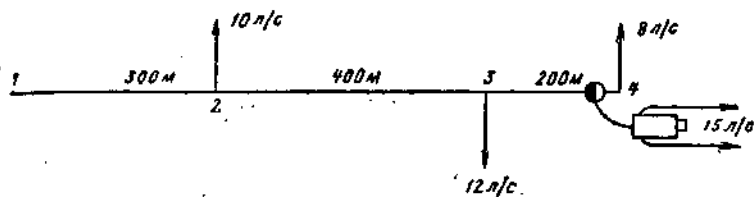


Рис. 106. Схема отбора воды из наружной сети
1—4 — расчетные точки

сти и определяют потери напора на отдельных участках, а затем и по всей длине по формуле

$$h = i_1 l_1 + i_2 l_2 + \dots + i_n l_n \quad (154)$$

или

$$h = s_1 q_1^2 + s_2 q_2^2 + \dots + s_n q_n^2, \quad (155)$$

т. е. как сумму потерь напора в последовательно соединенных участках труб.

Если расположение самой невыгодной точки не может быть установлено сразу, рассматривают ряд вариантов расположения основной расчетной линии. После расчета основной линии приступают к расчету ответвлений.

Пример. Имеется тупиковая сеть производственно-пожарного водопровода. Расход воды на производственные нужды 30 л/с, на пожарные — 15 л/с. Вода для производственных нужд поступает потребителям из отдельных узлов в количестве, которое указано на схеме, на пожарные нужды — от гидранта, установленного в конце сети (рис. 106).

Определить диаметры труб сети и потери напора.

Решение. Определяют расходы воды на каждом расчетном участке, начиная с отдаленного участка:

$$q_{4-3} = 8 \text{ л/с};$$

$$q_{3-2} = 8 + 12 = 20 \text{ л/с};$$

$$q_{2-1} = 20 + 10 = 30 \text{ л/с}.$$

Диаметры труб подбирают по расходу и скорости (табл. 33). Потери напора по длине трубопроводов определяют по формуле

$$h = sQ^2.$$

Значение s находят по табл. 34.

Расчет сводят в таблицу следующего вида:

ТАБЛИЦА 35

№ участка	l, м	Q, л/с		d, мм	v, м/с		s	h = sQ ²	
		до пожара	при пожаре		до пожара	при пожаре		до пожара	при пожаре
4—3	200	8	23	100 (150)	0,98 (0,44)	2,81 (1,26)	0,0623 (0,0074)	3,99 (0,47)	32,96 (3,91)
3—2	400	20	35	150	1,1	1,92	0,0148	5,92	18,13
2—1	300	30	45	200	0,93	1,4	0,0024	2,16	4,86
Всего	900	30	45	—	—	—	—	12,07	55,96

Подобранные диаметры труб проверяют на пропуск воды при пожаре. Скорость движения воды в трубах не должна превышать 2,5 м/с. В примере на участке 4—3 необходимо трубы диаметром 100 мм заменить на трубы диаметром 150 мм, так как скорость превысила допустимую и резко возросли потери напора.

После внесенной поправки потери напора по длине трубопровода составляют:

до пожара

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

при пожаре

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

Общие потери напора равны:

$$h_{\text{общ}} = 1,1h = 1,1 \cdot 8,55 = 9,4 \text{ м};$$

$$h'_{\text{общ}} = 1,1h' = 1,1 \cdot 26,9 = 29,6 \text{ м}.$$

§ 51. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОЛЬЦЕВОЙ СЕТИ

Рассмотрим сеть, состоящую из одного кольца, когда разбор воды в количестве q производится в одной точке А, причем длина линий (ветвей кольца) неодинаковая (рис. 107). Вода к точке А (точке водораздела) поступает по двум направлениям в количестве q_1 и q_2 .

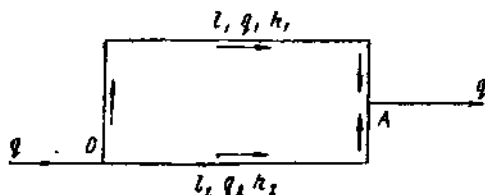


Рис. 107. Схема к расчету сети из одного кольца

Напор в этой точке должен быть равен:

$$H_A = H_0 - h_1 = H_0 - h_2,$$

где H_0 — напор в начальной точке O ;

h_1 — потери напора в одной ветви кольца;

h_2 — потери напора в другой ветви кольца.

Из приведенного уравнения видно, что потери напора в одной ветви кольца равны потерям напора в другой ветви кольца

$$h_1 = h_2, \text{ или } h_1 - h_2 = 0.$$

Принимая потери напора в ветвях кольца с течением воды по часовой стрелке со знаком плюс, а с течением воды против часовой стрелки со знаком минус, можем записать

$$\sum h = 0, \quad (156)$$

т. е. алгебраическая сумма всех потерь напора по контуру кольца должна быть равна нулю.

Это первое условие, вытекающее из сущности гидравлического расчета кольцевой сети.

Другим условием является то, что равенство притекающих и вытекающих расходов в точке A также должно быть равно нулю.

Если все притекающие к узлу A расходы (в данном случае q_1 и q_2) будут приниматься со знаком плюс, а вытекающие из него расходы (в данном случае расход q) со знаком минус, то второе условие можно выразить

$$\sum q = 0. \quad (157)$$

Исходя из этих условий задаются значениями q_1 и q_2 , подбирают диаметры труб и подсчитывают потери напора в полукольцах h_1 и h_2 . Если при расчете эти потери напора равны между собой, то кольцо рассчитано правильно.

Практически добиться равенства потерь напора в колокольцах почти невозможно. Поэтому при расчете кольцевой сети возможна погрешность $\Delta h = h_1 - h_2$, называемая невязкой. Невязка допускается при расчете сети на пропуск воды до пожара не более 0,5 м и до 1 м при расчете сети на водоотдачу при пожаре. Если при расчете невязка получилась больше указанных пределов, то значения q_1 и q_2 были приняты неправильно.

Для уменьшения невязки, полученной при расчете, и доведения ее до минимальной величины следует перераспределить поток так, чтобы уменьшить расход воды на Δq на перегруженных участках кольца и увеличить на Δq на недогруженных участках. Этот процесс последовательного приближения называют увязкой сети, а расход Δq — увязочным расходом.

Допустим, что при расчете сети, состоящей из одного кольца, при первоначальном распределении расходов q_1 и q_2 по двум направлениям получена невязка

$$\Delta h = h_1 - h_2 = s_1 q_1^2 - s_2 q_2^2. \quad (158)$$

Для устранения невязки уменьшим q_1 на Δq и увеличим q_2 на Δq . Тогда будем иметь:

$$\begin{aligned} s_1 (q_1 - \Delta q)^2 &= s_2 (q_2 + \Delta q)^2, \\ s_1 (q_1^2 - 2q_1 \Delta q + \Delta q^2) &= s_2 (q_2^2 + 2q_2 \Delta q + \Delta q^2). \end{aligned}$$

Отбросив величину Δq^2 ввиду ее малости, получим

$$\Delta q = (s_1 q_1^2 - s_2 q_2^2) / [2 (s_1 q_1 + s_2 q_2)] = \Delta h / [2 (s_1 q_1 + s_2 q_2)],$$

т. е.

$$\Delta q = \Delta h / (2 \Sigma s q). \quad (159)$$

Расчет еще более усложняется с увеличением числа колец.

В настоящее время разработаны способы расчета кольцевых водопроводных сетей с применением современных вычислительных и аналоговых машин.

При расчете водопроводов необходимо проверить водопроводную сеть и водоводы на пропуск воды для тушения пожаров. Для этого определяют пожарный расход воды и принимают его как сосредоточенный в точке, находящейся в наиболее невыгодных условиях по отношению к насосной станции. Если в соответствии с нор-

мами следует предусматривать одновременно тушение двух или более пожаров, то сосредоточенные пожарные расходы воды должны быть приняты в двух и более точках. Затем производят расчет сети при максимальном разборе воды. В соответствии с существующими нормами расходы воды на поливку территории, прием душа, мытье полов и мойку технологического оборудования не учитывают.

Расчет ведут в том же порядке, как и расчет до пожара, с той лишь разницей, что в данном случае диаметры труб являются заданными, так как они определены при расчете сети на нормальную работу. Если на каком-либо участке получается слишком большая скорость (более 2—2,5 м/с), то увеличивают диаметры труб на этом участке и вновь производят расчет сети на нормальную работу.

§ 52. ПРИМЕР РАСЧЕТА НАРУЖНОГО ВОДОПРОВОДА ПРОМЫШЛЕННОГО ОБЪЕКТА

Произвести расчет наружного водопровода текстильной фабрики по следующим данным:

1. Водопровод объекта объединенный (хозяйственно-производственно-пожарный) высокого давления.
2. Источник водоснабжения — река.
3. Характеристика основных производственных зданий приведена в табл. 36.
4. Генеральный план объекта с расположением на нем наружной сети и других сооружений водопровода показан на рис. 108.
5. Внутреннее противопожарное водоснабжение в производственных зданиях осуществляется с помощью пожарных кранов.
6. Высота расположения внутренних пожарных кранов в верхних этажах наиболее высоких производственных зданий составляет 9—12 м от уровня земли.
7. Наружная сеть и внутренний пожарный водопровод зданий находятся под постоянным давлением, создаваемым водонапорной башней.
8. Расчет водопровода произвести по наиболее многочисленной смене. Число работающих и принимающих душ в этой смене, а также производственный расход воды указаны в табл. 36.

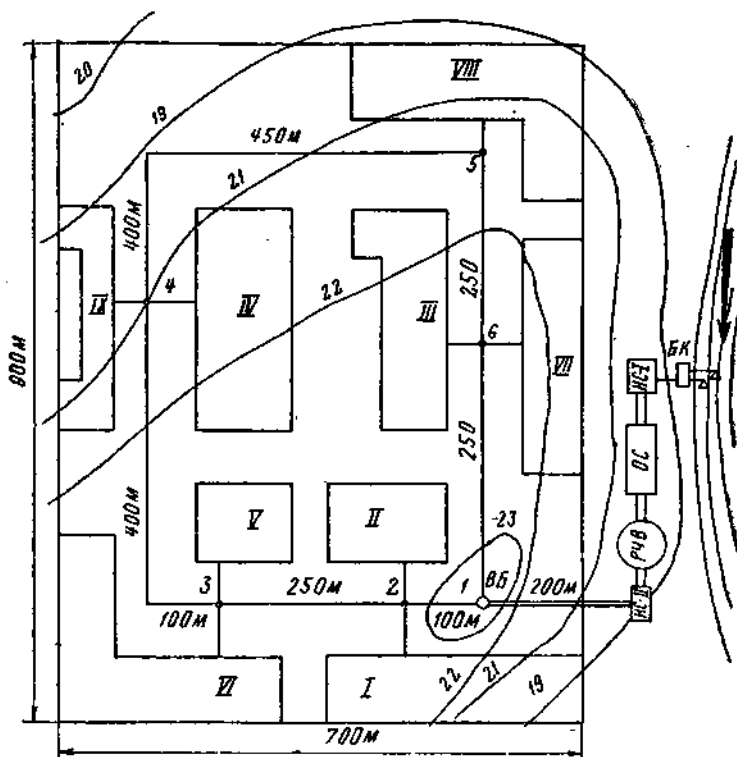


Рис. 108. Генеральный план текстильной фабрики с водопроводной сетью

БК — береговой колодезь; НС-I — насосная станция I подъема; ОС — очистные сооружения; РЧВ — резервуар чистой воды; НС-II — насосная станция II подъема; ВВ — водонапорная башня; 1—6 — расчетные точки сети; I—IX — номера цехов

Решение. Определим расчетные расходы воды для каждого производственного здания и для фабрики в целом с учетом ее подачи в обычное время и при пожаре. Полученные данные сведем в табл. 36.

Площадь территории фабрики (см. рис. 108)

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

При данной площади территории предприятия по нормам установлен один расчетный пожар (см. § 37).

Анализируя пожарные расходы воды по цехам, устанавливаем, что наибольшим является расход по ткацко-

Цех	Степень огнестойкости	Объем, тыс. м ³	Высота, м	Количество работающих в смену N_1 и N_2	Норма хозяйственно-питьевого водопотребления q_1 и q_2 на 1 чел. л/смену	Средний хозяйственный расход Q ср.х-п. л/с	Часовой коэффициент неравномерного водопотребления K
1	2	3	4	5	6	7	8
Склад хлопка	III	15	5	—	—	—	—
Приготовительный цех	II	10	10	200	25	0,17	3
Прядильный цех	II	25	15	800	25	0,7	3
Ткацкий цех	III	40	15	600	25	0,52	3
Отделочный цех	II	8	10	100	25	0,09	3
Склад готовой продукции	III	8	5	50	25	0,04	3
Котельная	II	7	7	30	45	0,05	2,5
Механическая мастерская	III	15	10	100	25	0,08	3
Административное здание	III	18	15	200	25	0,17	3
Итого...	—	—	—	2080	—	1,82	—

Примечания: 1. Данные в графах 2—5, 10, 14 задаются.

2. Данные граф 6, 8 определяют по табл. 23.

3. Средний за смену хозяйственно-питьевой расход (графа 7) рассчитывают по формулам: $Q_{\text{ср. х-п}} = q_1 N_1 / (t_1 \cdot 3600)$ или $Q_{\text{ср. х-п}} = q_2 N_2 / (t_2 \cdot 3600) (160)$, где t_1 и t_2 — время работы смены.

4. Максимальный хозяйственно-питьевой расход (графа 9) определяют по формуле $Q_{\text{макс. х-п}} = K Q_{\text{ср. х-п}}$ (161).

му цеху — 35 л/с, который и принят как расчетный, т. е. $Q_{\text{пож}} = 35$ л/с. Суммарный расчетный расход воды $Q_{\text{расч}}$ по отдельным цехам и для объекта в целом до пожара при максимальном расходе воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды определяют по формуле

$$Q_{\text{расч}} = Q_{\text{макс. х-п}} + Q_{\text{д}} + Q_{\text{пр}}. \quad (163)$$

В суммарный расчетный расход воды $Q'_{\text{расч}}$ при работе сети во время пожара не входят расходы воды на

ТАБЛИЦА 36

Максимальный хозяйственный расход $Q_{\text{макс. х.п. л/с}}$	Количество человек, принимающих душ, N_2	Расход на одну душевую сетку Q_3 , л/ч	Количество человек на одну душевую сетку n	Душевой расход $Q_д$, л/с	Производственный расход $Q_{\text{пр. л/с}}$	Пожарный расход, $Q_{\text{пож. л/с}}$	Расход до пожара $Q_{\text{расч. л/с}}$	Расход при пожаре, $Q'_{\text{расч. л/с}}$
9	10	11	12	13	14	15	16	17
—	—	—	—	—	—	20+2,5	—	—
0,51	200	500	3	9,2	—	15+5	9,71	0,51
2,1	700	500	7	13,9	0,5	20+5	16,5	2,6
1,56	500	500	7	10	0,5	30+5	12,06	37,06
0,27	100	500	5	2,8	1	15+5	4,07	1,27
0,12	—	—	—	—	—	20+5	0,12	0,12
0,12	30	500	5	0,8	1	10	1,92	1,12
0,24	100	500	5	2,8	—	15+5	3,04	0,24
0,51	—	—	—	—	—	20+2,5	0,51	0,51
5,43	1630	—	—	39,5	3	35	47,93	43,43

5. Показатели граф 11 и 12 даны по СНиП II-М.3-68 «Вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий».

6. Душевой расход воды (графа 13) определяют по формуле $Q_д = q_3 N_2 / (n \cdot 3600)$ (162).

7. Пожарный расход воды (графа 15) определяют по формуле $Q_{\text{пож}} = Q_{\text{нар}} + Q_{\text{вн}}$, где $Q_{\text{нар}}$ устанавливают по табл. 25, а $Q_{\text{вн}}$ см. в гл. 12.

прием душей, поливку территории и мойку технологического оборудования:

$$Q'_{\text{расч}} = Q_{\text{макс. х.п}} + Q_{\text{пр}} + Q_{\text{пож}}, \quad (164)$$

Проверяем правильность определения расчетных расходов воды (в л/с):
до пожара

$$Q_{\text{расч}} = 5,43 + 39,5 + 3 = 47,93;$$

при пожаре

$$Q_{\text{расч}} = 5,43 + 3 + 35 = 43,43.$$

Расчет произведен правильно, так как полученные данные совпадают с итоговыми расходами воды, указанными в графах 16 и 17 табл. 36.

Расчет водопровода на хозяйственно-питьевой и производственный расходы воды при внутреннем пожаротушении (без учета душевых расходов)

$$Q_{\text{расч}} = 47,93 + 5 - 39,5 = 13,43 \text{ л/с.}$$

не является в данном примере основным для определения высоты водонапорной башни из-за наличия на объекте душевых расходов воды. Составив таблицу расходов воды, приступаем к расчету сети, который ведется по узловым расходам.

Для расчета сети на пропуск воды до пожара составляем расчетную схему отбора воды из наружной сети. На схеме наносим узловые расходы в соответствии с расположением производственных зданий на генеральном плане (см. рис. 108). Расходы воды по зданиям берем из графы 16 по табл. 36. На расчетной схеме узловые расходы даны в л/с, длина участков — в м (см. рис. 109). Вода в сеть в точку 1 поступает в количестве 47,93 л/с и движется по кольцу в двух направлениях. Определяем точку, где встретятся потоки воды. В нашем примере это будет точка 4. В этой точке отбирается 12,57 л/с. Условно примем, что с участка 3—4 поступает 8 л/с, а с участка 5—4 — остальное количество воды — 4,57 л/с. Тогда расходы воды на отдельных расчетных участках будут в л/с:

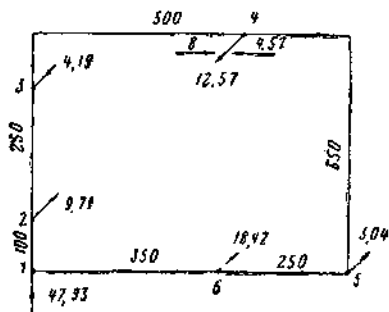


Рис. 109. Расчетная схема отбора воды из наружной сети до пожара

1—6 — расчетные точки сети

На участке	4—3	:	:	:	:	:	8
»	»	3—2	.	.	.	.	8+4,19=12,19
»	»	2—1	.	.	.	.	12,19+9,71=21,9
»	»	4—5	.	.	.	.	4,57
»	»	5—6	.	.	.	.	4,57+3,04=7,61
»	»	6—1	.	.	.	.	7,61+18,42=26,03
—————							
Всего	.	.	.	.	.	.	21,9+26,03=47,93

По расходам воды на расчетных участках подбираем диаметры труб и определяем потери напора в них. Для этой цели составляем расчетную таблицу (табл. 37).

Длину участков берем из расчетной схемы (рис. 109). Сеть проектируем из чугунных труб. Диаметры труб отдельных участков сети подбираем по скоростям и расходам (табл. 33). Сопrotивление трубопровода определяем по табл. 34, поправочный коэффициент K — по табл. 5.

Потери напора в полукольцах суммируются. Невязка составляет $\Delta h = 15,79 - 11,49 = 4,3 \text{ м} > 0,5 \text{ м}$ и превышает допустимую.

Находим поправочный расход по формуле (159):

$$\Delta q = \Delta h / (2 \sum sq) = 4,3 : 2 \cdot 3,409 = 0,6 \text{ л/с.}$$

После введения поправки, перераспределения расходов по участкам сети (см. расчетную табл. 37) и определения потерь напора вновь находим невязку по формуле (158)

$$\Delta h_1 = 13,8 - 13,77 = 0,03 \text{ м.}$$

Полученная после поправки невязка — в пределах допустимой.

Определяем потери напора в сети

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

Проверочным расчетом определяем, могут ли трубы принятых диаметров пропустить дополнительное количество воды для тушения пожара с учетом максимального расхода на другие нужды. При этом скорость движения воды можно допустить до 2,5 м/с. В отдельных случаях при больших потерях напора на каком-либо из расчетных участков можно увеличить диаметр труб даже при скорости меньше допустимой.

Проверочный расчет ведется в том же порядке, что и основной. Составляется расчетная схема (рис. 110) и расчетная табл. 38.

Участок	$l, \text{ м}$	$q, \text{ м}^2/\text{с}$	$d, \text{ мм}$	$V, \text{ м}^3/\text{с}$	$s = \Delta l$	$s_1 = Ks$	$h = s_1 q^2, \text{ м}$	s_{10}	$\Delta q, \text{ м}^2/\text{с}$	$q_1, \text{ м}^2/\text{с}$	$h_{\text{в}} = s_1 q_1^2, \text{ м}$
4-3	500	8	100	0,98	0,15585	0,161	10,3	1,288	-0,6	7,4	8,82
3-2	250	12,19	125	0,96	0,02418	0,024	3,57	0,293	-0,6	11,59	3,17
2-1	100	21,9	150	1,2	0,00371	0,004	1,92	0,088	-0,6	21,3	1,81
4-5	650	4,57	100	0,56	0,2026	0,228	15,79	1,046	+0,6	5,17	13,8
5-6	250	7,61	100	0,93	0,07792	0,081	4,78	0,616	+0,6	8,21	6,19
6-1	350	26,03	200	0,82	0,00283	0,003	2,02	0,078	+0,6	26,63	5,45
Всего	2100	47,93					11,49	3,409		47,93	13,77

Участок	l , м	Q , л/с	d , мм	v , м/с	$s = \Delta l$	$s_1 = Ks$	$h = s_1 Q^2$, м
5—1	200	8,7	100	1,07	0,0623	0,0633	4,78
4—3	500	16,27	150	0,9	0,0186	0,0193	5,12
3—2	250	17,66	150	0,96	0,0093	0,0096	2,99
2—1	100	18,17	150	1,01	0,0037	0,0038	1,25
5—6	—	—	—	—	—	—	14,14
6—7	450	21,3	150	1,17	0,0167	0,0168	7,62
7—1	250	21,54	150	1,18	0,0093	0,0093	4,3
7—1	350	25,26	200	0,78	0,0028	0,003	1,91
Всего	2100	43,43	—	—	—	—	13,83

Отбор воды на наружное пожаротушение в количестве 30 л/с (см. табл. 36) осуществляется через гидрант у здания, по которому ведется расчет. За точку водораздела принята точка 5. Находим невязку по формуле (158)

$$\Delta h = 14,14 - 13,83 = 0,31 < 1 \text{ м.}$$

Невязка допустима.

Определяем потери напора в сети

$$h_a = (14,14 + 13,83) : 2 = 13,99 \text{ м.}$$

Примечание. На участках 4—3, 5—6 и 6—7 трубы диаметром 100 мм заменены трубами диаметром 150 мм ввиду больших скоростей на этих участках и потерь напора в трубах.

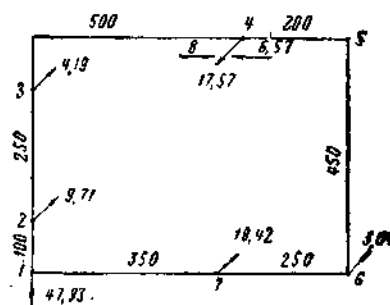
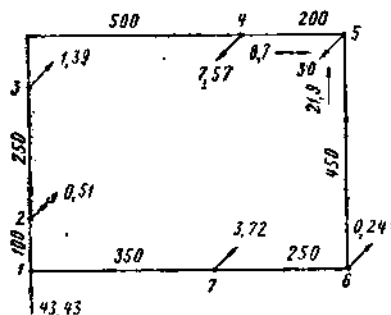


Рис. 110. Расчетная схема отбора воды из наружной сети при пожаре

Рис. 111. Расчетная схема отбора воды из сети до пожара

1—7 — расчетные точки сети

1—7 — расчетные точки сети

Произведенным проверочным расчетом было установлено, что на ряде участков наружной сети для пропуска пожарного расхода воды диаметры труб следует заменить на большие. С увеличением диаметров труб уменьшаются потери напора в сети и высота расположения водонапорного бака. Сделаем пересчет сети при работе ее до пожара.

Расчет ведется в том же порядке: составляются расчетная схема (рис. 111) и таблица, в которой проставляют диаметры труб, полученные при проверочном расчете (табл. 39).

В этом расчете, как и в первом, диктующая точка — точка 4.

ТАБЛИЦА 39

Участок	l , м	q , л/с	d , мм	v , м/с	$s=Al$	$s_1=Ks$	$h=s_1 q^2$, м
4—3	500	8	150	0,44	0,01855	0,0218	1,4
3—2	250	12,19	150	0,67	0,00928	0,0102	1,51
2—1	100	21,9	150	1,2	0,00371	0,0037	1,78
4—5	200	4,57	100	0,56	0,06234	0,0705	4,69
5—6	450	4,57	150	0,23	0,0167	0,0227	1,47
6—7	250	7,61	150	0,42	0,00928	0,011	0,48
7—1	350	26,03	200	0,82	0,00283	0,003	0,64
Всего	2100	47,93	—	—	—	—	2,03
							4,62

Находим невязку по формуле (158)

$$\Delta h = 4,69 - 4,62 = 0,07 \text{ м} < 0,5 \text{ м.}$$

Невязка допустима.

Определяем потери напора в сети

$$h_c = (4,69 + 4,62) : 2 = 4,66 \text{ м.}$$

Примечание. При пересчете сети на большие диаметры потери напора в трубах уменьшились на $13,79 - 4,66 = 9,13$ м.

Для укладки наружной сети ткацкой фабрики требуются чугунные трубы следующих диаметров и длин:

100 мм	200 м
150 »	1550 »
200 »	350 »
Итого	2100 »

Для определения режимов работы насосных станций, водонапорных баков и резервуаров необходимо

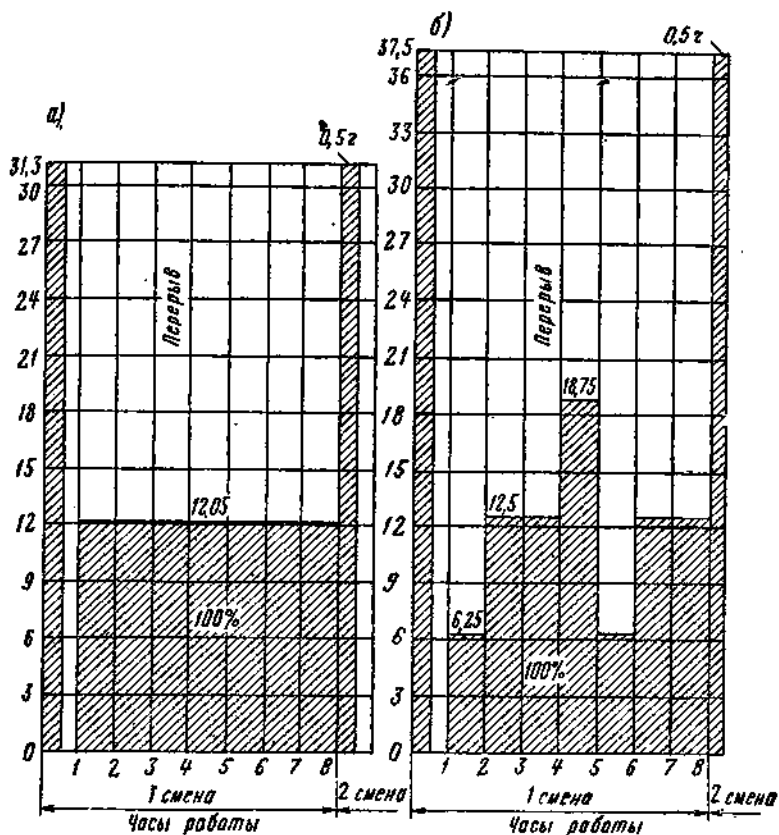


Рис. 112. График расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды на промышленных предприятиях при 8-часовой смене

а — в горячих цехах; б — в холодных цехах

знать, сколько воды расходуется по часам смены на промышленных предприятиях.

Количество воды в %, расходуемое на хозяйственно-питьевые нужды за каждый час 8-часовой смены, можно принять по табл. 40 и рис. 112. Расход воды на производственные нужды принят равномерным по часам смены. Расход воды на душевые нужды учитывается в течение 45 мин первого часа каждой смены, так как в этот час моется предыдущая смена. В это время на фабрике мак-

симальный водоразбор, который в % сменного расхода составляет:

На производственные нужды	4,4
» хозяйственно-питьевые нужды	4
» душевые нужды	43,4
Итого	51,8

В соответствии с таблицей расходов воды (табл. 36) и таблицей водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды по часам смены (табл. 40) составляем для нашего предприятия таблицу водопотребления по часам смены (табл. 41).

ТАБЛИЦА 40

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

Сменный хозяйственно-питьевой расход по цехам в м³/смену можно определить по формуле

$$Q_{\text{см.х-п}} = (qN): 1000. \quad (165)$$

Значения q_1 и q_2 , N_1 и N_2 даны в табл. 36.

Сменный душевой расход устанавливают по душевому расходу воды Q_d в л/с [см. табл. 36 и формулу (162)] из расчета работы душевых в течение 45 мин, т. е.

$$Q_{\text{см.д}} = (45 \cdot 60 Q_d): 1000; \quad (166)$$

Для 8-часовой смены производственный сменный расход воды определяем по заданному расходу воды в л/с (см. табл. 36) по формуле

$$Q_{\text{см.пр}} = (8 \cdot 3600 Q_{\text{пр}}) : 1000. \quad (167)$$

Из таблицы 41 видно, что расход воды на все нужды в смену составляет 245,65 м³, из них:

Хозяйственно-питьевой	52,6
Душевой	106,65
Производственный	86,4

Расчетный расход воды без душевого расхода 139 м³.

Регулирующую емкость бака водонапорной башни определяют, анализируя работу насосов насосной станции II подъема и расходы воды из водопроводной сети, для чего составляем табл. 42. Данные по водопотреблению в каждый час смены в % от сменного расхода берем из табл. 41, графа 22.

Принимаем производительность одного насоса, равную 8% сменного расхода, другого насоса — 44%. Этот насос включается дополнительно для обеспечения подачи воды на душевые нужды в первый час каждой смены.

Следовательно, регулирующий объем бака (см. табл. 42) составляет 7,8% сменного расхода, т. е.

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

Полный объем водонапорного бака составляет сумму регулирующего объема и неприкосновенного запаса воды. Неприкосновенный запас равен расходу воды на внутреннее пожаротушение в течение 10 мин при одновременном наибольшем расходе воды на другие нужды.

В нашем примере объем запаса воды на пожарные нужды

$$W_{\text{н.в.п.ож}} = (5 \cdot 10 \cdot 60) : 1000 = 3 \text{ м}^3.$$

Объем неприкосновенного хозяйственно-производственного запаса определим по максимальному часовому расходу воды, равному 127,28 м³/см (табл. 42), а 10-минутный запас — из равенства:

$$W_{\text{н.з.х-п}} = [(127,28 - 106,65) \cdot 10] : 60 = 3,4 \text{ м}^3.$$

Неприкосновенный запас воды, таким образом, будет равен:

$$W_{\text{н.з}} = 3 + 3,4 = 6,4 \text{ м}^3.$$

Холодные

Часы смены	% сменного рас- хода	приготови- тельный цех		пряdnильный цех			ткацкий цех		
		Q _{хоз} м ³	Q _{душ} м ³	Q _{хоз} м ³	Q _{душ} м ³	Q _{пронз} м ³	Q _{хоз} м ³	Q _{душ} м ³	Q _{пронз} м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	—	—	—	—	1,8	—	—	1,8
2	6,25	0,31	—	1,25	—	1,8	0,94	—	1,8
3	12,5	0,62	—	2,5	—	1,8	1,88	—	1,8
4	12,5	0,62	—	2,5	—	1,8	1,88	—	1,8
5	18,75	0,91	—	3,75	—	1,8	2,81	—	1,8
6	6,25	0,31	—	1,25	—	1,8	0,94	—	1,8
7	12,5	0,63	—	2,5	—	1,8	1,87	—	1,8
8	12,5	0,63	—	2,5	—	1,8	1,87	—	1,8
По окон- чании смены	18,75	0,94	24,84	3,75	37,53	—	2,81	27	—
Итого	100	5	24,84	20	37,53	14,4	15	27	14,4

цехи $K_x=3$							Горячие цехи $K_r=2,5$					Итого в м ³ и в %
отделочный цех			склад готовой продукции $Q_{\text{хоз}}$, м ³	механический цех		административное здание $Q_{\text{хоз}}$, м ³	% сменного расхода	котельная				
$Q_{\text{хоз}}$, м ³	$Q_{\text{душ}}$, м ³	$Q_{\text{тронз}}$, м ³		$Q_{\text{хоз}}$, м ³	$Q_{\text{душ}}$, м ³			$Q_{\text{хоз}}$, м ³	$Q_{\text{душ}}$, м ³	$Q_{\text{тронз}}$, м ³		
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
—	—	3,6	—	—	—	—	0	—	—	3,6	10,8 4,4	
0,16	—	3,6	0,08	0,16	—	0,31	12,05	0,16	—	3,6	14,17 5,77	
0,31	—	3,6	0,16	0,31	—	0,62	12,05	0,16	—	3,6	17,36 7,07	
0,31	—	3,6	0,16	0,31	—	0,62	12,05	0,16	—	3,6	17,36 7,07	
0,47	—	3,6	0,23	0,47	—	0,94	12,05	0,17	—	3,6	20,58 8,38	
0,16	—	3,6	0,08	0,16	—	0,31	12,05	0,16	—	3,6	14,17 5,77	
0,31	—	3,6	0,15	0,31	—	0,63	12,05	0,16	—	3,6	17,36 7,07	
0,31	—	3,6	0,16	0,31	—	0,63	12,05	0,16	—	3,6	17,37 7,07	
0,47	7,56	—	0,23	0,47	7,56	0,94	15,65	0,22	2,16	—	9,83 4 106,65 43,4	
2,5	7,56	28,8	1,25	2,5	7,56	5	100	1,35	2,16	28,8	245,65 100	

ТАБЛИЦА 42

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

Полный объем воды в водонапорном баке

$$W_6 = W_{\text{рег}} + W_{\text{н.з}} = 19,16 + 6,4 = 25,56 \text{ м}^3.$$

Принимаем по табл. 30 бак вместимостью 50 м³ (по типовому проекту 901-5-21/70). Определим объем резервуара чистой воды по режиму работы насосных станций I и II подъема.

При равномерном режиме работы насосная станция I подъема в каждый час будет подавать $100 : 8 = 12,5\%$ сменного расхода. Режим работы насосов II подъема дан в табл. 42.

Расчет сведем в табл. 43, из которой видно, что регулирующий объем резервуара чистой воды равен 31,5% сменного расхода или

$$W_{\text{рег}} = (245,65 \cdot 31,5) : 100 = 77,4 \text{ м}^3.$$

Полный объем резервуара чистой воды равен сумме регулирующего объема, неприкосновенного запаса и объема воды, необходимого для нужд водопровода (промывка фильтров, водопроводных сетей и т. п.), который примем в количестве 3% сменного расхода. Неприкосновенный запас слагается в свою очередь из запасов на пожарные и хозяйственно-производственные нужды.

Объем запаса на пожарные нужды $W_{\text{н.з.пож}}$, определяем из расчета обеспечения расхода воды на тушение пожара из наружных гидрантов и внутренних пожарных кранов в течение 3 ч.

В нашем примере $Q_{\text{пож}} = 35 \text{ л/с}$ (см. табл. 36).

ТАБЛИЦА 13

Часы смены	Расход воды, % от сменного	Забор воды НС-II, %	Подача воды НС-I, %	Расход воды из резервуара, %	Поступление воды в резервуар, %	Остаток воды в резервуаре, %
1	51,8	44	12,5	31,5	—	0
2	5,77	8	12,5	—	4,5	4,5
3	7,07	8	12,5	—	4,5	9
4	7,07	8	12,5	—	4,5	13,5
5	8,38	8	12,5	—	4,5	18
6	5,77	8	12,5	—	4,5	22,5
7	7,07	8	12,5	—	4,5	27
8	7,07	8	12,5	—	4,5	31,5
Всего	100	100	100	—	—	31,5

и

$$W_{н.з.п.ож} = (35 \cdot 3 \cdot 3600) : 1000 = 378 \text{ м}^3,$$

Объем неприкосновенного запаса воды на хозяйственно-производственные нужды $W_{н.з.х-п}$ равен количеству потребляемой воды в три смежных часа максимального водопотребления.

В нашем примере (см. табл. 41)

$$W_{н.з.х-п} = 7,07 + 7,07 + 8,38 = 22,52\%.$$

В этом случае расход воды на прием душей, который составляет 43,4% сменного расхода, не должен учитываться:

$$W_{н.з.х-п} = (139 \cdot 22,52) : 100 = 31,3 \text{ м}^3,$$

откуда неприкосновенный запас воды

$$W_{н.з} = 378 + 31,3 = 409,3 \text{ м}^3,$$

Объем воды, необходимой для собственных нужд водопровода,

$$W_{в.н} = (245,65 \cdot 3) : 100 = 7,4 \text{ м}^3.$$

Полный объем резервуара чистой воды:

$$W_{рев} = W_{рег} + W_{н.з} + W_{в.н} = 77,4 + 409,3 + 7,4 = 494,1 \text{ м}^3.$$

Принимаем два типовых резервуара по 250 м³ каждый (по типовому проекту 901-4-22) (см. табл. 29).

Водонапорный бак следует располагать на такой высоте, чтобы напор в наружной сети во всех точках водоразбора объекта был не менее требуемого для хозяйственно-питьевых нужд, а также пожаротушения — от внутренних пожарных кранов. Получаемый напор должен обеспечивать работу пожарного крана в диктующей точке, расположенной на вводе в здание ткацкого цеха, наиболее отдаленного от начала сети и наиболее высокого (см. рис. 108).

По заданию высота ткацкого цеха 15 м (см. табл. 36). Примем это здание за 3-этажное. Тогда наиболее невыгодно расположенные пожарные краны в здании находятся на высоте $z_{кр} = 12$ м.

Свободный напор в диктующей точке определим по формуле

$$H_{в.зд} = h_{вн.с} + H_{кр} + z_{кр}.$$

В данном примере не ставится цель произвести гидравлические расчеты внутренней водопроводной сети. Поэтому для упрощения расчета будем считать, что потери напора во внутренней сети $h_{вн.с} \approx 2$ м.

Напор у крана определим исходя из подачи минимальной струи в 6 м с расходом 2,5 л/с в соответствии с нормами (см. гл. 6).

Рукава непрорезиненные диаметром 51 мм, длиной 20 м, насадки стволов диаметром 16 мм. По табл. 20 $H_{кр} = 10$ м.

Свободный напор на вводе в здание

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

Высоту расположения водонапорного бака определяют по формуле (140)

$$H_6 = H_{в.зд} + 1,1 h_{сети} + (z_{д.т} - z_6),$$

где $h_{сети} = 4,62$ м (см. расчет сети, табл. 39);

1,1 — коэффициент учета потерь напора на местные сопротивления;

$z_{д.т}$ — отметка диктующей точки 21 м (см. рис. 108);

z_6 — отметка у водонапорной башни 23 м (см. рис. 108);

$H_{св}$ — свободный напор в диктующей точке, равный 24 м по расчету.

Высота расположения водонапорного бака

$$H_6 = 1,1 \cdot 4,66 + (21 - 23) + 24 = 206,126 \text{ м.}$$

Принимаем $H_6 = 27,2$ м.

Расчет водоводов, прокладываемых между насосной станцией II подъема и водопроводной сетью, производится по максимальному секунднему расходу воды. В нашем примере от насосной станции II подъема до сети проложены два водовода протяженностью 200 м каждый (см. рис. 108). В часы максимального водопотребления насосы II подъема будут подавать 44% сменного расхода (см. табл. 42), что составит:

$$(245,65 \text{ м}^3/\text{смену} \cdot 44) : 108,08 \text{ м}^3/\text{ч} \approx 30 \text{ л/с.}$$

Пожарный расход по объекту равен 35 л/с.

При аварии одного из водоводов и пожаре на объекте другой водовод должен обеспечить подачу воды в количестве 100% на пожарные и 70% на хозяйственно-питьевые нужды

$$(30 \cdot 70) : 100 + 35 = 56 \text{ л/с.}$$

По расходу воды 56 л/с подбираем диаметр каждого водовода по табл. 33. Диаметр водоводов принимаем 200 мм, $V \approx 1,55$ м/с; материал — чугун.

Потери напора в одном водоводе при пожаре составят

$$h_{\text{вод}} = A l q^2 = 6,959 \cdot 200 \cdot 0,056^2 = 4,4 \text{ м,}$$

где $A = 6,959$ по табл. 4.

Так как водоводы работают в две линии, то по каждой из них (до пожара) в часы максимального водопотребления пройдет половина расчетного сменного расхода

$$q = 30 : 2 = 15 \text{ л/с, или } 0,015 \text{ м}^3/\text{ч,}$$

а потери напора в водоводе составят:

$$h_{\text{вод}} = A l q^2 = 6,959 \cdot 200 \cdot 0,015^2 = 0,31 \text{ м.}$$

Хозяйственно-производственные насосы II подъема подают воду из резервуара чистой воды в наружную водопроводную сеть. Режим работы хозяйственно-производственных насосов насосной станции II подъема определен при расчете регулирующей емкости водонапорного бака. В течение 7 ч 8-часовой смены работает один насос и подает 8% сменного расхода, что составляет

$$(245,65 \text{ м}^3/\text{смену} \cdot 8) : 100 = 19,65 \text{ м}^3/\text{ч} \approx 5,5 \text{ л/с.}$$

Другой насос подает 44% сменного расхода, что составит 30 л/с и включается в час максимального водоразбора (в первый час каждой смены). В это время отключается первый насос.

Следовательно, производительность одного насоса $Q_1=5,5$ л/с, другого — $Q_2=30$ л/с.

Напор хозяйственно-производственных насосов определяют по формуле

$$H_{х-п} = 1,1 h_{\text{вод}} + H_б + h_б + (z_б - z_{\text{н}}) + z_{\text{вс}} + h_{\text{вс}}, \quad (168)$$

где $h_{\text{вод}}$ — потери напора в водоводе 0,31 м;
 $H_б$ — высота водонапорной башни 27,2 м;
 $h_б$ — высота напорного бака 2 м;
 $z_б$ — отметка в месте установки водонапорной башни 23 м;
 $z_{\text{н}}$ — отметка оси насоса 19 м;
 $z_{\text{вс}}$ — геометрическая высота всасывания, равная глубине резервуара, 3 м.
 $h_{\text{вс}}$ — потери напора во всасывающей и нагнетательных линиях насосов, принимаем 2,5 м.

Тогда

$$H_{х-п} = 1,1 \cdot 0,31 + 27,2 + 2 + (23 - 19) + 3 + 2,5 = 39,04 \text{ м} \approx 40 \text{ м}.$$

Устанавливаем два насоса подачи $Q_1=5,5$ л/с (основной и резервный) и два подачи $Q_2=30$ л/с (основной и резервный) при напоре 40 м и подбираем их марку по каталогу (см. табл. 31). Подачу стационарных пожарных насосов определяют по расчетному расходу при пожаре $Q_{\text{расч}}=43,43$ л/с (см. табл. 36, графу 17).

Напор, развиваемый стационарным пожарным насосом в водопроводе высокого давления, должен обеспечить подачу воды к месту пожара без передвижных пожарных насосов. При этом напор у насоса определяют по формуле

$$H_{\text{пож}} = 1,1 (h_{\text{вод}} + h_{\text{сети}}) + (z_{\text{д.т}} - z_{\text{н}}) + H_{\text{р}} + z_{\text{вс}} + h_{\text{вс}}, \quad (169)$$

где $h_{\text{вод}}$ — потери напора в водоводе 4,4 м;
 $h_{\text{сети}}$ — потери напора в наружной сети при пожаре 13,99 м;
 $z_{\text{д.т}}$ — отметка диктующей точки, в нашем случае у ввода в здание ткацкого цеха 4, где «пожар» составляет по горизонтали 21 м (см. рис. 108);

- z_{II} — отметка оси насоса 19 м;
 $z_{вс}$ — геометрическая высота всасывания насоса, равная глубине резервуара 3 м;
 H_c — напор у расчетного гидранта [по формуле (130)], $H_c = 32 + z_{зд} = 32 + 15 = 47$ м;
 $h_{вс}$ — потери напора во всасывающей и нагнетательной линиях насоса 2,5 м.

Тогда напор, создаваемый стационарным пожарным насосом,

$$H_{\text{пож}} = 1,1(4,4 + 13,99) + (21 - 19) + 47 + 3 + 2,5 \approx 75 \text{ м.}$$

Устанавливаем два стационарных пожарных насоса (основной и резервный) и подбираем их по каталогу (см. табл. 31). Подобранные насосы по каталогу сводим в табл. 44.

ТАБЛИЦА 44

Вид насоса	Расчет Q , л/с	Расчет H , м	Принятый насос		
			Q , л/с	H , м	марка
Хозяйственно-производственный	5,5 30	40	7—18	46,2—30	ЗК-6а 5НДв-60 4НДв-60
Пожарный		43,43	75	42—50		104—97

ГЛАВА 12. ВНУТРЕННИЕ ВОДОПРОВОДЫ

§ 53. УСТРОЙСТВО И РАБОТА ВНУТРЕННИХ ВОДОПРОВОДОВ

Внутренний водопровод служит для распределения воды, поступающей от наружной сети по отдельным точкам потребления в зданиях. Системы и схемы внутренних водопроводов выбирают в зависимости от технологии производства, санитарно-гигиенических и пожарных требований, технико-экономической целесообразности и устройства наружных водопроводных сетей. В общественных и производственных зданиях промышленных предприятий чаще всего устраивают объединенный хозяйственно-питьевой и пожарный внутренний водопровод.

Объединенные внутренние водопроводные сети зданий более выгодны с гигиенической и экономической

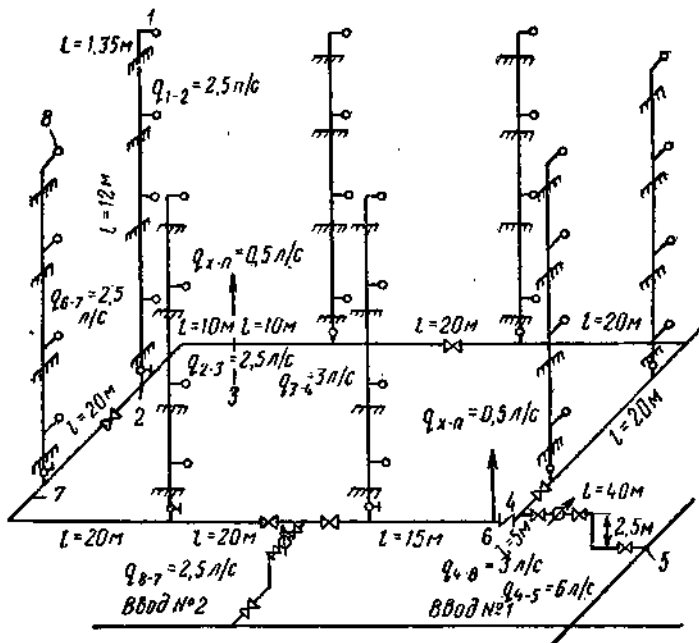


Рис. 113. Схема внутренней кольцевой водопроводной сети с нижней разводкой

1—8 — расчетные точки сети

точек зрения (более дешевые при строительстве), а также удобны в эксплуатации. В самостоятельных пожарных водопроводах вода застаивается, сети, насосы и арматура находятся, как правило, без постоянного напора. При отключении сети на ремонт предусматривают орошение каждой точки помещения от двух пожарных кранов, а задвижки устанавливают из расчета отключения не более пяти пожарных кранов и т. п.

Если магистральные трубопроводы проложены в подвальном помещении или на первом этаже здания и вода по стоякам поднимается снизу вверх, то внутренняя водопроводная сеть называется сетью с нижней разводкой (рис. 113). Если магистральные трубопроводы проложены в верхнем техническом этаже, или в чердачном помещении, или под потолком верхнего этажа и вода по стоякам спускается вниз, то внутренняя водопроводная сеть называется сетью с верхней разводкой (рис. 114).

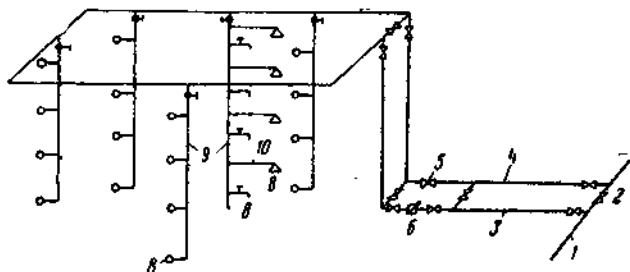


Рис. 114. Схема внутренней водопроводной сети с верхней разводкой

1 — наружная водопроводная сеть; 2 — задвижки в месте присоединения вводов к наружной сети; 3, 4 — вводы; 5 — пожарная задвижка; 6 — водомер; 7 — магистральное кольцо; 8 — водоразборные точки; 9 — стояки; 10 — распределительные линии

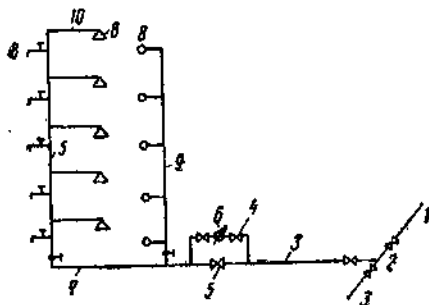
Более надежна в эксплуатации внутренняя водопроводная сеть с нижней разводкой. При верхней разводке вода в трубопроводах в сильные морозы может замерзнуть. Кроме того, в случае аварии трубопроводов при верхней разводке вода заливает нижние этажи.

Любая внутренняя водопроводная сеть (рис. 114—116) состоит из места присоединения внутренней сети наружной, вводов в здание, водомерного узла, магистральных трубопроводов, стояков, разводящих труб, водоразборных приборов (водоразборных кранов, душевых сеток, внутренних пожарных кранов и т. п.), задвижек и обратных клапанов.

Внутренний пожарный (объединенный или самостоятельный) водопровод предназначен для тушения пожара в начальной стадии возникновения, а также для ту-

Рис. 115. Схема тупиковой внутренней водопроводной сети

1 — наружная водопроводная сеть; 2 — задвижки в месте присоединения ввода к наружной сети; 3 — ввод; 4 — задвижки у водомера; 5 — пожарная задвижка; 6 — водомер; 7 — магистральный трубопровод; 8 — водоразборные точки; 9 — стояки; 10 — распределительные линии



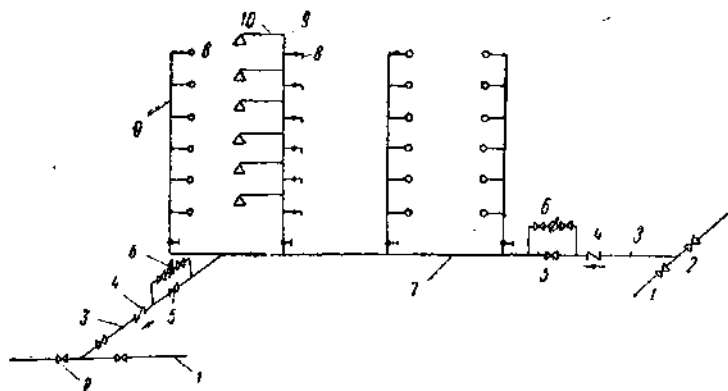


Рис. 116. Схема внутренней водопроводной сети, закольцованной вводами

1 — наружная водопроводная сеть; 2 — задвижки в месте присоединения ввода к наружной сети; 3 — ввод; 4 — обратный клапан; 5 — пожарная задвижки; 6 — водомер; 7 — магистральный трубопровод; 8 — водоразборные точки; 9 — стояки; 10 — распределительные линии

шения развившихся пожаров как вспомогательное средство в дополнение к струям, подаваемым от пожарных автомобилей.

Внутренняя водопроводная сеть работает постоянно под напором наружного водопровода. При недостаточном напоре в наружном водопроводе в часы максимального водопотребления и достаточном напоре в часы минимального водопотребления предусматривают схему с водонапорным баком. Последний устанавливают на высоте, обеспечивающей нормальную работу верхних пожарных кранов. Если конструкция здания не позволяет установить водонапорный бак, применяют пневматическую установку.

Схема с насосами-повысителями применяется при постоянном недостаточном напоре воды в наружной водопроводной сети. В зависимости от величины минимального напора в наружной водопроводной сети назначение насосов и режим их работы могут быть различными:

если напор достаточен для хозяйственно-питьевых и производственных нужд, но недостаточен для работы внутренних пожарных кранов, устанавливают пожарный насос, повышающий давление во время пожара;

если напор недостаточен для пожаротушения и для хозяйственно-питьевых нужд, устанавливают насосы,

обеспечивающие хозяйственно-питьевые нужды, и пожарные насосы (основной и резервный), либо насосы, обеспечивающие одновременно пожарный расход воды и максимальный расход на хозяйственно-питьевые нужды.

Работа насосов может сочетаться с работой водонапорных и пневматических баков. При этом хозяйственно-питьевые насосы работают только периодически для наполнения баков. Если насосы забирают воду непосредственно из наружной водопроводной сети, предусматривают обводную линию в обход насосов, на которой устанавливают задвижки и обратные клапаны. Эта линия нужна для подачи воды во внутреннюю водопроводную сеть при достаточном напоре в наружной водопроводной сети в часы минимального водопотребления, например ночью.

Схема внутренней водопроводной сети с запасным резервуаром, насосами и водонапорным или пневматическим баком применяется при недостаточном напоре (меньше 5 м) и расходе воды в наружной водопроводной сети. В этом случае вода от наружной водопроводной сети поступает в запасной резервуар, откуда забирается насосом и подается во внутреннюю водопроводную сеть по вводам. Места вводов и задвижки на них обозначают на стенах зданий, чтобы в случае разрушения внутренней сети во время пожара ее можно было выключить и этим предотвратить понижение давления в наружной сети и обеспечить тушение пожара от наружных гидрантов.

Внутренние водопроводные сети зимой прокладывают только в отапливаемых помещениях, имеющих температуру не ниже 2° С. Если возможно кратковременное снижение температуры до 0° С и ниже, а также при прокладке труб в зоне влияния на них наружного холодного воздуха (вблизи ворот) необходимо предусматривать теплоизоляция. При прокладке водопроводной сети в неотапливаемых помещениях, в которых температура может быть ниже 0° С, предусматривают кран для спуска воды из сети на зимний период. Кран должен быть расположен в колодце или в отапливаемом помещении.

Для спуска воды из внутренней водопроводной сети трубопроводы прокладывают в сторону ввода с уклоном 0,002—0,005. В нижних точках сети делают спусковые устройства.

Скорость движения воды в трубопроводах должна быть не менее 0,5 м/с. При меньшей скорости образует-

ся воздушная подушка, которая частично или полностью прекращает движение воды, особенно в верхних участках внутренней водопроводной сети.

Внутренние водопроводные сети производственного и пожарного водопроводов выполняют, как правило, из неоцинкованных стальных или чугунных труб. Вводы внутренних пожарных водопроводов изготавливают из чугунных или стальных труб диаметром не менее 50 мм. Внутреннюю водопроводную сеть оборудуют арматурой, гарантирующей правильную и бесперебойную ее работу (задвижки, спускные краны, предохранительные клапаны, вантузы, обратные клапаны, манометры, водомеры и т. д.).

На вводах в здание устанавливают водомер, предназначенный для учета потребляемого расхода воды (см. рис. 112—115). Водомер рассчитывают на пропуск максимального хозяйственно-питьевого (производственного) расхода воды и расхода воды для внутреннего пожаротушения. При аварии водомера открывается задвижка, установленная у водомера на втором вводе.

При больших пожарных расходах воды (например, на базах, складах и т. п.) и малых хозяйственно-питьевых вместо обычного водомера устанавливают комбинированный, учитывающий и большие, и малые расходы воды. При отсутствии комбинированного водомера устанавливают обычный водомер на обводной линии, а на каждом вводе предусматривают электрозадвижки, включающиеся при пожаре дистанционно от кнопок, расположенных у внутренних пожарных кранов, или автоматически от различного рода реле (уровня, давления и т. п.) одновременно с пуском насосов.

Работники пожарной охраны должны знать место расположения водомерного узла и его устройство.

§ 54. ТРЕБОВАНИЯ К УСТРОЙСТВУ ВНУТРЕННИХ ПОЖАРНЫХ ВОДОПРОВОДОВ

Устройство внутренних пожарных водопроводов обязательно в зданиях, указанных в табл. 27.

Внутренние пожарные водопроводы не предусматриваются:

в прачечных, банях и общеобразовательных школах;
во встроенных в жилые здания высотой до 12 этажей помещениях детских яслей-садов, магазинов, поликли-

ник и предприятий общественного питания объемом менее 5000 м³ каждое;

в кинотеатрах сезонного действия любой вместимости;

в производственных зданиях, в которых применение воды может вызвать взрыв, пожар, распространение огня;

в производственных зданиях I и II степени огнестойкости с производствами категорий Г и Д независимо от их объема и в производственных зданиях III—V степени огнестойкости объемом не более 5000 м³ с производствами категорий Г и Д;

в производственных и вспомогательных зданиях промышленных предприятий, не оборудованных хозяйственно-питьевым или производственным водопроводом, для которых предусмотрено наружное тушение пожаров из водоемов;

в животноводческих и птицеводческих фермах (за исключением птичников, оборудованных стораемыми клетками для птиц);

в складах несгораемых материалов, веществ и продуктов.

Внутренние пожарные краны устанавливают на всех этажах отапливаемых зданий, кроме чердачных помещений. Тушение пожара в чердачных помещениях может производиться от внутренних пожарных кранов, находящихся на лестничной площадке перед входом на чердак.

Внутренние пожарные краны устанавливают на высоте 1,35 м от уровня пола и оборудуют непрорезиненными пожарными рукавами диаметром не менее 50 мм, длиной 10 или 20 м и стволами с насадками диаметром 13—22 мм. Как правило, применяют рукава длиной 20 м. Пожарные рукава длиной 10 м используют на наиболее пожароопасных объектах, а также в том случае, когда установка технологического оборудования затрудняет прокладку пожарных рукавов большей длины.

Пожарные рукав и ствол помещают в специальную нишу или шкафчик с остекленной дверкой, которые должны быть закрыты и опломбированы. На дверке делают обозначение ПК и указывают номер пожарного крана.

Для гарантии работы внутренние пожарные водопроводные сети с числом пожарных кранов более 12 присоединяют к наружной кольцевой водопроводной се-

ти не менее чем двумя вводами. При этом сети устраивают кольцевыми или закольцовывают вводами (см. рис. 113—115). Устройство одного ввода допускается при числе пожарных кранов менее 12.

Кольцевание сети в обычных зданиях производят в горизонтальной плоскости. Кольцуются только магистральные трубопроводы, стояки остаются тупиковыми. С санитарной точки зрения тупиковые пожарные стояки особенно большой длины нежелательны, так как вода в них застаивается и портится. Стояки с числом пожарных кранов 12 и более закольцовывают по вертикали. При этом горизонтальное кольцевание сети можно не предусматривать.

На случай аварии или ремонта отдельных вводов, кольцевых сетей, тупиковых магистралей или стояков устанавливают запорные вентили и задвижки так, чтобы на каждом выключенном участке было не более пяти пожарных кранов. При нормальной работе внутреннего водопровода задвижки и вентили должны находиться в открытом состоянии и быть опломбированы. В случае отсутствия вентилях на хозяйственных или производственных стояках выключают при ремонте часть магистральной сети, в том числе и пожарные стояки.

На кольцевых сетях внутреннего пожарного водопровода, где возможно движение воды в двух направлениях, применяют задвижки. Вентили пропускают воду только в одном направлении, поэтому их устанавливают в тупиковых водопроводных линиях и стояках. На корпусе вентиля имеется стрелка, указывающая направление движения воды. При пропуске воды в обратном направлении увеличивается сопротивление в сети, поэтому клапан может оторваться от штока, что приводит к закупорке вентиля, а следовательно, и к выходу из строя кольцевой сети.

Водонапорные и водяные баки пневматических установок должны содержать неприкосновенный запас воды, рассчитанный на 10-минутную продолжительность тушения пожара при одновременном наибольшем расходе на производственные и хозяйственно-питьевые нужды. При наличии насосов, автоматически включаемых при падении уровня воды в баке, объем неприкосновенного пожарного запаса воды рассчитывают на 5-минутную продолжительность тушения пожара.

В тех случаях, когда вода на наружное пожаротушение подается из водоемов, а в зданиях требуется устройство хозяйственно-питьевого пожарного водопровода, вместимость бака принимается из расчета хранения в нем пожарного запаса воды, необходимого для обеспечения работы одного внутреннего пожарного крана в течение 1 ч при одновременном расходе воды на прочие нужды. При этом расход воды на душевые установки и мытье полов в производственных зданиях не учитывается.

Для хозяйственно-питьевых нужд запас воды в баке при ручном пуске хозяйственно-питьевого насоса принимается равным не менее 20% и при автоматическом пуске — не менее 5% суточного расхода воды.

Водонапорные баки, содержащие запас воды на тушение пожара, должны быть оборудованы электросигнализацией, выведенной в помещение обслуживающего персонала или пожарной охраны. Водонапорные баки устанавливаются в вентилируемых помещениях с положительной температурой. Несущие конструкции для установок водонапорных баков выполняются из негорючих материалов. Помещение баков должно иметь высоту не менее 2,2 м.

Установку резервного пожарного насоса предусматривают в производственных зданиях при расходе воды на наружное пожаротушение более 25 л/с и в общественных зданиях, требующих применения двух расчетных струй на внутреннее пожаротушение.

Пуск и остановку насосов, обеспечивающих пожарные нужды, производят с помощью пусковых кнопок, установленных у пожарных кранов, которые не обеспечены напором от сети.

При дистанционном включении пожарного насоса автоматически открывается электрозатвор на всасывающей линии пожарного насоса (остальные задвижки всегда должны быть открытыми).

§ 55. ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАСЧЕТУ ВНУТРЕННЕГО ВОДОПРОВОДА

При рассмотрении расчетной части проекта внутреннего водоснабжения необходимо определить:

1. Правильно ли принято расстояние между пожарными кранами.
2. Правильно ли рассчитаны необходимый расход воды, напор у расчетного пожарного крана $H_{тр}$ и на вводе

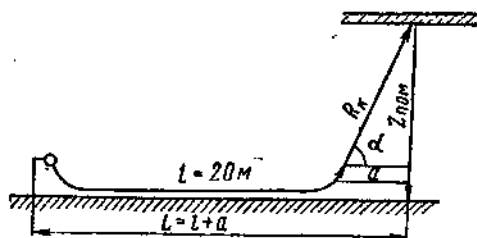


Рис. 117. Определение расстояния действия пожарного крана

в здание $H_{в.зд}$ и обеспечиваются ли наружной водопроводной сетью необходимые расчетные напоры.

Расстояние между внутренними пожарными кранами:

1) от длины применяемого пожарного рукава [например, при прокладке от двух кранов рукавов по 20 м каждый (навстречу) расстояние между кранами, не учитывая длину струй, равно 40 м];

2) от расчетной длины компактной части струи. Радиус действия компактной части пожарной струи равен высоте помещения $z_{пом}$, считая от пола до наивысшей точки соответствующей конструкции перекрытия или покрытия.

Для определения расстояния между внутренними пожарными кранами (в горизонтальной плоскости) необходимо принимать величину проекции a радиуса действия компактной части струи на горизонтальную плоскость. Величину проекции a определяют из прямоугольного треугольника (рис. 117) по формуле

$$a = R_k \cos \alpha. \quad (170)$$

Угол наклона ствола составляет $30-70^\circ$. При $R_k = 6$ м проекция струи на горизонтальную плоскость будет равна:

при

$$\alpha = 30^\circ \quad a = 6 \cdot \cos 30^\circ = 6 \cdot 0,342 = 2 \text{ м};$$

при

$$\alpha = 70^\circ \quad a = 6 \cdot \cos 70^\circ = 6 \cdot 0,866 = 5,2 \text{ м}.$$

Практически проекцию R_k принимают равной:

$$a = \frac{1}{2} R_k, \text{ или } a = \frac{1}{2} z_{пом};$$

3) от числа расчетных пожарных струй.

На пожароопасных объектах для гарантии подачи воды каждая точка помещения должна орошаться двумя струями от двух кранов (см. табл. 27) с таким расчетом, чтобы в случае выхода из строя одного из кранов можно было подать воду от другого крана (рис. 118). Таким образом, при расчете на две струи расстояние между пожарными кранами (при $R_K=6$ м и проекции струи 3 м) должно быть не более 23 м при длине пожарных рукавов 20 м и не более 13 м при длине пожарных рукавов 10 м.

В остальных помещениях каждая точка орошается одной струей. При расчете на одну струю расстояние между пожарными кранами (при $R_K=6$ м проекции струи 3 м) должно быть не более 46 м при длине пожарных рукавов 20 м и не более 26 м при длине пожарных рукавов 10 м;

4) от размещения технологического оборудования в производственных помещениях, так как громоздкое технологическое оборудование уменьшает радиус использования пожарного крана;

5) от расположения стен и перегородок в зданиях, которые препятствуют подаче струи к очагу пожара, в связи с чем также уменьшается радиус действия пожарного крана. При наличии стен и перегородок в здании необходимо проверить подачу пожарных струй в каждое помещение;

6) от расположения выходов из помещений, площадок, отапливаемых лестничных клеток, вестибюлей и т. д., где пожарные краны устанавливаются в наиболее заметных местах;

7) от экономической целесообразности, когда расстояние между пожарными кранами определяется в зависимости от эксплуатационных расходов. Например, расчетный напор у крана должен быть 9,2 м, $R_K=6$ м и $d_{нас}=16$ мм (см. табл. 20).

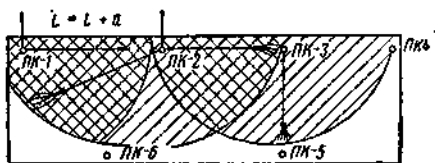


Рис. 118. Орошение каждой точки помещения двумя струями

При увеличении напора у крана, например до 22,1 м, радиус действия компактной части струи увеличится до 13 м, отсюда расстояние между пожарными кранами будет составлять не 23 м, а $10+6,5+6,5+10=33$ м.

Необходимый напор на вводе в здание $H_{в.зд}$ при пожаре определяют по формуле

$$H_{в.зд} = H_{кр} + h_{вн.с} + z, \quad (171)$$

где $H_{кр}$ — напор у расчетного пожарного крана (см. по табл. 20);

$h_{вн.с} = h_l + h_m$ — потери напора во внутренней водопроводной сети (см. § 12—14) определяют как сумму потерь по длине h_l от расчетного пожарного крана до места присоединения внутренней сети к наружной и на местные сопротивления h_m в зависимости от расхода воды, проходящей на каждом расчетном участке (рис. 113);

z — геометрическая высота подъема воды от уровня земли до наиболее высоко расположенного и наиболее удаленного от ввода пожарного крана.

Диаметр труб внутренних водопроводных сетей выбирают с учетом наиболее полного использования гарантированного давления в наружной сети. При расчете внутренней водопроводной сети считают, что один из вводов выключен на ремонт и все необходимое количество воды проходит по одному вводу.

Скорости движения воды в трубах внутренних водопроводных сетей диаметром до 400 мм при хозяйственно-питьевом водоразборе не должны превышать в магистральных и стояках 1,5 м/с, а в подводках к водоразборным точкам — 2,5 м/с; при производственном водоразборе — в магистральных и стояках не более 1,2 м/с.

Потери напора на трение h_l в трубах внутренних водопроводных сетей определяют по таблицам для гидравлического расчета водопроводных труб, а также по формулам, приведенным выше. При расчете внутренних водопроводных сетей следует дополнительно учитывать потери напора на местные сопротивления h_m , которые зависят от величины потерь напора на трение по длине трубопровода (в %):

в сетях хозяйственно-питьевых водопроводов общественных зданий — 30;

- в сетях объединенных пожарных и хозяйственно-питьевых водопроводов общественных зданий — 20;
- в сетях производственных водопроводов — 20;
- в сетях объединенных пожарно-производственных — 15;
- в сетях пожарных водопроводов — 10.

Объединенные внутренние водопроводы должны обеспечивать подачу воды для тушения пожара при одновременном максимальном расходе воды на хозяйственно-питьевые (производственные) нужды. При определении максимального расчетного расхода воды расходы на душевые установки и мытье полов не учитывают.

При обследовании внутреннего пожарного водопровода необходимый напор на вводе в здание можно определить приближенным расчетом, принимая $H_{кр} = 10$ м (при $R_k = 6$ м), $h_{вв.с} \approx 5-10$ м, тогда подставляя эти данные в формулу (171), получим:

$$H_{в.зд} = 10 + (5 - 10) + z, \quad (172)$$

§ 56. СХЕМА ВНУТРЕННИХ ПОЖАРНЫХ ВОДОПРОВОДОВ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

В зданиях высотой не более 45—50 м (до 16 этажей включительно) пожар, как правило, тушат пожарные части от наружных водопроводов. Внутренний пожарный водопровод в таких зданиях используют в большинстве случаев только в первоначальный период возникновения пожара, до прибытия пожарных частей. Поэтому в зданиях до 16 этажей независимо от их назначения проектируют объединенные хозяйственно-питьевые и пожарные водопроводы с минимальным расходом воды и минимальным напором у пожарных кранов (1—2 струи по 2,5 л/с каждая и напором около 10 м).

Автонасосы и автоцистерны, находящиеся на вооружении пожарных частей, могут создавать (при высоте всасывания 3,5 м) напор 80—90 м при расходе воды 20—45 л/с. В этом случае в расчет принимают струи с радиусом действия компактной части струи 17 м (при напоре у насадки 30 м) и потери напора на каждые 100 м непрорезиненных пожарных рукавов диаметром 66 мм, равные 10 м.

Подача воды к месту пожара зависит не только от мощности пожарных автонасосов, но и от количества и

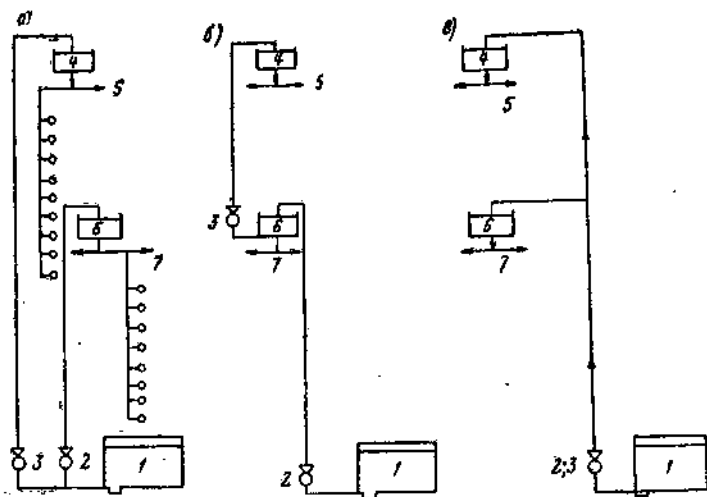


Рис. 119. Подача воды в многоэтажных зданиях по системам

a — параллельной; *б* — последовательной; *в* — общей; 1 — запасной резервуар; 2 — насосная станция I зоны; 3 — насосная станция II зоны; 4 — водонапорный бак II зоны; 5 — подача воды в кольцо II зоны; 6 — водонапорный бак I зоны; 7 — подача воды в кольцо I зоны

качества пожарных рукавов. Пожарные рукава, бывшие в употреблении, выдерживают напор 70—90 м. Как показали опытные данные и теоретические расчеты, уже при высоте зданий 45—50 м трудно обеспечить надежную подачу воды от пожарных автонасосов.

В таких зданиях устраивают специальный пожарный водопровод со своей насосной станцией и водонапорными или пневматическими баками. Пожарные стационарные насосы должны создавать напор, необходимый для получения расчетных компактных струй длиной не менее 16 м, т. е. таких струй, которые необходимы для тушения развившегося пожара.

При расчете внутреннего пожарного водопровода в зданиях повышенной этажности напор, необходимый для тушения, определяют по пожарным кранам, расположенным на самом высоком и наиболее удаленном месте от насосной станции. Краны, расположенные ниже, находятся под большим давлением. Для уменьшения напора во внутренних водопроводных сетях зданий повышенной этажности единую централизованную систему водоснабжения разделяют на две или несколько «высотных зон».

Подачу воды при зонном водоснабжении осуществляют по двум основным схемам.

По первой схеме (рис. 119, а) воду подают насосами, расположенными внизу здания. При этом для каждой зоны устраивают баки и устанавливают пожарные насосы. По второй схеме (рис. 119, б) воду подают из зоны в зону.

В первом случае вода идет по параллельной системе, во втором — по последовательной. Как при параллельной, так и при последовательной системах постоянный напор у водоразборных точек и пожарных кранов поддерживается за счет высоты расположения водонапорного бака. При понижении уровня воды в водонапорном баке от реле уровня включаются хозяйственно-питьевые насосы, которые дополняют запас воды.

Когда подача воды осуществляется от внутренних пожарных кранов, уровень ее в водонапорном баке резко падает, и тогда от реле уровня (неприкосновенного запаса) или струйного реле включается пожарный насос данной зоны.

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.

При последовательном зонировании каждая насосная станция подает количество воды, используемое всеми вышележащими зонами. При этом вода к верхним зонам проходит через сеть нижних зон. Последовательная система менее надежна, чем параллельная, так как при аварии одного элемента системы все вышележащие этажи могут остаться без воды. Поэтому последовательная система должна быть обязательно дополнена запасной (общей) системой со своим насосом, который может подавать воду в любой бак (рис. 119, в).

Преимущество параллельной системы в том, что все насосы расположены в одном месте — в подвальном помещении, удобном для обслуживания. Каждая зона работает независимо одна от другой. Но параллельная система требует больше труб, чем последовательная. Как при последовательной, так и при параллельной системе для каждой зоны, кроме хозяйственно-питьевых насосов, предусматривают пожарные насосы (основной и резервный).

При зонном водоснабжении в здании предусматривают, как правило, две водопроводные сети: хозяйственно-питьевую и пожарную. Это обусловлено разностью напоров, необходимых для подачи воды на хозяйственно-питьевые и пожарные нужды. Для тушения пожаров минимальный напор у кранов, расположенных на самом высоком месте, должен быть 25—30 м при радиусе действия компактной части струи 16 м и расходе воды на каждую струю не менее 5 л/с. Для хозяйственно-питьевых нужд минимальный напор у водоразборных кранов равен 2—4 м. Таким образом, при объединенной внутренней водопроводной сети в случае включения пожарных насосов водоразборные хозяйственно-питьевые точки могут выйти из строя.

Труднее всего при водоснабжении высотных зданий создать необходимый постоянный напор для тушения пожара в верхних этажах. Для этого устраивают водонапорный бак на самой высокой части здания (см. рис. 119). При этом необходимо иметь в виду, что помещения, находящиеся непосредственно под баком, не обеспечиваются полностью требуемым напором и поэтому в них все оборудование должно быть негорючим. Кроме того, конструктивные элементы таких помещений также должны быть негорючими и с соответствующим пределом огнестойкости.

В тех случаях когда водонапорные баки невозможно установить на самом высоком месте, например по архитектурным соображениям, следует устраивать пневматические установки, которые просты по конструкции, удобны и гигиеничны в эксплуатации, а также не требуют больших капитальных затрат.

В жилых кварталах, где имеется несколько многоэтажных зданий, водопотребление более равномерное и водонапорные баки можно не устанавливать. Неравномерность водопотребления регулируется «ступенчатой» работой хозяйственно-питьевых насосов. За счет работы этих же насосов поддерживается постоянное давление у внутренних пожарных кранов.

В общественных зданиях, где в ночное время хозяйственно-питьевые насосы не работают, безбачные системы внутренних пожарных водопроводов не применяют. К недостатку безбачных систем водоснабжения следует отнести трудность устройства автоматики включения пожарных насосов.

Для экономии труб подача воды в водонапорный бак может осуществляться по пожарным стоякам. В этом случае вода в сети внутреннего пожарного водопровода не застаивается и сеть находится под постоянным контролем.

§ 57. ТРЕБОВАНИЯ К УСТРОЙСТВУ ВНУТРЕННИХ ПОЖАРНЫХ ВОДОПРОВОДОВ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Кроме указанных в § 54 и 55 требований, к внутренним водопроводным сетям многоэтажных зданий предъявляются дополнительные требования.

Внутренние водопроводные сети каждой зоны — пожарные и объединенные хозяйственно-питьевые с пожарными — должны быть закольцованы по вертикали. В секционных жилых зданиях, где нет технических этажей и где невозможно вертикальное кольцевание внутренней водопроводной сети, применяют горизонтальное кольцевание. При горизонтальном кольцевании пожарные стояки, расположенные в каждой лестничной клетке, объединяют между собой попарно и присоединяют к разным участкам магистральной кольцевой сети, разделенной задвижками. Наверху, в месте объединения стояков, устанавливают разделительные задвижки, постоянно открытые, предназначенные для отключения стояков на ремонт.

От наружных водопроводных сетей во внутренний пожарный водопровод воду следует подавать не менее чем двумя закольцованными вводами, присоединенными к разным участкам городской кольцевой сети, обеспечивающей бесперебойную подачу воды в требуемом количестве на хозяйственно-питьевые и пожарные нужды. Для отключения каждого ввода от наружной сети устанавливают три задвижки (одну на вводе и две на наружной сети по обе стороны от места присоединения ввода).

В насосной станции вводы объединяют в один кольцевой коллектор, откуда вода поступает во всасывающие линии всех (хозяйственно-питьевых и пожарных) насосов каждой зоны (рис. 120).

Задвижки на вводах и коллекторе должны быть установлены так, чтобы в случае выключения какого-либо из вводов по другому вводу вода поступала как к одному, так и к другому насосу данной зоны.

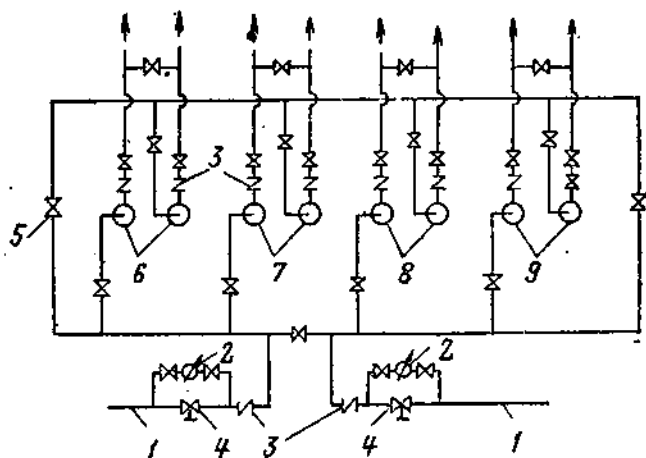


Рис. 120. Установка насосов зонного водоснабжения

1 — вводы; 2 — водомеры; 3 — обратные клапаны; 4 — электроздвижки; 6 — задвижки; 6 — насосы хозяйственно-питьевые I зоны; 7 — насосы пожарные I зоны; 8 — насосы хозяйственно-питьевые II зоны; 9 — насосы пожарные II зоны

В многоэтажных зданиях, расположенных в одном квартале или микрорайоне, при подаче воды от одной насосной станции хозяйственно-питьевой расход будет намного больше, чем пожарный. В этом случае водомер подбирают на общий расход воды. На одном вводе устанавливают водомер, на другом — электроздвижку. Вводы между собой (до водомера и после него) соединяют (рис. 121).

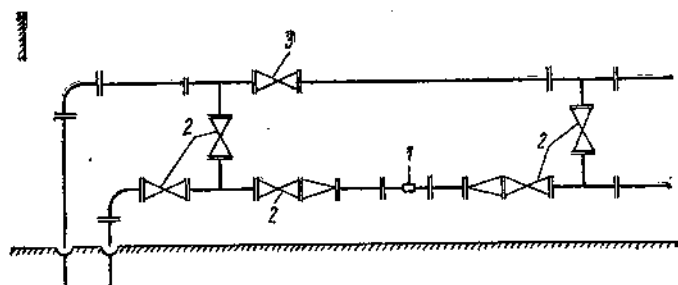


Рис. 121. Водопроводные вводы с водомером

1 — водомер; 2 — постоянно открытые задвижки; 3 — пожарная задвижка

Внутренние водопроводные сети многоэтажных зданий монтируют из стальных труб с оцинковкой повышенного качества на конусной резьбе. Пожарные краны устанавливаются в коридорах, вестибюлях и холлах в удобном для обслуживания месте. Поскольку в многоэтажных зданиях устраивают незадымляемые лестничные клетки (с подпором воздуха или входом через воздушную зону по балконам или лоджиям), установку в них пожарных кранов не предусматривают (при прокладке пожарных рукавных линий от кранов через открытые дверные проемы лестничная клетка будет быстро задымляться).

Расстояние между пожарными кранами должно быть таким, чтобы каждая точка помещения орошалась струями не менее чем от двух пожарных кранов, расположенных на двух смежных стояках.

Для концентрации пожарных струй на пожарном стояке устанавливают по два спаренных пожарных крана (рис. 122), верхний из которых размещают от пола на высоте 1,35 м, нижний — на высоте 1,1—1,2 м. Пожарные

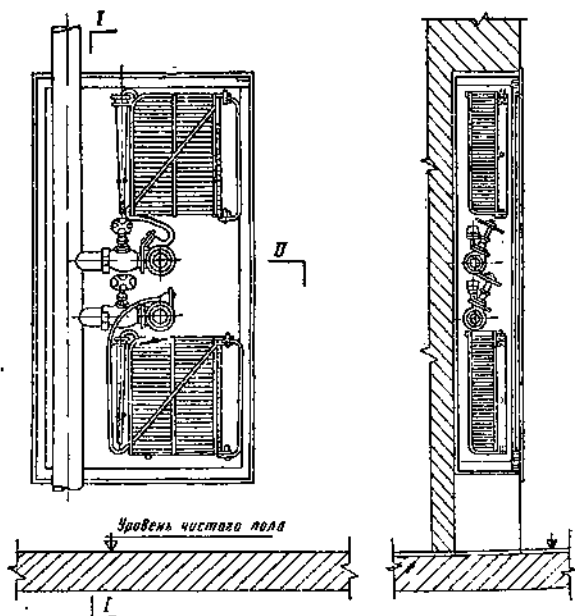


Рис. 122. Установка спаренных пожарных кранов

краны оборудуют непрорезиненными пожарными рукавами длиной 20 м с диаметром не менее 66 мм и насадками 16—19 мм.

Для отключения отдельных участков внутренней пожарной сети устанавливают задвижки из расчета одно-временного отключения не более пяти спаренных пожарных кранов.

На каждой фасадной стороне здания, граничащей с городским проездом, от пожарных сетей зон следует выпускать наружу по два штуцера диаметром не менее 77 мм для подачи воды в систему пожарными автонасосами. В подвале здания должны быть задвижки, обратный клапан и спускной кран, позволяющий опорожнять систему внутреннего водопровода в течение 1 ч.

Пожарные насосы каждой зоны включаются автоматически после израсходования 2-минутного пожарного запаса воды в баках. Оставшийся 8-минутный пожарный запас воды в баках предусматривают для тушения до пуска пожарного насоса вручную (на случай аварий автоматического пуска устройств). Кроме автоматического и ручного пуска пожарные насосы должны включаться дистанционно от кнопок, установленных у внутренних пожарных кранов. При аварийном выходе из строя рабочего насоса каждой зоны автоматически включается резервный пожарный насос.

При подаче воды во внутреннюю пожарную сеть по параллельной схеме насосную станцию можно располагать в подвальном, цокольном или первом этажах зданий, в непосредственной близости к высотной части здания.

Помещение насосной кроме внутренних выходов должно иметь один выход наружу. Насосные станции многоэтажных зданий должны иметь сигнализационную или телефонную связь с пожарной частью. На каждой насосной станции предусматривают сигнализацию (световую и звуковую) об уровне воды в запасном резервуаре и водонапорных и пневматических баках каждой зоны.

Емкость неприкосновенного запаса воды водонапорных и пневматических баков должна быть рассчитана на подачу в течение 10 мин двух пожарных струй с расходом 2,5 л/с каждая.

Постоянный напор в сети до включения пожарных насосов обеспечивает пожарные струи с радиусом ком-

пактной части не менее 6 м, при включении пожарных насосов — длиной не менее 16 м с расходом воды не менее 5 л/с каждая. Количество струй (3, 4, 6 или 8) и общий расход воды (15, 20, 30 или 40 л/с) определяют по табл. 27.

ГЛАВА 13. БЕЗВОДОПРОВОДНОЕ ПРОТИВОПОЖАРНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ

§ 58. ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Безводопроводное противопожарное водоснабжение осуществляется от естественных (реки, ручьи, озера, моря) и искусственных (колодцы, резервуары, водоемы-копани, каналы и водохранилища) водоисточников. При безводопроводном водоснабжении забор и подача воды на тушение пожара осуществляются мотопомпами, автономными или автоцистернами, а также стационарно установленными насосами с подачей воды по пожарным рукавам к ручным или лафетным стволам.

Общий запас воды в водоемах определяют по строительным нормам и правилам СНиП II-31-74 исходя из необходимого расхода воды на тушение пожара в течение 3 ч.

Полезная вместимость каждого из водоемов, устраиваемых на предприятиях, складах и крупных населенных пунктах, должна составлять 100—500 м³. При расположении их в местах индивидуальной застройки (сельская и городская местность) полезная вместимость водоемов должна быть в пределах 50—150 м³.

Место для устройства водоема выбирают с обязательным учетом:

- приближения водоема к объекту или группе объектов, требующих наибольшего количества воды на тушение; характера имеющихся средств забора и подачи воды;
- удобства наполнения водоема водой;
- удобства подъезда пожарных насосов;
- качества грунтов и уровня грунтовых вод.

При условии забора воды автономными на предприятиях, складах и в жилых кварталах с многоэтажными зданиями расстояние между водоемом и объектами тушения не должно превышать 200 м, а в районах сельской местности — 250—300 м. При заборе воды мотопомпами

малой подачи и ручными насосами указанные расстояния сокращаются до 100—150 м.

При расположении естественных водоисточников не далее 100—200 м от зданий и сооружений устройство пожарных водоемов не требуется.

Расстояние от водоемов до зданий III, IV и 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.

К водоисточникам оборудуют подъезды для забора воды одновременно не менее чем двумя пожарными насосами.

Водоемы наполняют водой передвижными насосами, подводом по каналам, арыкам, подачей от водопроводов по рукавам и т. д. Заполнение пожарных водоемов производят пожарными насосами или непосредственно от водопровода по пожарным рукавам длиной до 250 м. По согласованию с органами Государственного пожарного надзора длину рукавов допускается увеличивать до 500 м.

В случае отсутствия водоисточников открытые водоемы наполняются за счет атмосферных осадков, для сбора которых площадке вокруг водоема придается небольшой уклон (0,002—0,003) в его сторону. При этом требуется специальное укрепление откосов для предупреждения их размыва. Использование грунтовых вод в качестве естественного питания водоемов допускается при уровне их стояния не более 5 м от поверхности земли.

При наличии вблизи водоема канализационной сети, водостоков, а также естественных понижений местности (овраги, поймы реки и т. п.) на дне водоема для его опорожнения предусматривают спускное устройство.

Основным условием нормальной эксплуатации водоемов является минимальная утечка воды в грунт (фильтрация). Удовлетворительными в отношении фильтрации считаются водоемы-копани, в которых уровень воды за сутки понижается не более чем на 3—5 см. Лучшими являются грунты из глины и плотных суглинков, так как эти породы обладают значительной водонепроницаемостью. Песчаные и супесчаные грунты легко поддаются разработке, но для фильтрации воды через них необходимы устройства водонепроницаемых облицовок дна и откосов.

Для предотвращения фильтрации или ее уменьшения устраивают специальную гидроизоляцию. По водонепроницаемости лучшими для гидроизоляции являются асфальтобетонная и бетонная облицовки, по экономичности на первое место можно поставить кольматацию грунта по долговечности лучшими являются бетонная и каменная облицовки.

§ 59. ВОДОЕМЫ-КОПАНИ

Водоемы-копани в зависимости от уровня стояния грунтовых вод и наличия водоотливных средств устраивают в выемке (рис. 123) или в полувыемке-полунасыпи (рис. 124).

В выемке копани устраивают:

при уровне грунтовых вод ниже 2,5 м от поверхности земли;

при высоком уровне грунтовых вод (0,5—1,5 м от поверхности земли). В этом случае питание водоема производится за счет грунтовых вод.

Устройство копаней в полувыемке-полунасыпи целесообразно при расположении уровня грунтовых вод в пределах 1—2,5 м от поверхности земли.

Глубина воды водоемов-копаней не менее 2,5 м. Следует устраивать глубокие водоемы, так как с увеличением глубины повышается доля полезного объема зимой, а летом уменьшается прогревание воды. При питании водоема за счет грунтовых вод глубину уменьшают до 2 м.

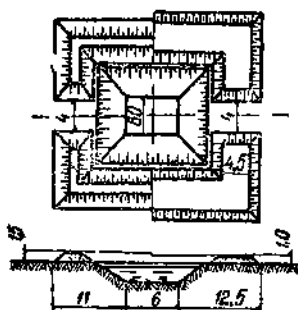


Рис. 123. Устройство водоема-копани в выемке (с примерами расположения кавальеров)

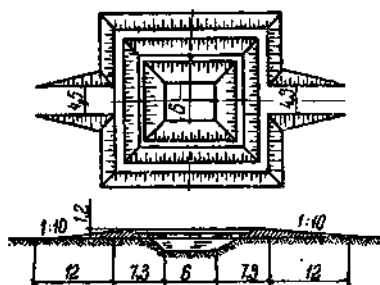


Рис. 124. Устройство водоема-копани в полувыемке-полунасыпи

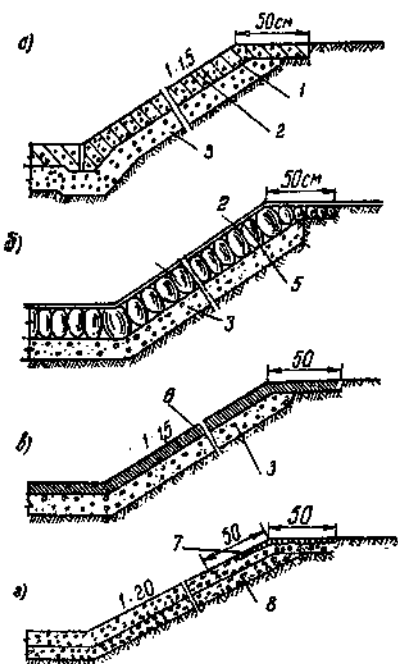


Рис. 125. Облицовка искусственных водоемов

а — бетонная облицовка; б — каменная облицовка; в — асфальтовая облицовка; г — глиняная одежда; 1 — бетон 10—12 мм; 2 — битум 0,5—1 мм; 3 — гравийная подготовка 10—20 см; 4 — мостовая на растворе 15—20 см; 5 — штукатурка 2—3 см; 6 — асфальтобетон 5—8 см; 7 — гравий 2—3 см; 8 — глина 20—30 см в два слоя

увеличивают до 15—18 см, а на бровке, ширина которой обычно равна 0,5 м, уменьшают до 7—8 см (рис. 125, а).

Бетон облицовки, предназначенной для предотвращения фильтрации, имеет весовой состав 1 : 2 : 4 или 1 : 3 : 6 (цемент : песок : гравий). Для облицовки, применяемой только для укрепления откосов, бетон может быть более тощим и иметь состав 1 : 12 или 1 : 16 (цемент : заполнитель). Для уменьшения фильтрации поверхность бетона целесообразно покрывать тонким слоем битума, который наносится кистью в разогретом состоянии.

Максимальная высота насыпи не должна превышать 1,5 м.

При заборе воды непосредственно из копаней ее предельная глубина должна быть не более 3,5 м, при полукотных откосах и 3 м при двойных; для забора воды из более глубоких водоемов сооружают специальные водозаборные устройства.

Рассмотрим некоторые виды гидроизоляции водоемов-копаней.

Бетонная облицовка прочна и долговечна. Она применяется при сооружении копаней в любых грунтах.

Бетонная облицовка представляет собой слой бетона толщиной 10—12 см, который укладывают на дно и откосы котлована. В месте сопряжения откоса с дном толщину бетонного слоя

В целях защиты облицовки от пучения грунта при устройстве копанй в глинистых и тяжелых суглинистых грунтах бетон укладывают на подготовку, представляющую собой слой гравия или крупнозернистого песка толщиной 10—20 см.

Каменная облицовка. Облицовка поверхности водоема, выполненная из каменной или кирпичной кладки, долговечна. Ее применяют при сооружении пожарных водоемов-копаней в любых грунтах.

Эта облицовка представляет собой каменную (из любого камня) или кирпичную кладку на цементном растворе состава 1 : 3 марки не ниже 50. Толщина кладки колеблется в пределах 20—30 см (рис. 125, б).

Поверхность кладки оштукатуривают цементным раствором состава 1 : 3 слоем в 2—3 см. Для уменьшения фильтрации поверхность штукатурки целесообразно покрыть горячим битумом.

Перед устройством облицовки поверхность котлована поливают распыленной водой или держат котлован наполненным в течение 1—2 сут. После увлажнения поверхность тщательно уплотняют.

Кладку облицовки начинают со дна, а затем по откосам снизу вверх полосами шириной 0,5—0,7 м по всему периметру.

Асфальтобетонная облицовка является наиболее эффективной для предотвращения фильтрации при сооружении водоемов-копаней в любых грунтах. Толщина асфальтобетонной облицовки должна составлять 5—8 см (рис. 125, в).

При устройстве копанй в глинистых или суглинистых грунтах асфальтобетон укладывают на гравийную или песчаную (из крупного песка) подготовку слоем 10—20 см. Для предупреждения пробивания асфальтового покрытия травма подготовку целесообразно выполнять из тощего бетона (1 : 12,1 : 16) слоем 5—8 см.

Асфальтобетонная смесь в момент укладки должна иметь температуру не ниже 140°. После разравнивания ее уплотняют катками, а затем заглаживают горячими гладилками.

Глиняная одежда является достаточно надежным гидроизоляционным покрытием и применяется при сооружении водоемов-копаней в песчаных, супесчаных и легких суглинистых грунтах (рис. 125, г).

Одежда из глины представляет собой укладываемый

по всей поверхности котлована слой разрыхленного грунта толщиной 20—30 см в зависимости от процентного содержания в нем глинистых частиц.

Подготовку глины к укладке в одежду производят в творильных ямах или ящиках, где ее перемешивают с добавленным мелким песком (если это необходимо) и увлажняют до 20—25%. Этой влажности соответствует грунт, который при сжатии в руке принимает любую форму с отпечатками пальцев, а глина слегка прилипает к ним.

Перед укладкой глиняного слоя поверхность котлована планируется, слегка смачивается водой и уплотняется. Глинистую массу укладывают с последующим уплотнением вначале на дно, а затем на откосы полосами шириной 1 м по всему периметру в два или три слоя по 10 см. Уплотнение производят ручными трамбовками.

На поверхность гидроизоляционной одежды в верхней части откосов (на 0,5—0,7 м от верха) рекомендуются уложить и затем утрамбовать слой гравия или щебня.

Кольматация грунта. Борьбу с фильтрацией путем кольматации поверхностного слоя грунта осуществляют только при строительстве колоней в песчаных и супесчаных грунтах.

Кольматация заключается в заполнении пор (пустот) крупного грунта, в котором устраивают водоем, частицами более мелкого грунта, обычно глины. Для кольматирования готовят из глины жидкую массу (пульпу). Для этого расчетное количество глины или часть ее заливается водой в творильных ящиках или ямах на 1,5—2 сут. После насыщения водой она разминается мешалками при периодическом добавлении воды и доводится до жидкого состояния.

Пульпа выливается в наполненный водой котлован в нескольких местах с тем, чтобы мутность воды была примерно одинакова по всему объему. Количество глины, вводимой в виде пульпы за один прием, не должно превышать 5 кг на каждый м³ воды в котловане при кольматировании крупнозернистых песков и 2 кг/м³ при кольматировании мелкозернистых.

Количество глины, вводимой в последующий прием в зависимости от величины уменьшения фильтрации, сокращают на 15—30% по сравнению с предыдущим.

Солонцевание грунта. Метод гидроизоляции водоемов солонцеванием их поверхности применяют при сооруже-

нии копаней только в легких суглинистых и супесчаных грунтах.

Солонцевание является вполне надежным, хотя и недолговечным средством гидроизоляции. Через 4—6 лет возможно возобновление утечки воды, что требует повторения процесса солонцевания.

Способ солонцевания заключается во введении в поверхностный слой грунта 2—5 кг поваренной соли на каждый 1 м².

Наилучший эффект солонцевания достигается при введении в грунт 20%-ного раствора соли в виде распыленной струи. После полива поверхность котлована уплотняют трамбовками и заполняют его водой. Поскольку снижение фильтрационной способности грунтов после солонцевания идет сравнительно медленно, то в течение 3—6 сут водоем поддерживают в наполненном состоянии.

§ 60. ВОДОЕМЫ-РЕЗЕРВУАРЫ

Водоемы-резервуары являются капитальными сооружениями и могут устраиваться в любых грунтах независимо от положения уровня грунтовых вод.

Резервуары выполняют из металла, железобетона, камня, кирпича и дерева. Они могут быть открытыми и закрытыми, надземными и подземными.

В центральных и северных районах целесообразно устраивать закрытые подземные резервуары, которые обеспечивают надежную теплоизоляцию. Кроме того, они позволяют использовать покрытие в качестве проезжей части при стесненных территориальных условиях.

Сооружение резервуаров осуществляют по типовым или специально разработанным проектам (см. табл. 29). В качестве исключения разрешается устраивать без проекта небольшие деревянные резервуары.

Утечка воды из резервуаров должна составлять не более 0,5—1 см в сутки в зависимости от емкости.

Глубина резервуаров должна быть не менее 2 и не более 5 м. Значительное заглубление дна резервуара под уровнем грунтовых вод вызывает усложнение и утяжеление конструкций, поэтому целесообразно в таких случаях увеличить размеры в плане.

Каждый резервуар имеет люк 0,6×0,6 м с двойными крышками и вентиляционную трубу площадью сечения

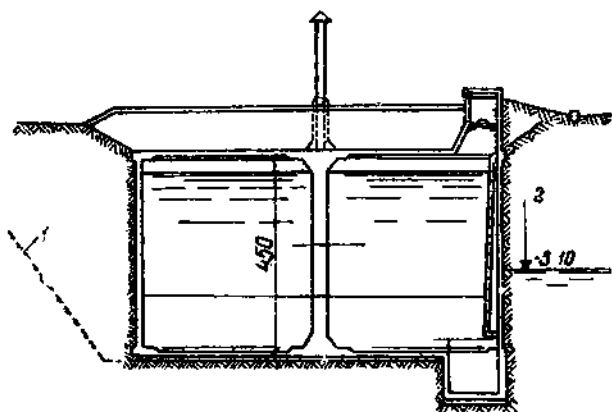


Рис. 126. Железобетонный резервуар на 250 м^3 для сырых грунтов
 1 — откос котлована; 2 — допускаемый уровень грунтовых вод

$250\text{—}300 \text{ см}^2$. Надземные резервуары имеют также с наружной стороны у дна два штуцера с соединительными рукавными головками. Внутри полуподземных резервуаров к штуцеру присоединяют трубу, которую опускают до дна приемка. В каждом резервуаре непосредственно под люком предусматривают устройство приемка глубиной не менее $0,4 \text{ м}$.

Днище резервуара должно иметь уклон в сторону приемка.

В качестве основного утеплителя подземных резервуаров применяют земляную засыпку. Толщина слоя засыпки зависит от расчетной температуры воздуха зимой и принимается равной $0,5$; $0,7$ и 1 м соответственно для -10 , -30 и -40°С .

Железобетонные резервуары изготовляют круглой и прямоугольной формы с плоским и куполообразным перекрытиями (рис. 126). На круглые резервуары требуется меньше строительных материалов, но зато усложняется и дорожает производство опалубочных работ.

Внутреннюю поверхность железобетонных резервуаров оштукатуривают портландцементным раствором состава $1:2$ слоем в 2 см с последующим железнением. Внешнюю поверхность стен оштукатуривают тем же раствором только при наличии грунтовых вод на $0,5 \text{ м}$ выше их уровня.

При наличии агрессивных грунтовых вод резервуары делают из бетона на пуццолановом портландцементе, а их внешнюю поверхность покрывают слоем битума.

Каменные резервуары выполняют круглой и прямоугольной формы, как правило, с плоским перекрытием (рис. 127). Материалом для кладки стен и столбов резервуаров служит бутовый камень или глиняный, хорошо обожженный кирпич марки не ниже 100. Кладку стен

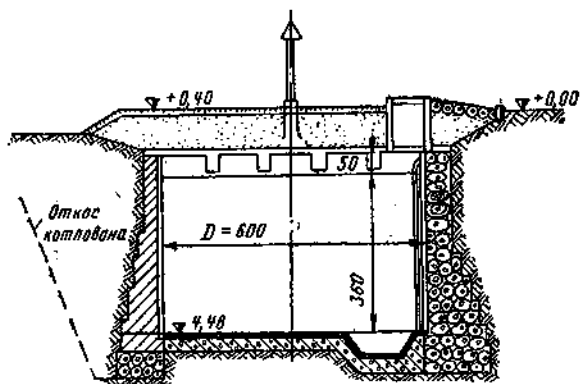


Рис. 127. Каменный резервуар на 100 м^3 для сухих грунтов (кирпичный и каменный варианты)

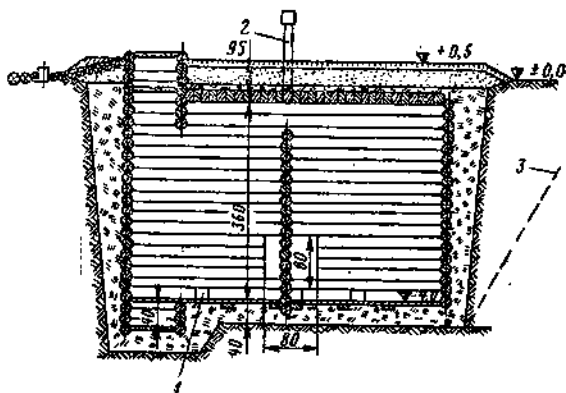


Рис. 128. Деревянный резервуар на 100 м^3 для сухих грунтов

1 — отверстие $20 \times 20 \text{ см}$; 2 — вентиляционная труба; 3 — откос котлована

и столбов производят на цементном растворе состава 1:3 марки не ниже 50 с затиркой наружных швов.

Перекрытия каменных резервуаров устраивают железобетонными и деревянными (редко кирпичными). Днища выполняют из бетона или железобетона. Конструкция днища каменных резервуаров зависит от положения уровня грунтовых вод относительно подошвы резервуара. Фундаменты под стены и столбы устраивают из бутового камня или бетона.

Внутреннюю поверхность резервуаров целесообразно покрывать церезитовой штукатуркой толщиной 2 см с последующим железнением. Состав церезитовой штукатурки 1:2 (цемент:песок, затворенные на церезитовом молоке : 1 часть церезита на 10 частей воды). При отсутствии церезита водонепроницаемость резервуара повышают двойной покраской битумом поверхности обычной штукатурки.

Деревянные резервуары следует изготовлять из хвойных пород древесины любой влажности. Для предупреждения гниения древесины необходимо просмолить или пропитать антисептиком.

Деревянные резервуары представляют собой обыкновенный сруб, углы которого соединены «в лапу» или «в четверть». Отдельные венцы скрепляют шипами в шахматном порядке (рис. 128). Обязательна тщательная проконопатка. При устройстве деревянных резервуаров в фильтрующих грунтах (песок, супесь, легкий суглинок) предусматривают их гидроизоляцию, для чего устраивают вокруг всей конструкции «замок» из жирной, хорошо утрамбованной глины слоем не менее 30 см.

Для предотвращения попадания в резервуар поверхностных вод нерекрытие покрывают слоем глины, имеющим уклон для стока воды, просачивающейся через утепляющий слой.

§ 61. ВОДОХРАНИЛИЩА (ПРУДЫ)

Водохранилища (пруды) устраивают в речных долинах и балках, перегороженных плотинами. Основным сооружением водохранилища (пруда) является плотина. Плотины бывают различной конструкции. Для водоснабжения поселков и сельских местностей устраивают земляные плотины (рис. 129), которые по способу пропуска весеннего половодья и наводков подразделяются на глу-

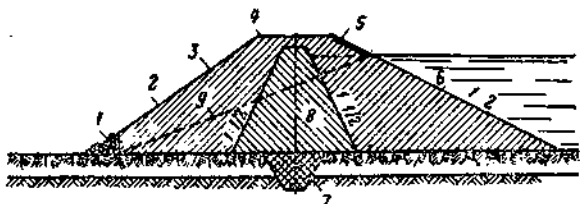


Рис. 129. Тип земляной плотины в ядром и замком

1 — дренаж; 2 — низовой откос; 3 — одерновка; 4 — гребень плотины; 5 — укрепление откоса; 6 — верховой откос 1 : 2; 7 — замок; 8 — ядро плотины; 9 — линия депрессии воды

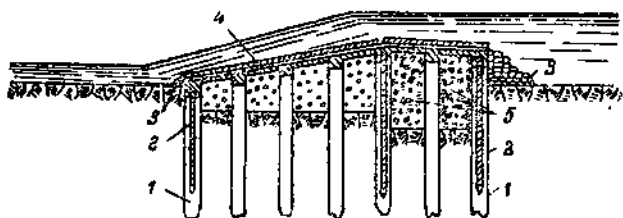


Рис. 130. Деревянная водосливная плотина

1 — сваи; 2 — шпунтовый ряд; 3 — каменная наброска; 4 — дощатый пол; 5 — песчаная глина, хорошо утрамбованная

хне с трубчатыми водосбросами вне тела или в теле плотины и на земляные водосливы со сливом воды через гребень плотины по всей длине или части ее (через затворы-щиты).

Как в глизах, так и водосливных плотинах для снижения уровня фильтрующих вод и их отвода устраивают дренажи — трубчатые или в виде призмы на каменной наброске, а также вертикальные дренажи подобно шахтному колодцу. В качестве строительного материала для земляной плотины применяют слабофильтрующий грунт суглинок и др. Грунт плотно утрамбовывают. Верховой откос защищают от волн мощением.

Простейшие плотины высотой 2—3 м строят из местных материалов, дерева (рис. 130), камня или сочетания различных материалов со сбросом воды через гребень.

§ 62. ВОДОЗАБОРНЫЕ УСТРОЙСТВА

Для обеспечения надежного забора воды из водоемов-копаней, водохранилищ, прудов, а также естественных водоисточников кроме подъездных дорог к месту водозабора и площадок для установки автомашин часто требуется сооружение специальных водозаборных устройств.

В зависимости от местных условий (крутизна откосов берега, характер грунтов, сезонное колебание горизонтов воды, наличие строительных материалов и т. п.) выполняют следующие водозаборные устройства:

- укрепление берега;
- сооружение пожарных подъездов;
- устройство приемных колодцев.

Укрепление берега является наиболее простым и доступным средством для организации забора воды из естественных водоемов и находит применение, как правило, при весьма пологих берегах. При этом в месте укрепления берега производят углубление дна до 2—3 м. Укреплять берег можно двумя способами: отсыпкой камня или устройством свайных и шпунтовых креплений.

Отсыпку камня на откосы производят на участке длиной 5—6 м. Слои камня поверху не должны быть меньше 0,5 м. Заложение откосов должно быть не круче 1:1 (рис. 131, а). Для каменной отсыпки употребляют камень размером не менее 10—15 см. Камень более крупных размеров отсыпают в последнюю очередь, чтобы он оказался на поверхности.

Свайное укрепление берега производят на участке длиной 4,5—5 м. Оно представляет собой или сплошной ряд свай (шпунта), или ряд свай, забитых на некотором расстоянии друг от друга и обшитых досками (рис. 131, б). Пазуху между досками и берегом целесообразно засыпать крупнозернистым песком или более крупным материалом. При мелкой засыпке на ее поверхности устраивают отмостки крупным камнем или иное покрытие. Сваи забивают на глубину не менее 2 м, поверху скрепляют скобами с продольным бревном. Для увеличения устойчивости укрепления сваи забивают с уклоном в сторону берега и закрепляют анкерами. С торцов свайное укрепление обшивают досками или защищают от подмыва отсыпкой камня.

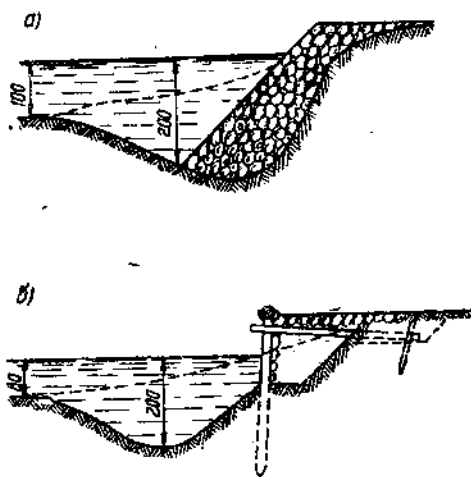


Рис. 131. Укрепление берега
 а — каменной отсыпкой; б — свайно-заборочное

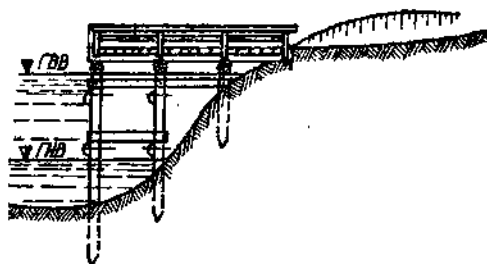


Рис. 132. Пожарный подъезд (пирс)

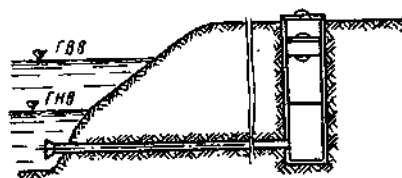


Рис. 133. Приемный колодец

Специальные пожарные подъезды целесообразно устраивать на водоемах, имеющих высокие берега. Наиболее распространенным типом подъезда является пирс на деревянных сваях диаметром 25—30 см (рис. 132), способный выдержать нагрузку в 7—8 т. Площадка подъезда должна быть расположена не выше 5 м от уровня низких вод и выше уровня высоких вод не менее чем на 0,7 м. Настил площадки устраивают из пластин. Ширина настила 4,5—5 м. Боковые стороны площадки ограждают на высоту 0,7—0,8 м.

Для забора воды из естественных водоисточников с заболоченными берегами целесообразно устраивать приемные колодцы (рис. 133), которые препятствуют замерзанию воды в месте забора и увеличивают радиус действия водоисточника. Размер приемных колодцев 0,8×0,8 м. Их выполняют из бетона, камня и дерева.

Колодец оборудуют двумя крышками, пространство между которыми заполняют зимой утепляющими материалами, что предохраняет воду от промерзания. Глубина воды в колодце должна быть не менее 1,5 м. С водоемом колодец соединяют подводящей трубой $d=20$ —30 см. Входящий в водоем конец этой трубы должен быть расположен выше дна не менее чем на 0,5 м и ниже уровня воды не менее 1 м. На конце трубы укрепляют сетку из металлической проволоки, препятствующую засасыванию в трубу рыбы и различных предметов.

§ 63. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОЕМОВ

Каждый сооруженный водоем должен быть проверен на соответствие его проекту и подвергнут испытанию на водонепроницаемость. Признанный годным к эксплуатации водоем сдают организации, отвечающей за его исправное состояние. Эта организация обязана иметь к нему проект или эскиз с основными данными.

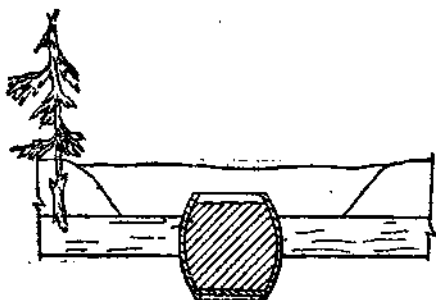
Для поддержания водоема в исправности, а также в удовлетворительном санитарном состоянии должен быть обеспечен надзор, в задачу которого входят:

регулярная проверка положения уровня воды в водоеме и его пополнение по мере необходимости;

обеспечение исправного состояния водозаборных устройств, а также откосов и облицовки;

обеспечение проезжего состояния подъездных путей к водоему в любое время.

Рис. 134. Устройство утепленной проруби



Периодическое пополнение водоемов летом необходимо производить так часто, чтобы исключить возможность понижения уровня на 30 см ниже бровки копани или проектного положения уровня в резервуаре.

К началу образования льда водоемы должны быть наполнены до максимально возможного положения уровня, который поддерживают периодической доливкой не ниже середины толщины ледяного покрова, чтобы уменьшить давление льда на откосы.

Периодичность опорожнения водоемов для смены воды согласовывают с работниками санитарной инспекции. Для предупреждения загнивания и цветения воды рекомендуется дезинфицировать ее хлорной известью из расчета 100 г извести на 1 м³ воды.

Для забора воды из открытых водоемов и пополнения их водой зимой следует устраивать прорубь размером не менее 0,5×0,6 м. Толщина вновь образованного льда в проруби не должна превышать 10 см. Для предупреждения замерзания проруби в нее рекомендуется вмораживать пустую бочку дном под лед, чтобы большая часть ее высоты находилась под водой, а над поверхностью льда выступала на 15—20 см (рис. 134). Закрепляют бочку в проруби путём замораживания, в промежутке между бочкой и стенками проруби закладывают мокрый снег. Бочку заполняют навозом, соломой или иным утеплителем. В случае пожара утеплитель выбрасывается, а дно бочки выбивается. Местоположение бочки отмечают веткой или колышком, вмороженным в лед.

Замерзание проруби предотвращают и другими способами, например устройством щита-крышки с полым пространством (рис. 135), вмораживанием трубы (диа-

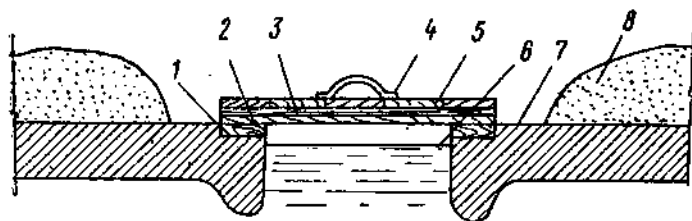


Рис. 135. Устройство щита-крышки на проруби

1 — рамка из досок; 2, 5 — доски толщиной 2,5 см; 3 — войлок; 4 — ручка;
6 — уровень воды; 7 — лед; 8 — снег

метром не менее 300 мм) с последующей заливкой в нее слоя минерального масла или нефти и т. д.

Для предотвращения замерзания воды в подземных резервуарах промежутки между нижней и верхней крышкой люка на период морозов заполняют утепляющим материалом.

Чтобы уменьшить толщину льда и тем самым увеличить полезный объем воды, рекомендуется утеплять открытые водоемы. Наиболее простым способом утепления является засыпка поверхности льда и части берега на 1 м от края слоем снега в 70—80 см. В качестве утеплителя применяют опилки, мох, солому, лапник, которые укладывают слоем 20—50 см. Весной утеплитель из этих материалов убирают. Укладывают утепляющий слой при толщине льда не менее 7—10 см.

ГЛАВА 14. РАССМОТРЕНИЕ ПРОЕКТОВ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

§ 64. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Основным документом, регламентирующим все вопросы строительного проектирования, являются Строительные нормы и правила. На основе этих норм на все строящиеся и реконструируемые водопроводные системы составляют проект, в состав которого входят пояснительная записка, графический материал и сметно-финансовый расчет.

Исходным материалом для разработки проекта является задание на проектирование, утвержденное руководителем объекта, ведомства, министерства. Проектиро-

вание обычно осуществляется в две стадии. На первой стадии составляют технический проект, а после утверждения последнего разрабатывают рабочие чертежи, представляющие собой окончательный проект, по которому ведутся строительство и все монтажные работы.

Проектирование технически несложных объектов и объектов, строительство которых намечено осуществить по типовым проектам, разрешается вести в одну стадию — разрабатывать техно-рабочий проект.

Широкое использование типовых проектов позволяет значительно сократить сроки и стоимость проектирования, способствует улучшению качества строительства.

Рассмотрение проектов — один из важнейших и ответственных участков работы органов Государственного пожарного надзора. В процессе рассмотрения устанавливается соответствие запроектированных водопроводных сооружений и устройств действующим нормативным документам, выявляются недочеты (нарушения) в проектировании в части учета мер пожарной безопасности, отступления от Строительных норм и правил, разрабатываются мероприятия, направленные на устранение выявленных недочетов.

Чтобы давать быстро и правильно заключения по проектным материалам, необходимо знать пожарные требования к отдельным водопроводным сооружениям и в целом к системе водопровода.

Проекты водоснабжения, как и другие проектные материалы, рассматривают органы Государственного пожарного надзора в следующих случаях:

при решении арбитражных или консультативных вопросов, возникающих у проектных организаций в процессе разработки проектов;

при проверке соблюдения проектными организациями мер пожарной безопасности в разрабатываемых проектах;

при приемке новых и обследовании действующих объектов.

§ 65. РАССМОТРЕНИЕ ПРОЕКТОВ НАРУЖНЫХ ВОДОПРОВОДОВ

Наружные пожарные водопроводы должны соответствовать требованиям СНиП II-31 74 «Водоснабжение».

При рассмотрении проекта наружного водопровода необходимо определить:

1. Соответствие выбора системы водоснабжения степени пожарной опасности объекта.

2. Соответствие принятым проектом пожарных расходов воды требованиям норм, а также соразмерность емкости запроектированных водоемов пожарному запасу воды; правильность размещения водоемов на местности; предусмотрено ли в проекте устройство подъездов к водоемам и площадок для установки пожарной техники и ее разворота; правильность проектирования гидро- и теплоизоляции водоемов.

3. Правильность установленного запаса воды на пожарные нужды в резервуарах и водонапорных баках и обеспечение неприкосновенности этого запаса.

4. Обеспечение запроектированной высотой расположения водонапорных баков необходимого напора у внутренних пожарных кранов в зданиях.

5. Правильность подбора насосов по расходу и напору для подачи воды в сеть до пожара и при пожаре.

6. Наличие резервных насосных агрегатов.

7. Правильность проектирования коммуникации трубопроводов в насосной станции с точки зрения обеспечения надежной работы насосов, подающих воду на тушение пожара (наличие самостоятельных всасывающих линий у пожарных насосов).

8. Обеспечение водопроводных сооружений вторым источником питания энергией и питание пожарных насосов от самостоятельных фидеров.

9. Наличие прокладки водоводов наружной сети в две линии и соответствие нормам пропускной способности водоводов при аварии одного из них. Меры по увеличению запаса воды в резервуарах в тех случаях, когда нормы допускают прокладку одной линии водоводов.

10. Охватывает ли наружная сеть всю территорию объекта или населенного пункта, закольцована ли она, обеспечивают ли диаметры труб наружной сети пропуск воды при пожаре, не превышает ли нормы длина отдельных тупиковых линий.

11. Правильность расстановки гидрантов и задвижек на сети.

12. Правильность определения пропускной способности водомерных узлов. Предусмотрены ли обводные линии для пропуска воды на пожаротушение.

§ 66. РАССМОТРЕНИЕ ПРОЕКТОВ ВНУТРЕННИХ ВОДОПРОВОДОВ ЗДАНИЙ

Внутренние пожарные или объединенные водопроводы проектируют в соответствии с требованиями, изложенными в СНиП II-Г.1-70 «Внутренний водопровод зданий нормы проектирования».

При рассмотрении проектов внутренних водопроводов необходимо определить:

1. Необходимость в данном здании устройства внутреннего пожарного водопровода.

2. Правильность выбора расходов воды на внутреннее пожаротушение и число струй.

3. Соответствие принятого радиуса действия струи и напора у крана напору, необходимому для обслуживания наиболее невыгодно расположенных частей зданий.

4. Правильность размещения в проекте внутренних пожарных кранов в здании по этажам, учтена ли различная планировка последних.

Соответствие с нормами числа пожарных кранов для обслуживания помещений одной, двумя и более струями.

5. Наличие необходимого числа вводов в здание, кольцевание сети по горизонтали и вертикали и разделение магистрального трубопровода на ремонтные участки (по нормам).

6. Правильность проектирования водомерных узлов на вводах в здание.

7. При недостаточном напоре в наружной сети обеспечение водонапорными баками, насосами-повысителями, пневматическими установками требуемого напора во внутренней водопроводной сети и необходимого запаса воды на внутреннее пожаротушение.

8. Число резервных насосных агрегатов.

9. Наличие дистанционного или автоматического пуска пожарных насосов, а также автоматического пуска резервного насоса, если рабочий насос не будет включен из-за какой-либо неисправности. Это требование норм должно быть обязательно выполнено для особо ответственных зданий и зданий повышенной этажности. Аналогичное требование предъявляется и к пожарным насосам в системе наружного водопровода.

§ 67. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАССМОТРЕНИЯ ПРОЕКТОВ

В соответствии с установленными в настоящее время правилами технические (техно-рабочие) проекты и рабочие чертежи не подлежат согласованию с органами Государственного пожарного надзора.

Если при проектировании предприятий, зданий и сооружений по необходимости частично отступают от требований действующих пожарных норм и правил, эти отступления, а также проектные решения, на которые нет утвержденных норм и правил, предварительно согласовывают с органами Государственного пожарного надзора.

Независимо от установленного в настоящее время нового порядка согласования проектов органы пожарной охраны в соответствии с «Положением о государственном пожарном надзоре» должны осуществлять контроль за разработкой проектов на всех стадиях проектирования.

Результаты рассмотрения проектов по выполнению в них противопожарных требований оформляют в виде письма на имя руководителя проектной организации, в котором перечисляют рассмотренные материалы с указанием номеров проектов и чертежей.

Далее указывается: «Рассмотрев проект... (дается наименование проекта) в части учета мер пожарной безопасности... (наименование органа, рассмотревшего проект), сообщает, что в данный проект необходимо внести следующие изменения».

Затем по пунктам излагается, какие следует внести изменения в проекте с обязательной ссылкой на пункты соответствующих норм.

Результаты проверок обсуждаются с руководителем проектной организации, который издает приказ, направленный на устранение выявленных недочетов в процессе проектирования.

ГЛАВА 15. ПРИЕМКА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ПОЖАРНЫХ ВОДОПРОВОДОВ

§ 68. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Строительными нормами и правилами (СНиП III-A.10-70) установлено, что все построенные и реконструируемые предприятия, здания и сооружения подле-

жат обязательной приемке в эксплуатацию государственными приемочными комиссиями.

Началу работ государственной приемочной комиссии предшествует проверка рабочей комиссией (заказчика) готовности объекта к приемке в эксплуатацию.

Рабочая комиссия организуется заказчиком в составе представителей заказчика, строительных организаций, проектной организации, государственного санитарного надзора, государственного пожарного надзора и при необходимости представителей других заинтересованных организаций.

Приемку водопровода производят в соответствии со СНиП III-Г.4-62 «Водоснабжение и канализация. Наружные трубопроводы и сооружения. Правила организации строительства, производства работ и приемки в эксплуатацию» в процессе и по окончании строительства.

Приемка в эксплуатацию объектов при наличии недоделок и дефектов не допускается. В процессе приемки представителю государственного пожарного надзора необходимо:

1. Ознакомиться с пояснительной запиской, рабочими чертежами и внесенными в них изменениями или отступлениями от проекта, если последние имели место.

2. Ознакомиться с актами:

- на приемку скрытых работ;

- гидравлических испытаний систем водопровода;

- проверок действия приборов и устройств противопожарного водоснабжения.

3. Осмотреть все водопроводные системы и устройства наружного и внутреннего водопроводов и установить их соответствие проекту.

4. Произвести испытание водопровода на обеспечение подачи необходимого расхода воды под соответствующим напором при пожаре.

5. Дать заключение о соответствии или несоответствии водопровода проектным материалам и нормативным требованиям.

§ 69. ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ НАРУЖНОГО ВОДОПРОВОДА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Цель испытания: установить возможность отбора расчетного пожарного расхода воды из наружной сети при минимальном напоре 10 м в соответствии с нормами.

Для этого необходимо:

1. Определить по проекту (нормам) расход воды на пожарные нужды для данного объекта или населенного пункта.

2. Определить правильность выбора времени испытания водопровода. При наличии объединенного водопровода испытание необходимо производить в часы максимального водопотребления.

3. Наметить гидранты наружной сети, из которых следует отбирать воду на пожарные нужды при испытании. Для населенных пунктов отбор воды производят из наиболее невыгодно расположенных гидрантов, для промышленных предприятий, как правило, из гидрантов, обслуживающих производственные здания с наибольшим пожарным расходом воды.

Отбор воды из наружной сети производят автонасосами или свободным изливом ее из гидрантов.

Для определения давления в сети (во время испытания) пожарные колонки оборудуют заглушками с манометрами, при наличии автонасосов используют показания мановакуумметра на всасывающем патрубке автонасоса.

Расход воды из наружной сети определяют следующими способами:

1. Объемным, с помощью мерного бака объемом W . Время заполнения бака водой t определяют по секундомеру.

Тогда

$$Q = W/t. \quad (173)$$

Объем бака должен быть не менее $0,5 \text{ м}^3$.

Объемный способ измерения расхода воды является наиболее точным (обычно ошибка не превышает 1—2%).

2. С помощью водомеров. Водомеры оборудуются переходными патрубками и соединительными головками и включаются в рукавные линии. Для этого применяют турбинные водомеры больших диаметров (с горизонтальной вертушкой).

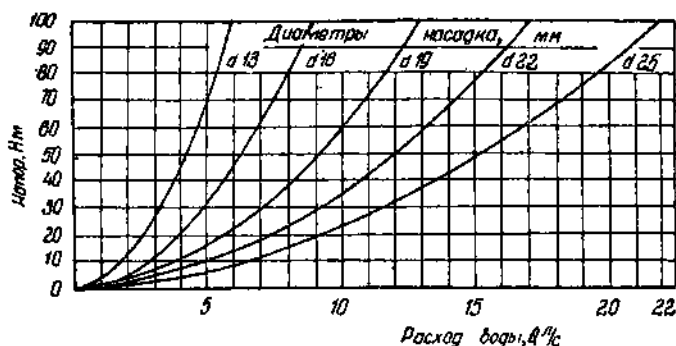


Рис. 136. График для определения расходов воды по показаниям манометра на стволе

3. С помощью стволов-водомеров. Ствол-водомер представляет собой обычный пожарный ствол, дополнительно оборудованный манометром и сменными насадками различных диаметров (рис. 21).

Для определения расхода пользуются формулами (72) и (73):

$$Q = \sqrt{H_c / s_c}, \quad \text{или} \quad Q = \rho \sqrt{H_c}.$$

Практически пользуются таблицей значений Q и H для различных насадков (табл. 11 и 12) или графиками $Q = f(H)$ (рис. 136).

4. С помощью трубки Пито (см. рис. 22).

5. По напору у патрубку.

К одному из штуцеров пожарной колонки присоединяют гладкий патрубок длиной 500 мм, диаметром 65 мм, а на другой патрубок устанавливают заглушку с манометром (рис. 137).

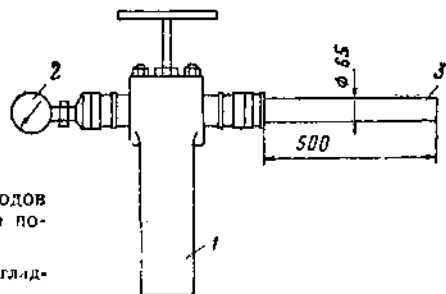


Рис. 137. Измерение расходов воды по напору у патрубку пожарной колонки (схема)

1 — колонка; 2 — манометр; 3 — гладкий патрубок

По показаниям манометра и табл. 45, составленной по данным проф. Лобачева, определяют расход воды.

ТАБЛИЦА 45

Напор, м	Расход, л/с	Напор, м	Расход, л/с
14	32	28	45
16	34	30	47
18	36	32	48
20	38	34	50
22	40	36	51
24	42	38	52
26	43	40	54

Примечание. Табл. 45 составлена по формуле $Q = 8,5\sqrt{H}$, (174), где H — показания манометра, м; Q — расход, л/с.

Если проектный расчетный расход воды на пожарные нужды больше производительности одного гидранта, то используют два, три и более гидрантов.

Если при отборе расчетного пожарного расхода воды из наружной сети напор у наиболее невыгодно расположенного гидранта превосходит напор или равен установленному нормами (10 м), то водопровод соответствует противопожарным требованиям.

§ 70. ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ НАРУЖНОГО ВОДОПРОВОДА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Цель испытания: установить возможность получения компактных струй высотой не менее 10 м при полном пожарном расходе воды и расположении стволов на уровне наивысшей точки самого высокого здания объекта. Испытание проводят в часы максимального водопотребления и в соответствии с нормами.

Определяют расход воды на наружное пожаротушение $Q_{н.п.т}$ по проекту (нормам) для данного объекта и число рукавных линий $n_{р.л}$, которые необходимо проложить при испытании:

$$n_{р.л} = Q_{н.п.т}/5, \quad (175)$$

где 5 — расход в л/с из ствола с насадком диаметром 19 мм при $R_n \geq 10$ м.

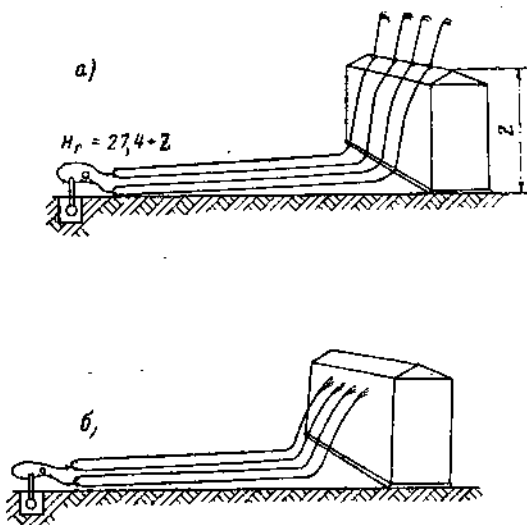


Рис. 138. Схемы испытания водопровода высокого давления
 а — первый способ; б — второй способ

Испытание проводят с подъемом стволов на покрытие здания.

Испытания с подъемом стволов. На крышу наиболее высокого и наиболее удаленного от насосной станции здания от гидрантов наружной сети, обслуживающих это здание, прокладывают рукавные линии длиной 120 м из непрорезиненных рукавов диаметром 66 мм. Стволы с насадками диаметром 19 мм располагают на уровне конька крыши. Включают стационарный пожарный насос (рис. 138).

Водопровод будет соответствовать требованиям норм, если от каждого ствола получают компактные струи высотой не меньше 10 м при расходе каждой струи не менее 5 л/с.

Высоту струи R можно определить «на глаз». При этом компактная часть R_k примерно равна $0,8 R$.

Напор у ствола

$$H_c = s_e q^2 = 0,634 \cdot 5^2 = 15,85 \text{ м.}$$

Если напор на стволе 15 м и более, то водопровод соответствует требованию норм.

Напор у гидранта должен быть равен:

$$H_r = 27,4 + z,$$

где z — высота здания, м.

Напор измеряют манометром, установленным на заглушке или на патрубке пожарной колонки.

Расход воды можно определить следующим образом.

Из формулы 128 напор у гидранта равен:

$$H_r = (s_1 n + s_c) q^2 + z.$$

При расположении ствола на уровне земли при $z = 0$ $H_r = (s_1 n + s_c) q^2$,

откуда

$$\begin{aligned} q &= \sqrt{H_r / (s_1 n + s_c)} = \sqrt{[(27,4 + z) / (0,77 \cdot 6) + 0,634]} = \\ &= \sqrt{(27,4 + z) / 1,096}. \end{aligned} \quad (176)$$

§ 71. ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ ВНУТРЕННЕГО ПОЖАРНОГО ВОДОПРОВОДА

Цель испытания: установить соответствие построенного водопровода проектным данным по расходу на внутреннее пожаротушение и радиусу действия компактных струй у внутренних пожарных кранов.

Для этого необходимо:

1. Определить по проекту и нормам расход воды на внутреннее пожаротушение и число струй для данного здания.

2. Установить по проекту или прокладкой рукавных линий по этажам здания, все ли помещения обслуживаются внутренними пожарными кранами.

3. Теоретически определить необходимую длину струй у внутренних пожарных кранов для обслуживания наиболее невыгодно расположенных помещений здания.

4. Определить действительную длину компактной струи, для чего необходимо проложить рукавные линии от одного или двух наиболее высоко расположенных и удаленных от ввода пожарных кранов (в зависимости от числа расчетных струй), стволы вывести в окно или дверь наружу здания и открыть краны.

Расход из стволов определяют по одному из способов, изложенных в § 69. По результатам испытания делают вывод о соответствии или несоответствии построенного внутреннего водопровода проекту и нормам.

ГЛАВА 16. МЕТОДИКА ОБСЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

§ 72. МЕТОДИКА ОБСЛЕДОВАНИЯ НАРУЖНОГО ПОЖАРНОГО ВОДОПРОВОДА

Необходимым условием успешной работы с пожарами в населенных пунктах и на промышленных объектах является бесперебойная работа системы противопожарного водоснабжения. Основные требования к выбору систем противопожарного водоснабжения и устройству его отдельных сооружений определяются Строительными нормами и правилами.

Руководствуясь «Положением о государственном пожарном надзоре», органы государственного пожарного надзора систематически следят за проведением в жизнь этих норм, для чего периодически обследуют существующие системы противопожарного водоснабжения.

По своему характеру обследования подразделяются на основные и контрольные. Основное обследование проводят с целью детального изучения системы противопожарного водоснабжения и отдельных сооружений, а в случае обнаружения дефектов — и для их устранения. При контрольных обследованиях проверяют выполнение предложенных ранее мероприятий и выявляют изменения, которые произошли со времени предыдущего обследования. Так, например, может снизиться давление в водопроводной сети в связи с увеличением водопотребления или при неправильной эксплуатации сооружений водопровода, а также при неисправности его отдельных элементов.

Подготовка к обследованию. Перед обследованием необходимо:

1. Изучить нормы, технические условия и правила эксплуатации по противопожарному водоснабжению. Подобрать необходимый справочный материал.

2. Ознакомиться с технологическим процессом данного производства, его пожарной опасностью, со строительными конструкциями основных производственных зданий и сооружений, их степенью огнестойкости и определить расход воды на пожарные нужды (см. гл. 6).

3. По имеющимся проектным материалам и исполнительным чертежам ознакомиться с противопожарным во-

доснабжением данного объекта или населенного пункта и выяснить:

виды водонесточника и противопожарного водоснабжения (водопроводное или безводопроводное);

назначение водопровода (пожарный или объединенный, высокого или низкого давления);

схему водопровода и состав сооружений;

расчетные расходы воды, необходимые в обычное время и при пожаре.

4. Ознакомиться с ранее предложенными мероприятиями государственного пожарного надзора по водоснабжению и степени их выполнения (выяснить причины невыполнения этих мероприятий и виновных).

5. Организовать комиссию по обследованию противопожарного водоснабжения.

Обследование производят с привлечением компетентного представителя администрации, знающего особенности водоснабжения объекта и имеющего соответствующие полномочия на решение возникающих при обследовании вопросов. Такими лицами на промышленных предприятиях являются инженеры по водоснабжению, начальники санитарно-технических цехов, механики, энергетики и т. п., а в городах — начальники служб эксплуатации водопровода.

Нередко бывает, что объект, построенный несколько лет назад, проектировался по нормам, отличающимся от норм, действующих в момент обследования. Предъявлять в полной мере к таким объектам требования действующих норм по водоснабжению не представляется возможным. Поэтому исходят из оценки действительной пожарной опасности объекта и предъявляют требования, которые продиктованы конкретной обстановкой на данном объекте. В этих случаях решают вопрос о необходимости реконструкции водопровода или некоторых его сооружений, либо о проведении дополнительных мероприятий, не носящих характера реконструкции и связанных с меньшими затратами средств и материалов.

Полную реконструкцию водопровода производят обычно при реконструкции или расширении самого объекта, а также когда водопроводные сооружения по своей производительности и напору недостаточны для подачи пожарных расходов воды и не обеспечивают надежности этой подачи.

Проведение обследования. При обследовании особое

внимание обращают на обеспечение хорошей эксплуатации водопроводных сооружений и на знание обслуживающим персоналом своих обязанностей на случай пожара.

Обследование целесообразно проводить по ходу движения воды, например в системе наружного водопровода — с водоисточника, в системе внутреннего водопровода — с ввода в здание. В этом случае можно детально выявить основные недочеты в системе водоснабжения и наметить мероприятия по их устранению. Кроме того желательно, чтобы инспектирующий заранее составил перечень вопросов, на которые нужно обратить внимание в процессе обследования.

Наружный водопровод в зависимости от вида водоисточника и назначения имеет различные схемы. Рассмотрим методику обследования водопровода при наличии полной схемы.

При обследовании источников водоснабжения особое внимание уделяют малодобитным источникам. На такие источники составляют для обслуживающего персонала особые инструктивные указания для наблюдения за следующими показаниями:

наиболее низким и высоким уровнем воды в водоисточнике;

горизонтом ледостава, временем появления и освобождения источника от льда;

наибольшей толщиной льда, появлением шуги и донного льда.

Специальные обследования оформляют актами с перечислением необходимых работ и указанием сроков их выполнения для приведения водоемов, плотин, водозаборных устройств в надлежащее состояние.

При обследовании водоприемных сооружений из открытых водоисточников выясняют:

число водоприемников и самотечных линий и их диаметры;

уровень заглубления водоприемников относительно горизонта низких вод водоисточника;

меры борьбы с донным льдом в водоисточнике;

наличие устройств для промывки самотечных линий;

отсутствие льда в водозаборном колодце зимой и талой воды весной;

необходимость прокладки дополнительных самотечных линий в связи с увеличением водопотребления объ-

екта, связанного с расширением производства, изменением профиля. Эти вопросы выясняют опросом технического персонала данного объекта.

Если забор воды производится из подземных водосточников, то при обследовании необходимо проверить наличие резервных скважин на случай ремонта и резервных насосных агрегатов.

При заборе подземных вод случаются засорения фильтров в скважинах, отложение в трубах железистых соединений, понижение уровня подземных вод и прочее. В результате перечисленных неисправностей подача воды может значительно уменьшиться. Для ее увеличения следует предложить мероприятия по ремонту скважин или устройству дополнительных скважин, если ремонт невозможен или вызывает большие затруднения.

При значительном понижении динамического уровня воды в скважине погруженные электронасосы опускают на большую глубину.

При заборе воды из подземных водосточников системой «Эрлифт» необходимо иметь не менее двух компрессоров (один из которых резервный), а также два источника питания энергией их двигателей.

Если подача воды на объект производится из городской сети, то необходимо выяснить:

число водоводов, проложенных от городской сети на объект (т. е. дублируется ли эта подача);

обеспечение водомерами пропуски необходимого количества воды в условиях пожара;

наличие обводных линий для подачи воды «напрямую» при пожаре;

доступ к водомерным узлам и обводным линиям с запломбированными задвижками в любое время суток;

наличие инструкции для обслуживающего персонала по открытию обводных линий в случае пожара на объекте и знание этих инструкций обслуживающим персоналом.

При обследовании насосных станций необходимо проверить:

обеспечение установленными насосами необходимого расхода и напора при подаче воды на обычные нужды и для тушения пожара;

наличие резервных насосных агрегатов (для водопровода высокого давления наличие двух стационарных пожарных насосов основного и резервного; для низкого

давления — дополнительного насоса, обеспечивающего подачу необходимого количества воды на нужды пожаротушения (резервные подбирают исходя из максимальной подачи одного из насосов);

наличие у двигателей насосов двух независимых источников питания энергией;

число общих всасывающих и напорных линий в насосных станциях;

способ соединения насосов с двигателем;

наличие несгораемых ограждающих конструкций для помещения станции и непосредственного выхода из нее наружу;

исправность пожарных насосов, а также время, в течение которого осуществляется их пуск.

Если имеется двигатель внутреннего сгорания или тепловой, с помощью которого пускается в работу один из двух пожарных насосов, то проверить, в течение какого времени он включается и соответствует ли это требованиям норм. Установить также, проводит ли технический персонал периодическое опробование насосов и имеются ли соответствующие записи результатов этих проверок в специальном журнале;

исправность телефонной связи и сигнализации в насосной станции;

наличие предохранительных клапанов для ограничения напора в сети при пожаре во избежание разрыва трубопроводов наружной сети;

наличие в насосной станции схемы расположения оборудования, всасывающих и напорных линий, задвижек, обратных клапанов и другой арматуры, номер его на схеме и непосредственно на оборудовании;

наличие инструкции и проверка знаний обслуживающим персоналом своих обязанностей при пожаре.

При обследовании резервуаров проверить:

работу всех резервуаров, их исправность и степень заполнения водой в момент обследования;

объем неприкосновенного пожарного запаса воды и соответствие его расчетному;

обеспечение неприкосновенности пожарного запаса воды; дополнительное оборудование резервуаров для этой цели и исправность этого оборудования. Имели ли место случаи, когда хранение неприкосновенного пожарного запаса воды в резервуарах не обеспечивалось. Если такие случаи наблюдались, необходимо выяснить их при-

чины и наметить мероприятия по предупреждению подобных явлений в дальнейшем.

Причинами необеспеченности сохранения неприкосновенного запаса воды в резервуарах могут быть:

а) недостаточная подача воды сооружениями I подъема или несоответствие расчетной подачи водопровода водопотреблению;

б) отсутствие гарантий в подаче воды сооружениями I подъема, например перерывы в питании энергией двигателей насосов станции I подъема и в работе очистных сооружений из-за недостаточного числа фильтров и отстойников;

в) отсутствие электросигнализации уровня воды;

г) неправильное расположение всасывающих труб хозяйственных и специальных пожарных насосов и соединение их между собой.

В последнем случае неприкосновенный запас воды через пожарную всасывающую линию в любое время может быть забран хозяйственно-производственными насосами;

реальный срок восстановления (после пожара) неприкосновенного пожарного запаса воды и соответствие его нормам;

хранение в двух резервуарах неприкосновенного запаса воды;

наличие и исправность устройств, позволяющих забирать воду из резервуаров передвижными пожарными насосами, а также исправность сигнализации уровня воды в резервуарах в насосной станции.

При обследовании водонапорных башен и пневматических установок необходимо:

определить объем неприкосновенного пожарного запаса воды, соответствует ли он расчетному;

проверить обеспечение неприкосновенности пожарного запаса воды в баках, дополнительное оборудование их для этой цели и исправность этого оборудования;

проверить обеспечение необходимого напора у внутренних пожарных кранов зданий за счет высоты расположения водонапорных баков и имеющегося напора в баках пневматической установки. [Это определяют гидравлическим испытанием с подачей струи от внутренних пожарных кранов (см. § 71)];

выяснить возможность отключения при пожаре водо-

напорной башни от сети (при наличии водопровода высокого давления);

проверить наличие резервных компрессоров в пневматических установках постоянного давления и двух независимых источников питания энергией у двигателей компрессоров, а также автоматизацию работы пневматической установки.

При обследовании наружной водопроводной сети и водоводов проверить:

обеспечение водоводами и переключениями на них необходимого расхода воды на пожарные нужды;

длину отдельных тупиковых линий от кольцевой сети и соответствие ее нормам;

наличие в наружной сети, обеспечивающей пожарные нужды, участков из труб диаметром менее 100 мм;

расположение гидрантов на наружной сети (все ли возведенные здания и сооружения на объекте обслуживаются пожарными гидрантами);

величину ремонтных участков, число задвижек на сети (соответствует ли это нормам);

исправность водопроводной сети (какие участки выключены и по каким причинам);

число гидрантов в работе, сохранность крышек колодцев гидрантов и их состояние (очищены ли они от снега, льда и грязи);

содержание гидрантов в исправном состоянии (утеплены ли гидранты, не залиты ли стояки водой, не заморожены ли гидранты);

наличие табличек гидрантов и правильность их расположения, а также свободных подъездов к гидрантам (при отсутствии указателя гидранта необходимо требовать немедленного его возобновления).

При обследовании нередко наблюдаются случаи, когда некоторые водопроводные колодцы, в которых установлены гидранты, оказываются засыпанными и не могут быть обнаружены.

Если наружная водопроводная сеть проложена давно и к моменту обследования практически выдерживает значительно меньший напор, чем требуется при пожаре, то следует поставить перед администрацией объекта вопрос о замене труб наружной сети на новые.

При основном пожарно-техническом обследовании необходимо проверить водопроводную сеть на водоотдачу.

Так как испытания требуют времени и соответствующего оборудования и не всегда возможны, необходимо с помощью таблицы ВНИИПО МВД СССР определить максимальное количество воды, которое можно отобрать из наружной водопроводной сети. Зная диаметры сети и минимальные напоры, можно примерно определить пропускную способность наружной сети (табл. 46).

ТАБЛИЦА 46

Напор в сети, м	Диаметр наружной сети, мм						Сеть
	100	125	150	200	250	300	
10	10	20	25	30	40	55	Тупиковая Кольцевая
	25	40	55	65	85	115	
20	14	25	30	45	55	80	Тупиковая Кольцевая
	30	60	70	90	115	170	
30	17	35	40	50	70	95	Тупиковая Кольцевая
	40	70	80	110	145	205	
40	21	40	45	60	80	110	Тупиковая Кольцевая
	45	85	90	130	185	235	
50	25	45	50	70	90	120	Тупиковая Кольцевая
	50	90	105	145	200	265	

Напор в сети определяют по манометру на заглушке пожарной колонки или мановакуумметру на всасывающем патрубке насоса пожарного автомобиля при установке их на гидранты наружной сети.

Более точно проверяют пропускную способность водопроводной сети по ее гидравлическому расчету.

При автоматизации работы водопроводных сооружений следует проверить наличие контроля за исправностью схем автоматики и отдельных автоматизированных сооружений, а также автоматического переключения электропитания насосов с одного фидера на другой.

Если на данном объекте для пожаротушения используются естественные или искусственные водоемы, то при обследовании необходимо проверить:

наличие в водоемах необходимого количества воды, состояние гидроизоляции;

исправность устройств для забора воды пожарными насосами (площадки, пожарные пирсы, водозаборные колодцы);

глубину и допускаемую высоту подъема воды водоисточника, а также исправность проездов;
утепление открытых водоемов и обеспечение быстрого забора воды зимой;
использование теплой воды предприятия для подачи ее в водоемы в местах забора воды;
соответствие противопожарным требованиям имеющегося числа водоемов и их емкости.

§ 73. МЕТОДИКА ОБСЛЕДОВАНИЯ ВНУТРЕННИХ ПОЖАРНЫХ ВОДОПРОВОДОВ

При обследовании внутренних водопроводов зданий необходимо проверить:

целостность трубопроводов внутреннего водопровода (не отключены ли какие-либо его участки вследствие неисправности трубопроводов);

исправность задвижек и вентилях;

состояние насосов-повысителей, обеспечение дистанционного пуска их в работу;

исправность и состояние внутренних пожарных кранов, наличие рукавов и стволов и специальных ящиков для их хранения с пломбами; использование внутренних пожарных кранов по назначению (необходимо, чтобы все внутренние пожарные краны в данном здании имели диаметры насадков стволов и рукавов, а также длину рукавов одинаковые);

утепление помещений, в которых располагаются задвижки для подачи воды во внутреннюю сеть неотапливаемых помещений;

доступность подступов к внутренним пожарным кранам;

наличие необходимого числа внутренних пожарных кранов и правильность их размещения.

При обследовании внутреннего водопровода необходимо определить:

а) напор на вводе в здание;

б) водоотдачу внутреннего пожарного водопровода.

Если при испытании внутреннего водопровода установлено, что для работы внутренних пожарных кранов верхних этажей напоры недостаточны не только при максимальном, но и при минимальном водопотреблении, то следует требовать для внутреннего водопровода установку пожарного насоса-повысителя или водонапорного бака.

§ 74. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБСЛЕДОВАНИЯ

После проведения обследования водоснабжения объекта с членами комиссии подводят итоги:

обсуждают выявленные недочеты;

намечают мероприятия для устранения недочетов (последние должны быть в достаточной степени обоснованы либо ссылками на соответствующие пункты норм (технических условий), либо конкретным изложением доводов, на основе которых возникает то или другое предложение);

согласовывают сроки выполнения предлагаемых мероприятий. Эти сроки следует увязывать с реальными возможностями предприятий. Небольшие мероприятия могут быть осуществлены непосредственно за счет средств предприятий, а крупные мероприятия требуют централизованного выделения средств и материалов и, следовательно, определенного времени для их выполнения.

Выявленные при обследовании недочеты и предлагаемые мероприятия вносятся в «Предписание государственного пожарного надзора», которое вручается руководителю объекта.

По результатам обследования по объекту издается приказ, в котором перечисляют намеченные мероприятия, сроки их выполнения и ответственных лиц.

§ 75. ОСОБЕННОСТИ ИСПЫТАНИЯ НАРУЖНЫХ СЕТЕЙ ГОРОДСКИХ ВОДОПРОВОДОВ НА ВОДООТДАЧУ ДЛЯ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Водоотдачей называется максимальное количество воды, которое можно получить из наружной сети водопровода для пожарных нужд.

Пожарным работникам необходимо знать действительную максимально возможную водоотдачу различных участков наружной сети, поскольку в практических условиях пожаротушения могут потребоваться пожарные расходы воды, превышающие расчетные.

Проведя соответствующие гидравлические расчеты, определяют водоотдачу сетей.

Следует учитывать, что водопроводы в процессе эксплуатации претерпевают изменения: уменьшается пропускная способность сети вследствие коррозии труб, от-

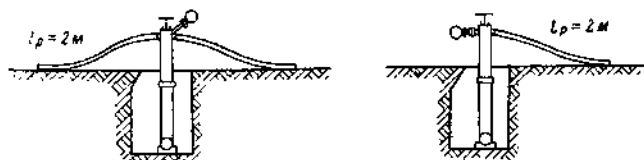


Рис. 139. Схема испытания сети свободным изливом воды из пожарных колонок

ложения солей; увеличивается отбор из водопровода, например при присоединении новых потребителей к сети; прокладываются новые участки сети и т. п.

Поэтому действительную водоотдачу участков сети в различных районах города определяют только специальными испытаниями водопроводной сети на местности, которые проводят совместно с работниками эксплуатации водопровода через 5—7 лет в часы максимального водопотребления.

На водоотдачу проверяют:

- старые участки сети;
- тупиковые участки сети;
- участки с малым диаметром труб;
- участки с пониженным давлением;
- участки, наиболее удаленные от насосных станций;
- участки с большим водопотреблением на хозяйственно-питьевые, производственные и пожарные нужды;
- участки большой протяженности и т. п.

Устанавливают эти участки работники эксплуатации водопровода.

Как при приемке водопроводов в эксплуатацию, так и в данном случае разбор воды при испытании производят свободным изливом воды из гидрантов или отбором воды из сети автонасосами.

а) *Испытание свободным изливом воды из гидрантов.*

Для этой цели необходимо иметь пожарные колонки с манометрами (2—3 шт.) и рукавные резиновые патрубки диаметром 66 или 77 мм, длиной 1—2 м (рис. 139).

Предварительно пожарные колонки с установленными на них манометрами и присоединенными к ним патрубками тарируют с помощью емкости известного объема 0,5—1 м³ и секундомера. При этом расход из патрубка $Q_{\text{п}}$ определяют по формуле (173).

При разборе из двух патрубков $Q_k = 2q_{п}$, л/с.

При разборе воды из гидранта замечают показания манометра H и определяют время заполнения t емкости, регулируя степень открытий гидранта на различный расход.

Тарировка сводится к определению проводимости колонки P_k .

Расход из колонки

$$Q_k = P_k \sqrt{H} \text{ л/с.} \quad (177)$$

Тогда проводимость

$$P_k = Q_k / \sqrt{H}. \quad (178)$$

Тарируют не менее 3 раз и выводят среднюю проводимость

$$P_k = (p_1 + p_2 + p_3) / 3$$

для одного и двух патрубков.

Полученные данные по тарировке пожарных колонок заносят в форму 1.

Форма 1

№ опыта	№ колонок	Число патрубков	Патрубок d , мм	H , м	W , м ³	t , с	$Q = \frac{W}{t}$, л/с	$P_k = \frac{Q_k}{\sqrt{H}}$

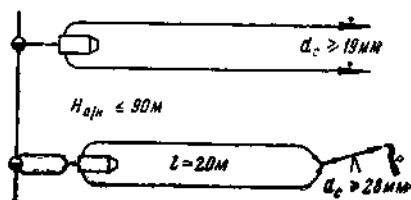
Зная проводимость колонок, применяемых при испытаниях, и показания манометра на колонке, можно точно определить расход.

Протарированные колонки устанавливают на гидранты сети. У каждой колонки должны быть наблюдатели для ведения записей результатов испытаний.

По команде руководителя испытания замеряют напор по манометру на всех колонках до открытия патрубков и результаты замера записывают в протокол-форму. Затем открывают один патрубок на первой колонке и через 3—5 мин записывают напор по манометру на всех установленных колонках. Потом открывают второй патрубок первой колонки и также записывают напор на всех колонках.

Если в сети напор более 10 м, начинают разбор воды из второй колонки. При этом первая колонка работает

Рис. 140. Схема испытания отбором воды из сети автонасосами



на два патрубка. На второй колонке поочередно открывают два патрубка и снова записывают напор на всех устанавливаемых колонках. При напоре в сети более 10 м то же делают и с 3 колонкой.

Когда напор на любой из колонок станет меньше 10 м, испытание прекращают. Определяют суммарный расход из гидрантов — это и будет максимальный расход воды, который можно отобрать на данном участке наружной сети на пожарные нужды.

Перед проведением испытаний составляют расписание последовательности открывания гидрантов и измерения напоров по манометру колонки. Практически интервал между открытиями гидрантов не следует принимать больше 3 — 5 мин, так как это уменьшит продолжительность испытания и излив воды на покрытие улиц.

Результаты испытаний (определение напора у пожарных колонок) сводят в протокол-форму 2.

Форма 2

Время испытания, мин	Напор на колонке, м						Суммарный расход, л/с	Число открытых патрубков
	колонка А		колонка Б		колонка В			
	1 патрубок	2 патрубка	1 патрубок	2 патрубка	1 патрубок	2 патрубка		

б) Испытание отбором воды из сети автонасосами.

Метод проведения испытания с помощью отбора воды из сети автонасосами мало отличается от испытания свободным изливом воды из колонок (рис. 140). Разбор производят через резиновые рукава диаметром 77 мм. Рукава заканчиваются стволами-водомерами, а при отсутствии их — обычными стволами с насадками больших

диаметров. В последнем случае расход измеряют либо объемным способом, либо с помощью трубки Пито.

При испытании напор в сети доводят до 10 м и прекращают разбор. Записывают показания мановакуумметров и манометров автонасоса и манометров на стволах. Напор на автонасосе не должен превышать 90 м.

Результаты испытания заносят в протокол-форму 3.

Форма 3

№ испытания	Напор в сети, м	Напор на автонасосе, м						Суммарный расход, л/с	Число стволов
		автонасос 1		автонасос 2		автонасос 3			
		1 ствол	2 ствола	1 ствол	2 ствола	1 ствол	2 ствола		

Результаты определения водоотдачи протоколируют; протоколы хранятся в пожарных частях и управлении эксплуатации водопроводов и являются официальным документом.

По результатам определения водоотдачи составляют карту района противопожарного водоснабжения с обозначением количества воды, которое можно отобрать.

При недостатке воды для пожаротушения управление пожарной охраны составляет акт о необходимости проведения капитальных мероприятий, на основе которых организуются работы по усилению водопроводной сети.

Список литературы

1. Абрамов Н. Н. Теория и методика расчета систем подачи и распределения воды. М., Стройиздат, 1972.
2. Андрияшев М. М. Гидравлические расчеты водоводов и водопроводных сетей. М., Стройиздат, 1964.
3. Особенности промышленного водоснабжения. Киев, «Будівельник», 1967. Авт.: Андроньев С. М., Жильцов В. М., Маламуд Е. А., Левин Г. М.
4. Ильин В. Г. Расчет совместной работы насосов, водопроводных сетей и резервуаров. Киев, Госстройиздат УССР, 1963.
5. Кузнецова А. Е. Противопожарное водоснабжение. М., Изд. МКЖ РСФСР, 1963.
6. Кузнецова А. Е. Внутреннее пожарное водоснабжение. М., Стройиздат, 1972.
7. Ленский В. А. Водоснабжение и канализация. М., «Высшая школа», 1969.
8. Насосы. Каталог — справочник. М., Машгиз, 1960.
9. Правила технической эксплуатации водопроводов в канализации. М., Стройиздат, 1965.
10. Справочник проектировщика. Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий. Под ред. И. А. Назарова. М., Стройиздат, 1967.
11. Тарасов-Агалаков Н. А., Ходаков В. Ф. Противопожарное водоснабжение. М., Стройиздат, 1967.
12. Теплов А. В. Основы гидравлики. Л., «Энергия», 1971.
13. Ходаков В. Ф. Гидравлика в пожарном деле. М., Высшая школа МООП РСФСР, 1965.
14. Шабалин А. Ф. Эксплуатация промышленных водопроводов. М., «Металлургия», 1972.
15. Шевелев Ф. А. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных, асбестоцементных и пластмассовых труб. М., Стройиздат, 1970.

	Стр.
Предисловие	3
Раздел I. Гидравлика	
Глава 1. Основы гидростатики и гидродинамики	4
§ 1. Основные физические свойства жидкостей	4
Гидростатика	7
§ 2. Гидростатическое давление и его свойства	7
§ 3. Основное уравнение гидростатики	10
§ 4. Эпюры гидростатического давления	12
§ 5. Суммарное давление жидкости	14
§ 6. Простейшие гидравлические машины	16
Гидродинамика	17
§ 7. Основные понятия и определения	17
§ 8. Уравнение неразрывности потока	19
§ 9. Ламинарный и турбулентный режимы движения жидкости	20
§ 10. Уравнение Бернулли	22
§ 11. Практическое применение уравнения Бернулли	27
Глава 2. Движение воды по трубопроводам и пожарным рукавам	31
§ 12. Потери напора по длине трубопровода	32
§ 13. Упрощенные формулы для определения потерь напора в трубах и пожарных рукавах	34
§ 14. Местные потери напора	36
§ 15. Гидравлический удар в трубах и пожарных рукавах	40
Глава 3. Истечение жидкости из отверстий и насадков	45
§ 16. Истечение жидкости из круглого отверстия в тонкой стенке	45
§ 17. Истечение жидкости из насадков	47
Глава 4. Пожарные струи	52
§ 18. Сплошные водяные струи	54
§ 19. Расчет сплошной струи	55
§ 20. Вертикальные струи	57
§ 21. Наклонные струи	60
§ 22. Реакция струи	63
§ 23. Распыленные струи и способы их получения	64
Глава 5. Расчет насосно-рукавных систем	66
§ 24. Классификация насосов и их применение в пожарном деле	66
§ 25. Классификация, устройство и принцип действия центробежных насосов	67
§ 26. Основные рабочие параметры насосов	69
§ 27. Характеристики центробежных насосов	76
§ 28. Работа насоса на сеть	79
§ 29. Расчет рукавных систем	80
§ 30. Расчет совместной работы насосно-рукавных систем с помощью таблиц	86
§ 31. Перекачка воды автонасосами	88
§ 32. Параллельная работа насосов на лафетные стволы	91

Раздел II. Водопроводные системы и сооружения . . .	94
Глава 6. Схемы водопроводов. Нормы напоров и расходов воды	95
§ 33. Классификация водопроводов	95
§ 34. Общие схемы водопроводов	96
§ 35. Схемы подачи воды на промышленных объектах	98
§ 36. Нормы напоров воды	100
§ 37. Нормы расходов воды	106
Глава 7. Источники водоснабжения и сооружения для забора и очистки воды	119
§ 38. Источники водоснабжения	119
§ 39. Сооружения для забора подземных вод	120
§ 40. Сооружения для забора воды из поверхностных источников	127
§ 41. Очистка воды	130
§ 42. Противопожарные требования к источникам водоснабжения и сооружениям I подъема	133
Глава 8. Регулирующие и запасные емкости	136
§ 43. Резервуары	137
§ 44. Водонапорные баки	144
§ 45. Пневматические установки	151
Глава 9. Насосные станции	155
Глава 10. Наружные водопроводные сети	161
§ 46. Устройство наружных водопроводных сетей	161
§ 47. Арматура наружных водопроводных сетей	167
§ 48. Противопожарные требования к наружным водопроводным сетям	179
Глава 11. Расчет наружного водопровода промышленного объекта	180
§ 49. Порядок расчета наружной водопроводной сети	180
§ 50. Гидравлический расчет разветвленной (тупиковой) сети	185
§ 51. Гидравлический расчет кольцевой сети	187
§ 52. Пример расчета наружного водопровода промышленного объекта	190
Глава 12. Внутренние водопроводы	209
§ 53. Устройство и работа внутренних водопроводов	209
§ 54. Требования к устройству внутренних пожарных водопроводов	214
§ 55. Противопожарные требования к расчету внутреннего водопровода	217
§ 56. Схема внутренних пожарных водопроводов многоэтажных зданий	221
§ 57. Требования к устройству внутренних пожарных водопроводов многоэтажных зданий	225
Глава 13. Безводопроводное противопожарное водоснабжение	229
§ 58. Общие замечания	229
§ 59. Водоемы-копани	231
	271

	Стр.
§ 60. Водоемы-резервуары	235
§ 61. Водохранилища (пруды)	238
§ 62. Водозаборные устройства	240
§ 63. Эксплуатация водоемов	242
Глава 14. Рассмотрение проектов противопожарного водоснабжения	244
§ 64. Общие сведения	244
§ 65. Рассмотрение проектов наружных водопроводов	245
§ 66. Рассмотрение проектов внутренних водопроводов зданий	247
§ 67. Оформление результатов рассмотрения проектов	248
Глава 15. Приемка в эксплуатацию пожарных водопроводов	248
§ 68. Общие сведения	248
§ 69. Гидравлическое испытание наружного водопровода низкого давления	250
§ 70. Гидравлическое испытание наружного водопровода высокого давления	252
§ 71. Гидравлическое испытание внутреннего пожарного водопровода	254
Глава 16. Методика обследования систем противопожарного водоснабжения	255
§ 72. Методика обследования наружного пожарного водопровода	255
§ 73. Методика обследования внутренних пожарных водопроводов	263
§ 74. Оформление результатов обследования	264
§ 75. Особенности испытания наружных сетей городских водопроводов на водоотдачу для пожаротушения	264
Список литературы	269

Александр Алексеевич Качалов
 Антонина Евдокимовна Кузнецова
 Нина Викторовна Богданова

ПРОТИВОПОЖАРНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ

Научный редактор *А. Ф. Иевлов*
 Редакция литературы по жилищно-коммунальному хозяйству
 Зав. редакцией *М. К. Склярова*
 Редактор *В. Ф. Ненашева*
 Мл. редактор *М. В. Скворцова*
 Внешнее оформление художника *О. Г. Ротмистрова*
 Технический редактор *Н. В. Панова*
 Корректор *Л. П. Бирюкова*

Сдано в набор 8.V.1975 г. Подписано в печать 16.IX. 1975 г. Т-14679.
 Формат 84×108¹/₃₂. Бумага типографская № 2. 14,28 усл. печ. л. (14,31 уч.-изд. л.).
 Тираж 30 000 экз. Изд. № А111-4503. Зак. 179а. Цена 58 коп.

Стройиздат
 103008, Москва, Калужская, 23а

Владимирская типография Союзполиграфпрома
 при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств,
 полиграфии и книжной торговли
 Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.

