

П2-51  
Л88

архив

А. С. ЛУКИН

# ПРОТИВОПОЖАРНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ ВОЕННЫХ ГОРОДКОВ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СОЮЗА ССР  
МОСКВА—1955

Проверено

ИНЖЕНЕР-ПОДПОЛКОВНИК

А. С. ЛУКИН

624512  
п.84

п.2-51

# ПРОТИВОПОЖАРНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ ВОЕННЫХ ГОРОДКОВ

Одобрено Инспекцией пожарной охраны  
Министерства Обороны Союза ССР в качестве  
учебного пособия для Военного пожарно-тех-  
нического училища и офицеров пожарной  
охраны



ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СОЮЗА ССР  
МОСКВА—1955



## ВВЕДЕНИЕ

Искусственные сооружения для добычи воды были известны еще в глубокой древности. За 2500 лет до нашей эры в Египте сооружались колодцы глубиной более 90 м, а в древнем Риме имелся водопровод, подававший воду за десятки километров.

В древних русских городах, окруженных стенами, устраивались сложные системы для добычи воды из подземных и поверхностных источников с целью обеспечения населения водой и тушения пожаров. Уже в XI—XII веках на Руси, раньше чем в Западной Европе, появились первые водопроводные сооружения. В конце XV века водопровод имелся в московском Кремле.

В последующие столетия в России развивалось главным образом дворцово-парковое водоснабжение, причем русские мастера достигли особенно больших успехов в устройстве фонтанов. Водоснабжение городов и других населенных пунктов было поставлено плохо, водопровод имелся лишь в нескольких городах.

Более широкое строительство городских водопроводов в России начинается лишь с развитием промышленного капитализма. Однако состояние водоснабжения городов продолжало оставаться совершенно неудовлетворительным.

подавляющая часть городских водопроводов находилась в руках частных лиц и компаний, которые использовали водопроводы как средство наживы, мало заботясь об обеспечении водой населения. Основные средства направлялись на благоустройство кварталов, населенных буржуазными и зажиточными элементами, рабочие же кварталы и окраины были совершенно лишены водопровода и других самых элементарных удобств. Плохая организация водоснабжения приводила к тому, что пожары, возникавшие в городах и других населенных пунктах, часто носили опустошительный характер. Из-за отсутствия воды окраины городов при пожарах почти полностью выгорали.

Эксплуатация водопроводов велась с наименьшими вложениями средств и стремлением получить наибольшую прибыль. Вследствие этого техническое состояние большинства водопроводов было крайне низким. Мало было и специалистов, работавших в области водоснабжения. Ни в одном из высших учебных заведений России не было специальных факультетов по санитарной технике.

Несмотря на такие условия, русские инженеры и ученые много сделали для разработки основ водопроводной техники. Среди деятелей в этой области особенно выделяются Н. Е. Жуковский, В. Е. Тимонов, В. Г. Шухов, Н. П. Зимин. Их работы до настоящего времени имеют большое значение.

С первых же лет советской власти Коммунистическая партия и Советское правительство проявили исключительную заботу о водоснабжении населенных пунктов нашей страны. Строительство водопроводов в СССР велось и ведется с невиданным размахом. При сооружении новых и реконструкции старых водопроводов предусматривается обслуживание не только центров, но и окраин городов и подача населению питьевой воды отличного качества.

Огромные возможности для развития водопроводного дела на новой технической основе обеспечили решения июньского Пленума ЦК ВКП(б) 1931 г.

Пленум дал руководящие установки по дальнейшему развитию и реконструкции городского хозяйства СССР и производству коммунального оборудования. Выполнение грандиозной задачи индустриализации нашей страны потребовало строительства крупнейших и весьма сложных водопроводных систем для промышленных районов. Развитие сельского хозяйства СССР, коллективизация сельского хозяйства и организация крупных совхозов вызвали развитие сельскохозяйственного водоснабжения.

Над разрешением основных вопросов водопроводного дела много работали советские ученые А. А. Сурин, Н. А. Кашкаров, М. Г. Мельников, А. Г. Малышевский, В. Г. Лобачев, С. Х. Азерьев, В. Т. Турчинович и др.

В то время как в нашей Советской стране имеются все условия для быстрого и непрерывного развития водопроводного хозяйства, а потребление воды населением из года в год непрерывно растет, в капиталистических странах наблюдаются явные признаки упадка водопроводного хозяйства. Крупнейший город США Нью-Йорк испытывает острую нехватку воды. Вводится жесточайшая экономия в расходовании воды, объявляются „сухие дни“. Расходуя миллиарды долларов на вооружение, правящие круги США отказываются давать необходимые средства на улучшение бытовых условий жизни населения.

В настоящее время советский народ, руководимый Коммунистической партией, решает грандиозные задачи строительства коммунистического общества. Эти задачи нашли свое конкретное и яркое выражение в исторических решениях XIX съезда Коммунистической партии Советского Союза.

Выполнение задач, поставленных XIX съездом партии, является крупным шагом вперед по пути к коммунизму.

В нашей стране осуществляются строительные работы, которые по своим масштабам превосходят все, что когда-либо знала мировая техника.

К 1957 г. количество вод, которыми будет управлять Советское государство в интересах народа, возрастет до 125 миллиардов кубических метров (против 70 миллиардов в 1937 г.), а к 50-летию Великой Октябрьской социалистической революции, когда на огромных пространствах появятся моря и множество каналов и водоемов, Советская страна будет управлять, повидому, движением 450 миллиардов кубических метров воды в год. Невиданными для капитализма темпами в СССР сооружаются фабрики и заводы с первоклассным санитарно-техническим оборудованием, гидроэлектростанции, каналы, оросительные системы, водохранилища, водопроводы и т. д.

Эта огромная работа ведется для максимального удовлетворения постоянно растущих потребностей всего общества.

\* \* \*

Вода, как известно, обладает хорошими огнегасительными свойствами, поэтому она служит основным средством тушения пожара. Военные объекты с их сложным хозяйством потребляют большое количество воды для обеспечения санитарных, питьевых и технических целей и должны иметь хорошо налаженное противопожарное водоснабжение.

В настоящей книге даны сведения по теоретическим и практическим вопросам противопожарного водоснабжения военных городков, необходимые для расчета правильного устройства и эксплуатации технических средств противопожарного водоснабжения.

---

## Г Л А В А I

### СВЕДЕНИЯ О НОРМАХ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Противопожарное водоснабжение может осуществляться из водопровода или непосредственно из водоемов передвижными насосами.

Система противопожарного водоснабжения должна в любое время суток и года обеспечить:

- а) подачу расчетных расходов воды в течение расчетного времени пожаротушения;
- б) создание необходимых напоров для подачи расчетных расходов воды к месту пожара;
- в) бесперебойность работы водопроводных сооружений, обеспечивающих подачу воды на пожарные нужды.

Основные нормы противопожарного водоснабжения приведены в Противопожарных нормах строительного проектирования промышленных предприятий и населенных мест (Н-102—54).

Эти нормы не распространяются на объекты, связанные с применением или хранением взрывчатых веществ, и на здания, рассчитанные на срок службы не свыше 5 лет.

#### § 1. НОРМЫ РАСХОДА ВОДЫ НА НАРУЖНОЕ ПОЖАРОТУШЕНИЕ

Расчетные расходы воды на наружное пожаротушение зависят:

- а) от пожарной опасности зданий различного назначения;
- б) от степени огнестойкости зданий;
- в) от объема зданий.

Расчетный расход воды на наружное пожаротушение для объектов, застроенных жилыми и административно-коммунальными зданиями, можно определить по табл. 1, а для производственных зданий — по табл. 2.



Таблица 1

**Нормы расхода воды на наружное пожаротушение для объектов,  
застроенных жилыми и административно-коммунальными зданиями**  
(согласно Н-102—54, табл. 16)

Количество жителей в населенном пункте или районе пункта (в тысячах человек)	Расчетное количество пожаров	Расход воды на 1 пожар в л/сек			
		малоэтажная застройка (до двух этажей включительно)		смешанная застройка независимо от степени огнестойкости	многоэтажная застройка независимо от степени огнестойкости
		степень огнестойкости зданий			
		I, II, III	IV, V		
До 5	1	5	5	10	10
" 10	1	10	10	15	15
" 25	2	10	10	15	15
" 50	2	15	20	20	25
" 100	2	20	25	30	35
" 200	3	20	—	30	40
" 300	3	—	—	40	55
" 400	3	—	—	50	70
" 500	3	—	—	60	80

Таблица 2

**Нормы расхода воды на наружное пожаротушение производственных предприятий (складов)**  
(согласно Н-102—54, табл. 17)

Степень огнестойкости зданий	Категория производства	Расход воды на 1 пожар в л/сек				
		объем здания в тыс. м <sup>3</sup>				
		до 3	3—5	5—20	20—50	свыше 50
I и II	Г, Д А, Б, В	5	5	10	10	15
		10	10	15	20	30
III	Г, Д В	5	10	15	25	35
		10	15	20	30	40
IV и V	Г, Д В	10	15	20	30	—
		15	20	25	—	—

Для производственных зданий, разделенных на части брандмауерами, расход воды принимается по объему наибольшей части здания.

Расход воды на наружное пожаротушение отдельно стоящих общественных зданий определяется по табл. 2, как для производственных зданий с категорией производства В.

Расчетное количество одновременных пожаров на территории промышленных предприятий и поселков при них принимается:



На территории промышленных предприятий, имеющих самостоятельный водопровод:

- а) при площади территории объекта менее 100 га — 1 пожар;
- б) при площади территории объекта 100 га и более — 2 пожара, с расходом воды по двум зданиям, требующим наибольшего расхода воды, согласно табл. 2.

На территории промышленных предприятий и поселков при них, имеющих объединенный водопровод:

- а) при площади территории предприятия до 100 га и при количестве жителей в поселке до 10 тысяч человек — 1 пожар (на предприятии или в поселке — по наибольшему расходу воды);
- б) то же, при числе жителей в поселке от 10 до 25 тысяч человек — 2 пожара (один на предприятии и один в поселке);
- в) при площади территории предприятия 100 га и более и при числе жителей в поселке до 25 тысяч человек — 2 пожара (оба на предприятии или оба в поселке — по наибольшему расходу воды).

Для военных городков Министерства Обороны Союза ССР, имеющих, кроме жилой части, также территорию, застроенную зданиями и сооружениями специального назначения (гаражи, парки, секторы обслуживания, хранилища и т. д.), принимается следующий расход воды на пожаротушение:

- а) при малоэтажной застройке (до двух этажей включительно) — 10 л/сек;

- б) при смешанной и многоэтажной застройке — 15 л/сек.

Для складов и аэродромов принимается:

- а) для складов с каменными зданиями — 10 л/сек;
- б) для складов с деревянными и смешанными зданиями — 20 л/сек;
- в) для аэродромов — 30 л/сек.

Расчетной продолжительностью тушения пожара считается 3 часа.

Подача полного расчетного расхода воды на тушение пожара должна быть обеспечена при наибольшем расходе воды на другие нужды. При этом расход воды на поливку территории, мытье полов в производственных зданиях и мойку технического оборудования не должен учитываться, а расход воды на души должен приниматься в размере 15% от расчетного.

## § 2. РАСХОД ВОДЫ НА СПРИНКЛЕРНОЕ И ДРЕНЧЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

При наличии в зданиях, кроме внутренних пожарных кранов, спринклерного оборудования, питаемого непосредственно наружным водопроводом, расход воды на тушение пожара принимается:

- а) в течение первых 10 минут (до включения пожарных насосов) — не менее 15 л/сек, из них 10 л/сек на питание спринклеров и 5 л/сек на питание внутренних пожарных кранов;

б) в течение последующего часа — не менее 75 л/сек, из них 50 л/сек на питание спринклеров и 25 л/сек на питание гидрантов и внутренних кранов.

Расход воды на остальное время тушения пожара определяется согласно общим нормам.

Расход воды на дренчерные установки, питаемые непосредственно наружным водопроводом, учитывается только в том случае, если максимальный расход на дренчерные установки превышает 20% расчетного расхода воды через гидранты.

При наличии пенных установок, установок с лафетными стволами или установок для подачи распыленной воды принимается полный пожарный расход воды, потребный на эти установки, с добавлением к нему 25% расхода воды на тушение пожаров от гидрантов.

### § 3. РАСХОД ВОДЫ НА ВНУТРЕННЕЕ ПОЖАРОТУШЕНИЕ

Нормы расхода воды на внутреннее пожаротушение в производственных зданиях принимаются из расчета двух пожарных струй производительностью не менее 2,5 л/сек каждая.

Нормы расхода воды и число струй на внутреннее пожаротушение в жилых и общественных зданиях принимаются согласно табл. 3.

Таблица 3

**Нормы расхода воды и число струй на внутреннее пожаротушение в жилых и общественных зданиях**  
(согласно Н-102—54, табл. 18)

Характеристика зданий	Число струй	Расход воды на 1 струю в л/сек
Жилые здания высотой от 9 до 15 этажей, здания административно-хозяйственные, общежития, гостиницы, столовые, рестораны, учебные заведения, здания торгово-складские, коммунально-бытовые, лечебные, детские ясли и сады, бытовые помещения производственных зданий объемом до 25 000 м <sup>3</sup> . . .	1	2,5
Здания административно-хозяйственные, общежития, гостиницы, столовые, рестораны, учебные заведения, здания торгово-складские, коммунально-бытовые, детские сады и ясли, бытовые помещения производственных зданий объемом более 25 000 м <sup>3</sup> , кино-театры и клубы с числом мест до 300 включительно	2	2,5
Кинотеатры и клубы с числом мест более 300 . . . . .	2	5,0

### § 4. НОРМЫ НАПОРОВ ВОДЫ

Напоры воды, потребные для наружного пожаротушения, определяются в зависимости от принятой системы водопровода — высокого или низкого давления.

При водопроводе высокого давления напор, необходимый для тушения пожара непосредственно от гидранта, создается при возникновении пожара специально установленными стационарными насосами, включаемыми в работу не позже чем через 5 минут после подачи сигнала.

Напор, создаваемый стационарными пожарными насосами, должен обеспечить также работу внутренних пожарных кранов.

При водопроводах низкого давления необходимый для тушения пожара напор создается передвижными пожарными насосами (автонасосами или мотопомпами), подающими воду от гидрантов к месту пожара.

Свободный напор на поверхности земли у гидрантов в противопожарных водопроводах низкого давления во время тушения пожара при расходе воды на другие нужды должен быть не менее 10 м водяного столба.

Для населенных мест и промежуточных железнодорожных станций в отдельных, особо неблагоприятных точках, допускается снижение свободного напора до 7 м водяного столба.

Напор в противопожарных водопроводах высокого давления должен обеспечивать высоту компактной струи не менее 10 м при полном пожарном расходе воды и расположении ствола на уровне наивысшей точки самого высокого здания. При этом принимается в расчет, что вода подается по непрорезиненным пожарным рукавам длиной 100 м и диаметром 66 мм со sprыском диаметром 19 мм и при расчетном расходе каждой струи 5 л/сек.

Постоянный свободный напор у внутренних пожарных кранов должен обеспечивать получение компактной струи высотой, необходимой для обслуживания самой высокой и удаленной части здания, но не менее 6 м.

---

## ГЛАВА II

### ОСНОВЫ ГИДРАВЛИКИ

#### § 1. ГИДРАВЛИКА И ОБЛАСТЬ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ

Гидравлика — наука, изучающая условия и законы равновесия и движения жидкостей с целью использования этих законов для разрешения разнообразных практических вопросов, например, расчета трубопроводов, гидротехнических сооружений, гидравлических машин и многих других.

Гидравлика разделяется на две части: гидростатику и гидродинамику. *Гидростатика* рассматривает законы равновесия, а *гидродинамика* — законы движения жидкостей.

Гидравликой занимались ученые еще за много веков до нашей эры. Первые представления о гидравлике появились у древних народов Египта, Китая, Греции, Рима, а также народов, живших на территориях, ныне входящих в состав СССР. Несмотря на то, что исследования прошлых веков основывались исключительно на эмпирических данных, уже тогда в области гидравлики были достигнуты значительные результаты. Некоторые положения и законы гидравлики, открытые древними учеными, не потеряли значения до настоящего времени. Так, например, греческий ученый Архимед, живший с 287 до 212 г. до нашей эры, дал формулировку одного из основных и общеизвестных законов гидравлики, называемого его именем.

В средние века гидравлика не получила сколько-нибудь существенного развития и лишь в конце XVI и в XVII веке знания по гидравлике были углублены рядом ученых. Однако несмотря на достижения, имевшиеся в области гидравлики к концу XVII века, лишь в XVIII веке были разработаны теоретические основы этой науки. Основоположниками гидравлики, как самостоятельной науки, являются члены Петербургской академии наук Д. Бернулли и Л. Эйлер, сформулировавшие в середине XVIII века ряд основных законов гидравлики.

Выдающаяся роль в развитии гидравлики принадлежит великому русскому ученому М. В. Ломоносову. В книге „Первые основания металлургии или рудных дел“ Ломоносов дал сведения о строительстве плотин и водяных колес. Им изучалось также движение воды в лотках, подводящих воду к обогательным установкам на рудниках.



В XVIII—XIX веках в России было выпущено много трудов и учебников по гидравлике, двинувших вперед эту науку. Мировую известность получила работа выдающегося ученого Н. Е. Жуковского „О гидравлическом ударе в водопроводных трубах“. Н. Е. Жуковским написан также ряд других работ по гидравлике. В развитие теоретических и практических основ гидравлики внесли большой вклад русские ученые Н. П. Петров, Б. А. Бахметьев, Н. Н. Павловский и другие.

После Великой Октябрьской социалистической революции гидравлика в нашей стране получила большое развитие. Проектирование и строительство гидроэлектростанций, многочисленных плотин, водохранилищ и каналов вызвало необходимость интенсивной разработки ряда вопросов гидравлики. Благодаря неустанной заботе Коммунистической партии и Советского правительства о развитии науки в нашей стране советская гидравлика в настоящее время заняла ведущее место в мире.

## § 2. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ЖИДКОСТЕЙ

Основными физическими свойствами жидкостей являются удельный вес, объемный вес, плотность, вязкость и давление.

*Удельным весом* жидкости называется отношение веса данной жидкости определенного состояния к весу дистиллированной воды при температуре  $+4^{\circ}\text{C}$ .

Удельный вес дистиллированной воды при температуре  $+4^{\circ}\text{C}$  равен единице, при  $30^{\circ}\text{C}$  — 0,99576, при  $100^{\circ}\text{C}$  — 0,95865. Удельный вес льда равен 0,9175.

Практически вес пресной воды при температурах до  $+30^{\circ}\text{C}$  можно считать равным единице.

*Объемным весом* жидкости называется вес единицы ее объема

$$\gamma = \frac{\varphi}{w}, \quad (1)$$

где  $\gamma$  — объемный вес жидкости;

$\varphi$  — вес жидкости;

$w$  — объем жидкости.

Объемный вес измеряют в килограммах на кубический метр ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ), в килограммах или граммах на кубический сантиметр ( $\text{кг}/\text{см}^3$  или  $\text{г}/\text{см}^3$ ).

Для практических целей можно считать, что объемный вес пресной воды  $\gamma = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$  или  $0,001 \text{ кг}/\text{см}^3$ , или  $1 \text{ г}/\text{см}^3$ .

*Плотностью* называется масса жидкости, находящаяся в единице ее объема

$$\rho = \frac{m}{w}, \quad (2)$$

где  $\rho$  — плотность жидкости;

$m$  — масса жидкости;

$w$  — объем жидкости,



## Масса жидкости

$$m = \frac{\varphi}{g},$$

где  $\varphi$  — вес жидкости;

$g$  — ускорение силы тяжести.

Подставляя  $\frac{\varphi}{g}$  в формулу (2) вместо  $m$ , получим

$$\rho = \frac{\varphi}{gw}. \quad (3)$$

Подставляя  $\gamma$  в формулу (3) вместо  $\frac{\varphi}{w}$ , получим

$$\rho = \frac{\gamma}{g}. \quad (4)$$

Из формулы (4) видно, что размерность плотности равна размерности объемного веса  $[\text{кг}/\text{м}^3]$ , деленной на размерность ускорения  $[\text{м}/\text{сек}^2]$ , т. е.  $\left[\frac{\text{кг} \cdot \text{сек}^2}{\text{м}^4}\right]$ .

*Вязкостью жидкости* называется сопротивление, оказываемое взаимному продвижению смежных слоев жидкости, т. е. скольжению одного слоя жидкости по другому.

Вязкость зависит от рода жидкости и ее температуры и характеризуется *коэффициентом вязкости*  $\mu$ .

Вязкость проявляется только при движении жидкости и, очевидно, чем больше площадь соприкосновения слоев, тем больше сопротивление скольжению одного слоя по другому. Это сопротивление также тем больше, чем больше разность скоростей перемещения смежных слоев жидкости.

Так как в жидкости невозможно различить отдельные слои, то Ньютоном было введено понятие о бесконечно тонком слое.

Обозначим расстояние между осями смежных, бесконечно тонких слоев величиной  $dn$  (рис. 1), а разность скоростей этих слоев через  $dv$ . Тогда величина  $\frac{dv}{dn}$ , называемая *градиентом скорости*, будет характеризовать изменение скорости (при переходе от слоя к слою) на единицу длины расстояния между слоями. Размерность градиента скорости, очевидно, равна размерности скорости  $[\text{м}/\text{сек}]$ , деленной на длину  $[\text{м}]$ , т. е.  $\left[\frac{1}{\text{сек}}\right]$ .

Ньютон установил, что сила трения  $\tau$ , приходящаяся на единицу площади, пропорциональна градиенту скорости, т. е.

$$\tau = \mu \frac{dv}{dn}, \quad (5)$$

где  $\mu$  — динамический коэффициент вязкости, зависящий от рода жидкости и ее состояния.

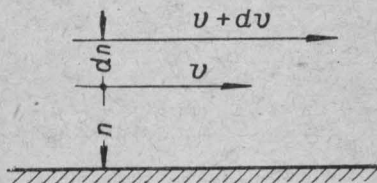


Рис. 1. Бесконечно тонкие слои жидкости

Сила трения  $\tau$  имеет размерность  $[кг/м^2]$ , а размерность  $\frac{dv}{dn}$  равна  $\left[\frac{1}{сек}\right]$ ; тогда размерность  $\mu$  равна  $\left[\frac{кг \cdot сек}{м^2}\right]$ .

В гидравлике чаще всего рассматривают не динамический коэффициент вязкости  $\mu$ , а его отношение к плотности  $\rho$ .

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}. \quad (6)$$

Величина  $\nu$  называется *кинематическим коэффициентом* вязкости. Его размерность равна размерности  $\mu$   $[кг \cdot сек/м^2]$ , деленной на размерность плотности  $\rho$   $\left[\frac{кг \cdot сек^2}{м^4}\right]$ , т. е.  $[м^2/сек]$ .

Кинематический коэффициент вязкости пресной воды для различных температур приведен в табл. 4.

Таблица 4

**Кинематический коэффициент вязкости пресной воды для различных температур**

Температура в °С	0	5	10	15	20	25	30
$\nu$ в $см^2/сек$	0,0179	0,0152	0,0131	0,0114	0,0101	0,0090	0,0081

---

Температура в °С	40	50	60	70	80	90	100
$\nu$ в $см^2/сек$	0,0066	0,0056	0,0048	0,0042	0,0037	0,0033	0,0029

При грубых подсчетах можно принимать для пресной воды  $\nu = 0,01 \text{ см}^2/сек$ .

На практике коэффициент вязкости определяют при помощи прибора, называемого вискозиметром. На этом приборе определяют время  $t$  истечения  $200 \text{ см}^3$  испытуемой жидкости при данной температуре, а также время  $t_b$  истечения из того же сосуда  $200 \text{ см}^3$  воды при  $20^\circ\text{C}$ .

Отношение  $\frac{t}{t_b}$  называют *условной вязкостью* и обозначают в градусах Энглера (°Е).

Для перехода от условной вязкости к кинематическому коэффициенту вязкости обычно применяют эмпирическую формулу:

$$\nu = \left(0,0731 E_t - \frac{0,0631}{E_t}\right) \text{ см}^2/сек.$$

Давление жидкости складывается из давления на ее свободную поверхность и избыточного давления. Избыточное давление равняется весу столба покоящейся на горизонтальной площадке

жидкости. Зная объем столба и вес единицы объема жидкости, легко определить давление, производимое ею на данную площадку.

Например (рис. 2), если горизонтальная площадка  $\omega$  погружена под свободную поверхность на глубину  $h$ , то избыточное давление жидкости  $p$  на эту площадку равно

$$p = \gamma \omega h, \quad (7)$$

где  $\gamma$  — вес единицы объема жидкости.

Если учитывается давление наружной атмосферы или если поверхность жидкости испытывает добавочное давление, то такое давление можно привести к давлению столба жидкости, своим

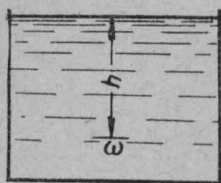


Рис. 2. Избыточное давление

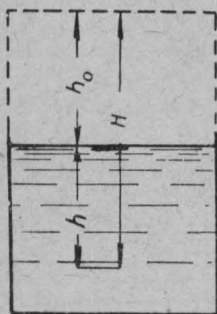


Рис. 3. Абсолютное давление

весом заменяющего это давление. Тогда общая высота действительного и условного столба жидкости будет равна

$$H = h + h_0,$$

где  $h$  — действительная глубина жидкости;

$h_0$  — условная высота столба той же жидкости, своим весом заменяющего давление на свободную ее поверхность (рис. 3).

Общее давление, испытываемое на горизонтальной площадке жидкости, называется *абсолютным давлением*; оно равно

$$P = \gamma \omega (h + h_0)$$

или

$$P = \gamma \omega h + \gamma \omega h_0. \quad (8)$$

Давление одной нормальной атмосферы равно давлению столба пресной воды (при температуре  $4^\circ\text{C}$ ) высотой 10,33 м или столба ртути высотой 0,76 м (760 мм).

Для упрощения вычислений введено понятие о технической атмосфере, равной давлению столба воды высотой 10 м, что будет равно давлению 1 кг на 1 см<sup>2</sup>.

Разность между абсолютным давлением и атмосферным (барометрическим) давлением называется *манометрическим давлением*.

Если в какой-нибудь точке жидкости абсолютное давление меньше атмосферного, то разность между атмосферным и абсолютным давлением называется *вакууметрическим давлением*.

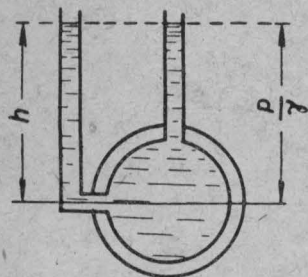


Рис. 4. Пьезометр

Абсолютное давление не может быть отрицательным, поэтому вакууметрическое давление не может быть больше давления одной атмосферы.

Для измерения давления ниже атмосферного служит *вакуумметр*, а больше атмосферного — *манометр*.

Манометрическое давление можно измерить также пьезометром. На рис. 4 показан обычный пьезометр в виде вертикальной стеклянной трубки, прикрепленной к трубопроводу и верхним своим концом сообщенной с наружной атмосферой.

Если площадь основания пьезометрической трубки обозначим через  $\omega$ , то избыточное давление столба жидкости в пьезометре будет равно  $\gamma\omega h$  (7). Это давление уравнивается давлением, которое оказывает на ту же площадь жидкость в трубопроводе. Обозначая избыточное давление жидкости на единицу площади основания пьезометра через  $p$ , получим давление в трубопроводе на площадь  $\omega$  равным  $p\omega$ . Следовательно,  $\gamma\omega h = p\omega$ , откуда

$$h = \frac{p}{\gamma}. \quad (9)$$

Высота  $h$  носит название пьезометрической высоты.

### § 3. ГИДРОСТАТИКА

#### Гидростатическое давление

Давление покоящейся жидкости на единицу площади соприкасающегося с ней тела называется *гидростатическим давлением*.

Если давление на площадь  $\omega$  равно  $P$ , то гидростатическое давление

$$p = \frac{P}{\omega}. \quad (10)$$

Гидростатическое давление обладает двумя основными свойствами. Первое свойство: гидростатическое давление в данной точке направлено нормально к той поверхности, с которой жидкость соприкасается. Второе свойство: гидростатическое да-



вление в любой точке жидкости по всем направлениям одинаково (закон Паскаля).

Первое свойство легко обнаружить, рассуждая от противного, т. е. предполагая, что гидростатическое давление жидкости направлено под острым углом  $\alpha$  к площадке, на которую жидкость давит (рис. 5).

При наклонном действии силы ее можно разделить на две составляющие: одну нормальную к площадке и другую к ней касательную. Если бы касательная сила не равнялась нулю, то жидкость потекла бы по площадке, что противоречит условию покоя жидкости. Следовательно, *покоящаяся жидкость оказывает давление, нормальное к поверхности, с которой жидкость соприкасается.*

Второе свойство известно в физике под названием закона Паскаля.

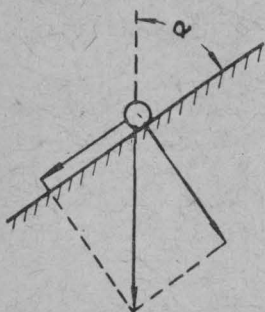


Рис. 5. Гидростатическое давление на поверхности

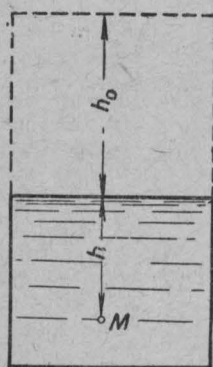


Рис. 6. Гидростатическое давление внутри жидкости

Выделим в жидкости любую точку  $M$  (рис. 6) и рассмотрим, какие силы на нее действуют. Очевидно, что на точку  $M$  действует гидростатическое давление, равное гидростатическому давлению столба жидкости, находящегося выше данной точки, и гидростатическому давлению на свободную поверхность. Воспринимая это давление, жидкость в данной точке находится в покое, а отсюда следует, что это давление она передает во все стороны с одинаковой силой, в противном случае частица жидкости двигалась бы в сторону направления большей силы. Если взять несколько любых точек в жидкости и из гидростатических давлений, которые они воспринимают, вычесть соответствующие гидростатические давления столбов жидкости, которые на них действуют, получим во всех случаях постоянную величину, равную давлению на свободную поверхность жидкости. Таким образом *давление, приложенное к свободной поверхности, передается во все точки жидкости одинаково.*



## Основное уравнение гидростатики

Выделим в жидкости какую-либо площадку  $\omega$  на глубине  $h$  под поверхностью жидкости (см. рис. 3). Эта площадка сверху нагружена столбом жидкости высотой  $h + h_0$ , где  $h_0$  — высота столба жидкости, соответствующая наружному давлению на свободную ее поверхность.

Из § 2 известно, что давление на площадку  $\omega$  равно  $P = \gamma \omega (h + h_0)$ , где  $\gamma$  — вес единицы объема жидкости. Переходя к гидростатическому давлению в точке, получим

$$p = \frac{P}{\omega} = \gamma h + \gamma h_0 = \gamma h + p_0,$$

где  $p_0$  — давление на единицу площади свободной поверхности жидкости.

Уравнение

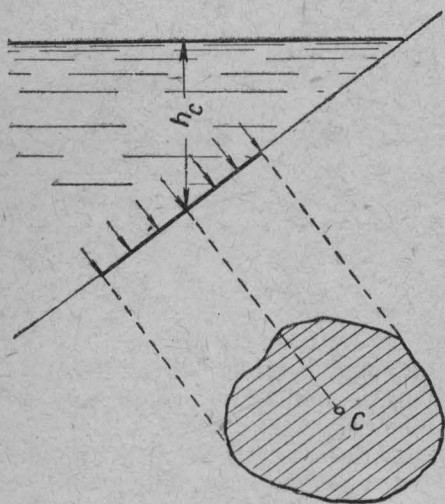
$$p = p_0 + \gamma h \quad (11)$$

называется *основным уравнением гидростатики*.

## Сила давления жидкости на поверхность

Сила давления жидкости на плоскую площадку, наклоненную под любым углом к горизонту и ограниченную произвольным контуром, равна произведению площади данной площадки на величину гидростатического давления в центре тяжести этой площадки:

$$P = (p_0 + \gamma h_c) \omega.$$



Избыточное давление на данную площадку (рис. 7)

$$P = \gamma h_c \omega. \quad (12)$$

**Давление на горизонтальное дно сосуда.** При горизонтальном расположении дна сосуда гидростатическое давление в центре тяжести площадки дна  $\gamma h_c$  будет равно  $\gamma H$ , где  $H$  — глубина погружения дна под свободной поверхностью жидкости. Отсюда сила давления на дно сосуда

$$P = \gamma H \omega. \quad (13)$$

Следовательно, сила давления жидкости на дно сосуда зависит только от объемного

Рис. 7. Избыточное давление на площадку ( $C$  — центр тяжести площадки)

веса жидкости, глубины погружения дна под свободной поверхностью и от площади дна. Поэтому в сосудах различной формы, но с одинаковой площадью дна  $\omega$ , наполненных жидкостью на одну и ту же высоту  $H$ , жидкость давит на дно с одинаковой силой (рис. 8).

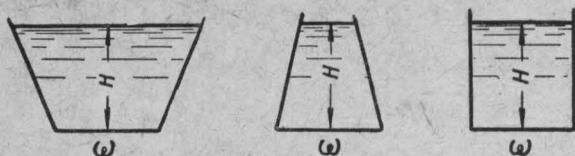


Рис. 8. Давление жидкости на дно сосудов различной формы

*Давление жидкости на плоскую прямоугольную стенку.* Рассмотрим вертикальную прямоугольную стенку шириной  $b$  (рис. 9), слева от которой находится жидкость. Глубина жидкости —  $H$ , объемный вес —  $\gamma$ .

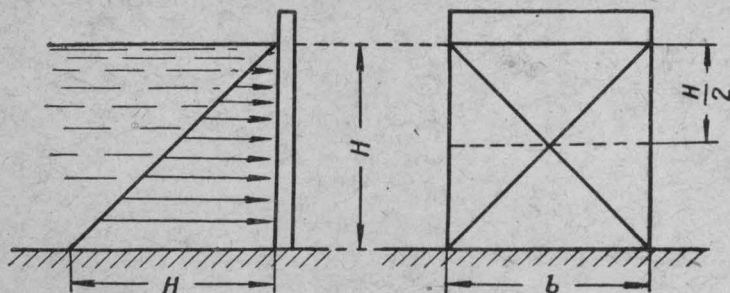


Рис. 9. Давление жидкости на плоскую прямоугольную стенку

Принимая формулу (12) для вычисления давления  $P = \gamma h_c \omega$  и подставляя в нее  $\gamma h_c = \gamma \frac{H}{2}$  и  $\omega = bH$ , получим

$$P = \frac{\gamma b H^2}{2}. \quad (14)$$

### Гидравлический пресс

Гидравлический пресс имеет своим назначением увеличение сжимающей силы.

На рис. 10 изображены сообщающиеся сосуды, заполненные однородной жидкостью. Уровни свободных поверхностей находятся на линии  $O-O$ . На этих поверхностях расположены два поршня.

К поршню  $\omega_1$ , меньшему по площади, приложена сила  $P_1$ , которая создает гидростатическое давление на уровне  $O-O$ ,

равное  $p_1 = \frac{P_1}{\omega_1}$ . Согласно закону Паскаля гидростатическое давление на уровне второго поршня  $\omega_2$  будет такое же, т. е.

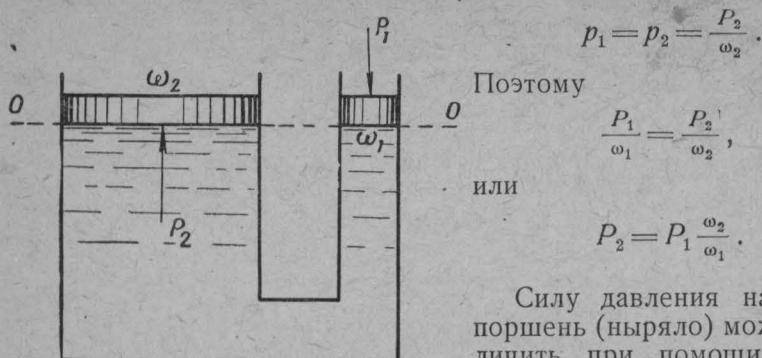


Рис. 10. Схема гидравлического пресса

Это давление возрастает до величины  $P_1 \left( \frac{a+b}{b} \right)$ . Тогда сила давления на большой поршень будет равна

$$P_2 = P_1 \frac{a+b}{b} \cdot \frac{\omega_2}{\omega_1}.$$

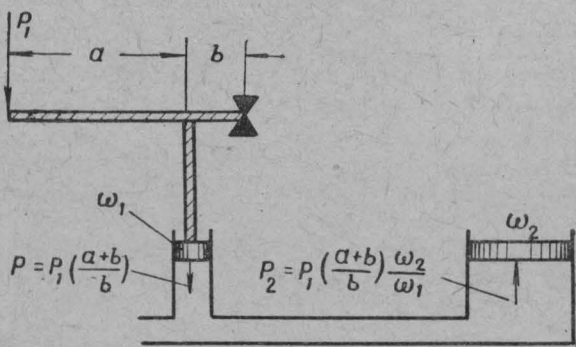


Рис. 11. Схема гидравлического пресса с рычагом

Величина отношения площадей поршня и ныряла называется *передаточным числом*.

Величина  $P_1 \frac{a+b}{b} \cdot \frac{\omega_2}{\omega_1}$  теоретически является сжимающей силой. В действительности сила, действующая на поршень, менее расчетной, так как часть силы, опускающей ныряло и поднимающей поршень, будет израсходована на преодоление трения.

Коэффициент полезного действия гидравлического пресса можно примерно считать равным 0,75—0,80.

Таким образом, рабочее усилие, действующее на поршень гидравлического пресса, может быть определено по формуле

$$P_2 = \eta \frac{P_1(a+b)D^2}{bd^2}, \quad (16)$$

где  $D$  — диаметр поршня;  
 $d$  — диаметр ныряла;  
 $\eta$  — коэффициент полезного действия.

#### § 4. ГИДРОДИНАМИКА

##### Движение установившееся и неустановившееся

Движение жидкости может быть установившимся и неустановившимся. Для уяснения этих понятий рассмотрим следующие примеры.

Жидкость вытекает из отверстия, сделанного в стенке резервуара, наполненного жидкостью.

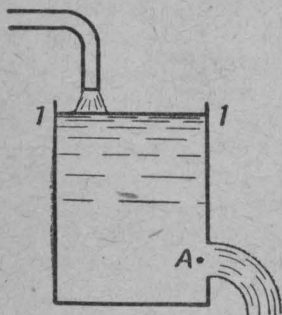


Рис. 12. Установившееся движение жидкости

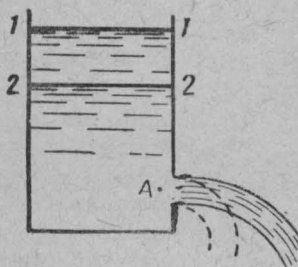


Рис. 13. Неустановившееся движение жидкости

В первом случае (рис. 12) уровень  $1-1$  поддерживается постоянным. Здесь жидкость вытекает с одной и той же скоростью, струя занимает вполне определенное положение и давление в какой-нибудь точке  $A$  жидкости не меняется. Такое движение жидкости называется *установившимся*.

Во втором случае (рис. 13) уровень в сосуде изменяется, все время опускаясь, причем скорость вытекания уменьшается, струя жидкости изменяется и давление в какой-нибудь точке  $A$  тоже меняется. Движение в этом случае называется *неустановившимся*.

Итак, *установившимся движением* называется такое, при котором скорость и давление в любой точке жидкости не меняются с течением времени. *Неустановившимся движением* называется такое, при котором скорость и давление меняются с течением времени.



## Элементы потока

*Живым сечением потока называется заключенная внутри потока часть поверхности, проведенной нормально направлению струй.*

На рис. 14 изображены живые сечения трубы *а*, канала *б*, прямоугольного лотка *в* и реки *г*.

Живое сечение ограничено стенками, заключающими поток, причем в зависимости от характера движения это ограничение

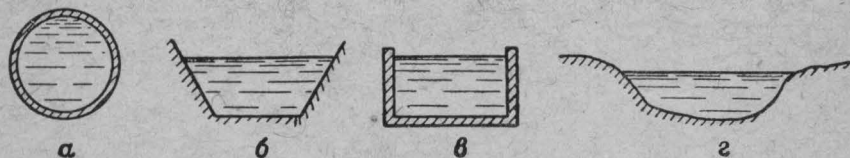


Рис. 14. Формы живых сечений

может быть полным и частичным. Если ограничение полное (рис. 14, *а*), то периметр живого сечения касается всеми своими точками стенок, ограничивающих поток. В этом случае движение жидкости называется *напорным движением*.

В *безнапорном движении* поток имеет свободную поверхность. Примером безнапорного движения служит, например, движение сточных вод в канализации (рис. 15), движение воды в реках и каналах (рис. 14, *б*, *в*, *г*). Та часть периметра живого сечения, которая касается стенок, ограничивающих поток, называется *смоченным периметром*. Смоченный периметр обозначается буквой  $\chi$ . Отношение площади живого сечения  $\omega$  к смоченному периметру называется *гидравлическим радиусом*.



Рис. 15. Безнапорное движение жидкости

$$R = \frac{\omega}{\chi}. \quad (17)$$

Размерность гидравлического радиуса — линейная [*м*]. Гидравлический радиус для круглого живого сечения (трубы) равен

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{\frac{\pi D^2}{4}}{\pi D} = \frac{D}{4}. \quad (18)$$

## Расход и средняя скорость

*Расходом жидкости* называется количество жидкости, которое в единицу времени протекает через данное живое сечение:

$$Q = \frac{w}{t}, \quad (19)$$



где  $Q$  — расход жидкости;

$\omega$  — объем жидкости, поступившей за время  $t$ .

Размерность расхода  $[м^3/сек]$ ,  $[л/сек]$  и т. п.

Отношение расхода к площади живого сечения потока называется *средней скоростью потока* и обозначается  $v_{ср}$ .

$$v_{ср} = \frac{Q}{\omega}. \quad (20)$$

Отсюда

$$Q = \omega v_{ср}. \quad (21)$$

Для круглого сечения

$$\omega = \frac{\pi D^2}{4}.$$

Тогда

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} v \quad (22)$$

или

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2}. \quad (23)$$

### Движение равномерное и неравномерное

Движение жидкости называется *равномерным*, если выполнены следующие два условия: 1) все живые сечения по всей длине данного участка потока совершенно одинаковые; 2) расход во всех живых сечениях одинаков.

Если хотя бы одно из этих условий не выполнено, движение называется *неравномерным*.

Примером равномерного движения может служить движение воды в трубах постоянного диаметра или движение воды в канале с одинаковыми по всей длине живыми сечениями.

### Удельная энергия

Удельной энергией называется энергия, отнесенная к единице веса. Обозначая энергию через  $E$ , вес через  $\varphi$ , удельную энергию через  $e$ , получим

$$e = \frac{E}{\varphi}. \quad (24)$$

Размерность удельной энергии —  $[м]$ .

Энергия жидкости разделяется на энергию положения, энергию давления и кинетическую энергию.

Подсчитаем удельную энергию для частицы жидкости.

*Удельная энергия положения.* Рассмотрим сосуд, наполненный жидкостью (рис. 16), и определим энергию положения жидкой частицы в точке  $A$  с координатой  $Z$ . Если вес частицы  $\varphi$ ,

то ее энергия положения (над плоскостью  $X$ ) будет  $E_{\text{пол}} = \varphi Z$ , а удельная энергия положения

$$e_{\text{пол}} = \frac{E_{\text{пол}}}{\varphi} = \frac{\varphi Z}{\varphi},$$

т. е.

$$e_{\text{пол}} = Z. \quad (25)$$

Удельная энергия положения равна геометрической высоте точки над координатной плоскостью.

*Удельная энергия давления.* Частица жидкости  $A$  (рис. 16) находится под давлением окружающей жидкости, поэтому, если

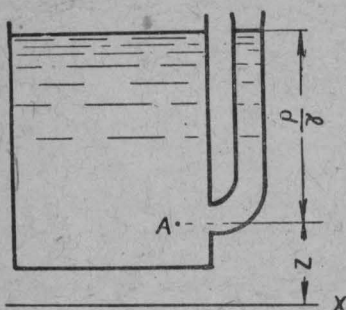


Рис. 16. Энергия положения и давления жидкости

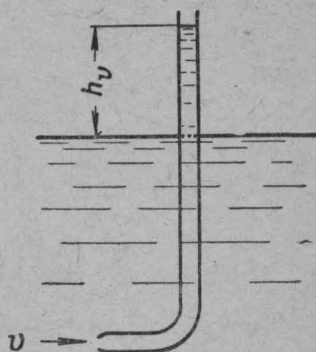


Рис. 17. Кинетическая энергия движущейся жидкости

до этой точки опустить пьезометр, то частица может в нем подняться на высоту  $\frac{p}{\gamma}$  [см. формулу (9)]. Следовательно, энергия давления

$$E_{\text{дав}} = \varphi \frac{p}{\gamma},$$

а удельная энергия давления

$$e_{\text{дав}} = \frac{E_{\text{дав}}}{\varphi} = \frac{\varphi \frac{p}{\gamma}}{\varphi}.$$

Отсюда

$$e_{\text{дав}} = \frac{p}{\gamma}. \quad (26)$$

Удельная энергия давления равна пьезометрической высоте.

Сумма удельной энергии положения и удельной энергии давления называется *удельной потенциальной энергией* и равна

$$Z + \frac{p}{\gamma}.$$

**Удельная кинетическая энергия.** Опустим в движущуюся жидкость (рис. 17) трубку, изогнутую в направлении, противоположном движению. Тогда уровень неподвижной жидкости в вертикальной части трубки должен подняться выше уровня свободной поверхности потока, так как движущиеся с некоторой скоростью  $v$  частицы жидкости будут оказывать дополнительное давление, для уравнивания которого жидкость в вертикальной части трубки должна подняться выше свободной поверхности потока на некоторую высоту  $h_v$ , называемую *скоростным напором*. А так как высота подъема жидкости в трубке равна удельной энергии, то высота  $h_v$ , обязанная своим происхождением движению жидкости, должна являться *удельной кинетической энергией* движения жидкости. Таким образом, удельная кинетическая энергия равна скоростному напору.

Кинетическая энергия

$$E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2},$$

где  $v$  — скорость;

$m$  — масса.

Отсюда удельная кинетическая энергия:

$$e_{\text{кин}} = \frac{E_{\text{кин}}}{\varphi} = \frac{mv^2}{2\varphi}.$$

Но так как  $\varphi = mg$ , то

$$e_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2mg},$$

т. е.

$$e_{\text{кин}} = \frac{v^2}{2g}. \quad (27)$$

Скоростной напор, следовательно, равен

$$h_v = \frac{v^2}{2g}. \quad (28)$$

### Уравнение неразрывности

Возьмем поток жидкости и рассмотрим его части между двумя живыми сечениями 1 и 2 (рис. 18). За единицу времени через живое сечение 1 вытекает в рассматриваемую часть 1—2 количество жидкости

$$Q_1 = v_1 \omega_1,$$

где  $\omega_1$  — площадь живого сечения 1;

$v_1$  — средняя скорость в том же сечении.

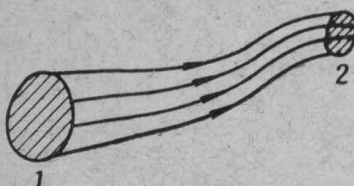
Через живое сечение 2 за это же время вытекает количество жидкости

$$Q_2 = v_2 \omega_2,$$

где  $\omega_2$  — площадь живого сечения 2;

$v_2$  — средняя скорость в том же сечении.

Если движение установившееся, то форма части 1—2 с течением времени не меняется, а количество вытекающей жидкости  $Q_1$  должно равняться количеству вытекающей жидкости  $Q_2$ . Отсюда



$$v_1 \omega_1 = v_2 \omega_2. \quad (29)$$

Это уравнение называется *уравнением неразрывности*.

Из этого уравнения можно написать

Рис. 18. Неразрывный поток жидкости

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1},$$

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

Таким образом, в одном и том же потоке с увеличением живого сечения скорость уменьшается и, наоборот, с уменьшением живого сечения скорость увеличивается.

### Уравнение Бернулли при установившемся движении жидкости

Частицы жидкости (рис. 19) движутся от сечения 1—1 в сечение 2—2. Подсчитаем удельную энергию, которой они обладают в сечениях 1—1 и 2—2.

В сечении 1—1:

$Z_1$  — удельная энергия положения;

$\frac{p_1}{\gamma}$  — удельная энергия давления;

$\frac{v_1^2}{2g}$  — удельная кинетическая энергия.

В сечении 2—2:

$Z_2$  — удельная энергия положения;

$\frac{p_2}{\gamma}$  — удельная энергия давления;

$\frac{v_2^2}{2g}$  — удельная кинетическая энергия.

Полная удельная энергия частиц жидкости в сечении 1—1 равна

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g}, \quad (30)$$

а в сечении 2—2

$$Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}. \quad (31)$$

Величина (30) больше величины (31), так как на пути между сечениями 1—1 и 2—2 часть энергии израсходуется на преодоление различных сопротивлений,

Обозначим потерю удельной энергии на сопротивление или, как ее называют, потерю напора, через  $h$ . Тогда можно написать

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h. \quad (32)$$

Полученное уравнение называется *уравнением энергии* или *уравнением Бернулли*. Все члены уравнения имеют размерность длины [м]. Уравнение Бернулли представляет аналитически выраженный закон сохранения энергии; оно легло в основу гидродинамики, изучающей законы движений жидкостей.



Рис. 19. Полная удельная энергия частиц жидкости

Линия, показывающая изменение удельной потенциальной энергии  $(Z + \frac{p}{\gamma})$ , называется *пьезометрической*, а линия, показывающая изменение полной удельной энергии, называется *линией энергии*.

Эти линии в общем случае будут кривыми, а в частном случае — прямыми (рис. 20).

Падение линии энергии на единицу длины потока называется *гидравлическим уклоном* и обозначается  $i$ , а падение пьезометрической линии по длине потока называется *пьезометрическим уклоном* и обозначается  $i_p$ .

При равномерном движении гидравлический уклон равен

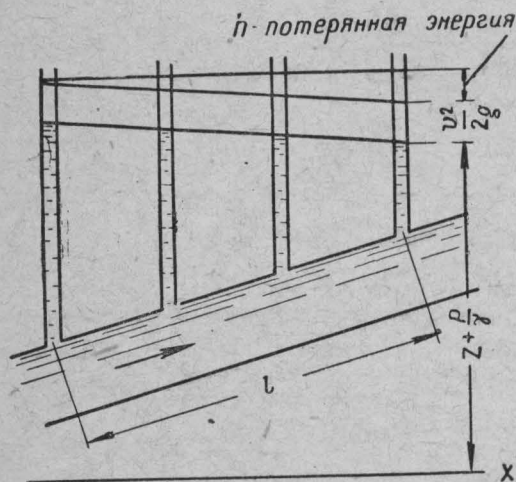


Рис. 20. Полная удельная энергия в прямолинейном потоке

$$i = \frac{\left(Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g}\right) - \left(Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}\right)}{l}. \quad (33)$$



Но так как

$$\left(Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g}\right) - \left(Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}\right) = h, \quad (34)$$

то

$$i = \frac{h}{l}, \quad (35)$$

где  $h$  — потеря напора по длине  $l$ .

### Принцип Вентури

По горизонтальной трубе переменного диаметра (рис. 21) движется жидкость. Обозначим площади живых сечений 1—1 и 2—2 трубы соответственно  $\omega_1$  и  $\omega_2$ , средние скорости  $v_1$  и  $v_2$ ,

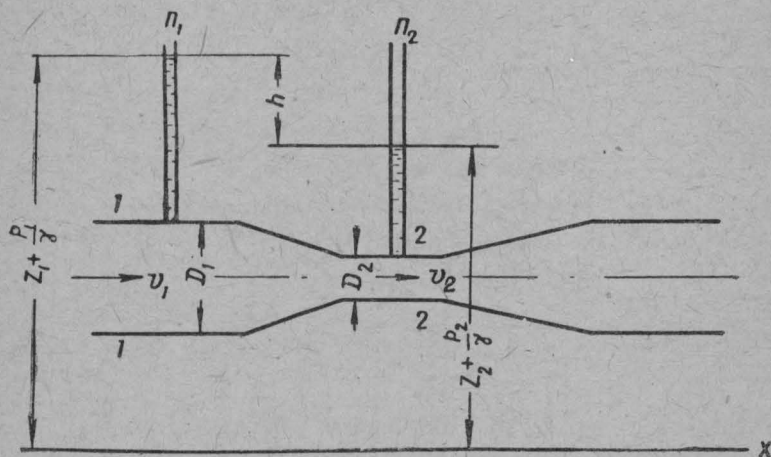


Рис. 21. Принцип Вентури

давления  $p_1$  и  $p_2$  и координаты центров тяжести этих сечений  $Z_1$  и  $Z_2$  (причем  $Z_1 = Z_2$ ).

Применим к сечениям уравнение неразрывности (29).

Тогда

$$v_1 \omega_1 = v_2 \omega_2 \quad \text{и} \quad Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}.$$

(Потерями энергии  $h$  на участке от сечения 1—1 до сечения 2—2 для простоты пренебрежем.)

Так как  $Z_1 = Z_2$ , получим

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}, \quad (36)$$

На основании уравнения неразрывности, если  $\omega_1 > \omega_2$ , получим  $v_1 < v_2$ , а следовательно, и  $\frac{v_1^2}{2g} < \frac{v_2^2}{2g}$ , но тогда из уравнения (36) следует

$$p_1 > p_2,$$

т. е. при уменьшении площади живого сечения давление уменьшается, а при увеличении — увеличивается.

Высказанное положение носит название *принципа Вентури*.

### Два режима движения жидкости

При движении жидкости наблюдаются два режима: *ламинарный*, при котором жидкость движется слоями, не перемешиваясь, и *турбулентный*, при котором частицы жидкости имеют сложные перемещения.

Режим движения жидкости можно наблюдать в стеклянной трубке (рис. 22 и 23). Питание трубки производится из сосуда



Рис. 22. Ламинарный режим

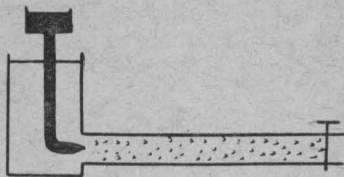


Рис. 23. Турбулентный режим

и регулируется краном. Для наблюдения за характером движения жидкости в центр входного отверстия вводится по тонкой трубке краска такого же удельного веса, как и движущаяся жидкость. При малых скоростях краска, поступая в поток жидкости, двигающейся в трубке, продолжает двигаться струйкой, не перемешиваясь с остальной жидкостью, что указывает на наличие ламинарного режима.

При больших скоростях краска, поступая в трубку, перемешивается со всей жидкостью, что указывает на наличие турбулентного режима.

На практике ламинарный режим движения жидкости встречается редко: при очень небольших скоростях (движение грунтовых вод) или при движении очень вязкой жидкости. В большинстве случаев наблюдается турбулентный режим движения жидкости, например, при движении воды в трубах, каналах и реках.

Опытом установлено, что мерилom режима движения жидкости является выражение

$$\frac{vR}{\nu},$$

где  $v$  — средняя скорость движения;

$R$  — гидравлический радиус;

$\nu$  — кинематический коэффициент вязкости.

Если  $\frac{vR}{\nu} < 500$ , то режим ламинарный, если же  $\frac{vR}{\nu} > 500$ , то режим турбулентный.

Выражение  $\frac{vR}{\nu}$  — безразмерное.

## Основное уравнение равномерного движения жидкости

При равномерном движении жидкости величины живого сечения, расхода и средней скорости одинаковы на всем протяжении данного потока. Для вывода уравнения рассмотрим движение жидкости по наклонному руслу (рис. 24) из сечения I в сечение II.

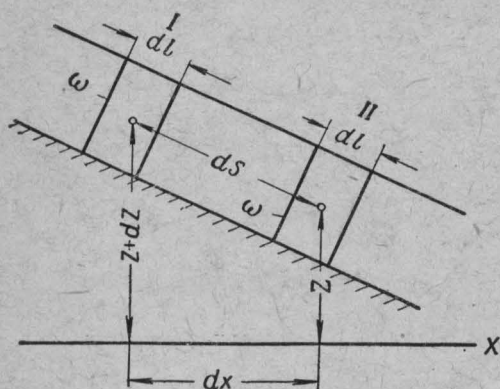


Рис. 24. Движение жидкости по наклонному руслу

Равномерность движения жидкости по наклонному руслу может осуществляться только в случае, когда работа сил сопротивления перемещению рассматриваемого объема жидкости из одного положения в другое равна работе силы тяжести этого объема, опускающегося на некоторую высоту  $dZ$ . В противном случае жидкость получила бы ускорение своего течения или замедление.

Пусть объем жидкости, перемещаемой из сечения I в сечение II, имеет элементарный размер  $\omega dl$ , где  $\omega$  — площадь живого сечения русла,  $dl$  — элемент по длине русла. При перемещении объема жидкости на расстояние  $ds$  центр ее тяжести опустится на величину  $dZ$ . Работа силы тяжести будет равна  $\gamma \omega dl \cdot dZ$ , где  $\gamma$  — вес единицы объема жидкости.

Сопротивление течению жидкости, отнесенное к единице площади смачиваемой поверхности, обозначим буквой  $\tau$ , а смачиваемый периметр — буквой  $\chi$ .

Работа сил сопротивления при перемещении рассматриваемого объема жидкости будет равна  $\tau \chi dl \cdot ds$ . Равенство двух работ выразится так:

$$\gamma \omega dl \cdot dZ = \tau \chi dl \cdot ds. \quad (37)$$

Отсюда

$$\frac{dZ}{ds} = i = \frac{\tau}{\gamma} \frac{\chi}{\omega}.$$

Но так как  $\frac{\chi}{\omega} = \frac{1}{R}$ , то, следовательно,  $i = \frac{\tau}{\gamma R}$ . Отсюда получаем основное уравнение равномерного движения:

$$\frac{\tau}{\gamma} = Ri, \quad (38)$$

или

$$i = \frac{\tau}{\gamma R}. \quad (39)$$

Следовательно, гидравлический уклон  $i$  прямо пропорционален касательному напряжению у стенок русла  $\tau$ .

На основании опытов, при турбулентном режиме с достаточной точностью для практики можно считать, что  $\frac{\tau}{\gamma}$  в формуле (38) прямо пропорционально квадрату средней скорости  $v$ , т. е.

$$\frac{\tau}{\gamma} = bv^2,$$

где  $b$  — коэффициент сопротивления русла.

Подставляя в уравнение  $\frac{\tau}{\gamma} = Ri$  значение величины  $\frac{\tau}{\gamma} = bv^2$ , получим

$$bv^2 = Ri \text{ или } i = \frac{bv^2}{R}.$$

Следовательно,

$$v = \sqrt{\frac{1}{b} Ri} = \sqrt{\frac{1}{b}} \sqrt{Ri}.$$

Обозначим  $\sqrt{\frac{1}{b}} = c$ , тогда

$$v = c \sqrt{Ri}. \quad (40)$$

Эта формула называется *формулой Шези*. Опытами установлено, что коэффициент  $c$  является функцией гидравлического радиуса, шероховатости стенок русла и вязкости жидкости.

Для определения коэффициента  $c$  академиком Н. Н. Павловским предложена формула, имеющая вид

$$c = \frac{R^{\frac{1}{2}}}{n}, \quad (41)$$

где  $R$  — гидравлический радиус;  
 $n$  — коэффициент шероховатости;

$$\psi = 2,5 \sqrt{n} + 0,13 - 0,75 \sqrt{R} (\sqrt{n} - 0,10). \quad (42)$$

Значения коэффициента шероховатости приведены в табл. 5.



## Коэффициент шероховатости для различных поверхностей

Характер поверхности	$n$
Струганные доски; штукатурка из чистого цемента; стальные, латунные, медные и свинцовые трубки . . . . .	0,010
Цементная штукатурка ( $\frac{1}{3}$ песка); деревянные, бетонные, железобетонные и новые чугунные водопроводные трубы . .	0,011
Неструганные доски; хорошая бетонировка; стальные и чугунные водопроводные трубы, бывшие в употреблении . .	0,012
Тесовая кладка; хорошая кирпичная кладка; клепаные стальные трубы; канализационные трубы . . . . .	0,013
Средняя бетонировка каналов; загрязненные канализационные трубы . . . . .	0,014
Средняя кирпичная кладка; облицовка из тесаного камня	0,015
Хорошая бутовая кладка; старая кирпичная кладка; грубая бетонировка; гладкая скала . . . . .	0,017
Каналы, покрытые толстым, устойчивым илистым слоем; каналы в плотном лёссе и плотном мелком гравии . . . . .	0,018
Грубая бутовая кладка; бульжная мостовая; каналы в скале, лёссе, плотном гравии, плотной земле, затянутые илистой пленкой . . . . .	0,020
Земляные каналы в хороших условиях содержания; хорошая сухая кладка . . . . .	0,025
Земляные каналы в плохих условиях . . . . .	0,030
Земляные каналы в очень плохих условиях . . . . .	0,040

## § 5. ДВИЖЕНИЕ ВОДЫ ПО НАПОРНОМУ ТРУБОПРОВОДУ

## Общая задача гидравлического расчета трубопроводов

Гидравлический расчет трубопровода заключается в определении одной из трех величин — расхода  $Q$ , напора  $H$ , внутреннего диаметра трубопровода  $D$  — при известных двух других величинах.

Например, зная манометрическое давление насоса  $H$  и требуемую высоту подачи воды  $H_p$ , можно определить наибольшее количество воды, которое может быть пропущено по трубе диаметром  $D$ , длиной  $l$ . Или, зная расход  $Q$ , высоту подачи воды  $H_p$ , длину и диаметр трубы  $l$  и  $D$ , можно определить высоту водонапорной башни  $H$ .

Наконец, зная расход  $Q$ , величину напора  $H$  и высоту подачи воды  $H_p$ , а также расстояние между напорной башней и пунктом потребления воды  $l$ , можно определить диаметр трубопровода  $D$ .

Для решения всех этих задач можно воспользоваться уравнением Бернулли:

$$\frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} + Z + h = H, \quad (43)$$

где  $\frac{v^2}{2g}$  — скоростной напор;

$\frac{p}{\gamma} = H_p$  — высота подачи воды в данном пункте (пьезометрическая высота);

$Z$  — возвышение этого пункта над местом расположения водонапорной башни (геодезическая высота);

$h$  — полная потеря напора на всем протяжении от начала течения потока до рассматриваемого сечения;

$H$  — напор начальной точки течения или полный запас удельной энергии.

Для решения уравнения Бернулли относительно одной из неизвестных величин необходимо вычислить величину потери напора. Тогда, решив уравнение, например, относительно  $v$ , можно найти

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} v.$$

Таким образом, для расчета трубопровода прежде всего надо знать величину потери напора в нем.

Имеются два вида потерь напора:

1) потери напора по длине трубопровода;

2) потери напора на местные сопротивления, которые встречаются потоку жидкости на его пути (например, сопротивления в задвижках, клапанах, фасонных частях трубопровода и др.).

Потери напора на местные сопротивления обычно учитываются только при коротких трубопроводах и в тех случаях, когда необходим точный учет потерь напора (например, при определении напора во всасывающих трубопроводах насосов).

При длинных участках трубопроводов, например, в наружных и внутренних водопроводных сетях, потери напора на местные сопротивления в отдельности не высчитываются и определяются в виде процентной надбавки к потерям напора по длине трубопроводов.

Практически потери напора на местные сопротивления в зависимости от длины трубопровода составляют 5—10% потерь напора по длине трубопровода для наружного водопровода, от 5 до 15% для внутреннего; при этом меньшие значения применяются для трубопроводов большей длины, а большие — для малых длин.

### Потери напора по длине трубопровода

Потери напора по длине трубопровода определяются обычно по формуле, имеющей вид

$$h_l = \frac{\lambda}{D} \frac{v^2}{2g} l,$$

где  $\lambda$  — коэффициент трения, зависящий от материала труб;

$D$  — диаметр труб;

$\frac{v^2}{g}$  — скоростной напор ( $v$  — средняя скорость движения воды в трубопроводе;  $g$  — ускорение силы тяжести;  $g = 9,81 \text{ м/сек}^2$ ).

Удельная потеря напора на единицу длины (гидравлический уклон) равна

$$i = \frac{h_l}{l} = \frac{\lambda}{D} \frac{v^2}{2g}. \quad (44)$$

Обычно в практических расчетах потери напора определяются не по скорости, а по расходу воды.

Заменим в формуле (44) скорость  $v$  соответствующим ей значением:

$$v_{\text{ср}} = \frac{Q}{\omega}. \quad (20)$$

Для труб площадь поперечного сечения

$$\omega = \frac{\pi D^2}{4}.$$

Подставив в формулу (44) эти выражения, получим

$$i = \frac{16\lambda}{\pi^2 2g} \cdot \frac{Q^2}{D^5}$$

или

$$i = \frac{8\lambda}{\pi^2 g} \frac{Q^2}{D^5}. \quad (45)$$

Введя обозначение  $K = \frac{8\lambda}{\pi^2 g}$ , получим

$$i = K \frac{Q^2}{D^5}. \quad (46)$$

Формула (46) показывает, что потери напора обратно пропорциональны диаметру трубопровода в пятой степени и прямо пропорциональны расходу в квадрате.

Отсюда следует, что сравнительно небольшое изменение диаметра (например, из-за отложения осадка) значительно отражается на величине потерь напора.

Для расчета трубопроводов имеется ряд эмпирических формул. Наибольшее распространение в СССР получила формула академика Н. Н. Павловского, по которой

$$c = \frac{R^\psi}{n}, \quad (41)$$

$$v = \frac{R^\psi}{n} V \overline{Ri}, \quad (40, 41)$$

где  $n$  — коэффициент шероховатости (зависящий от характера внутренней поверхности трубы);

$R$  — гидравлический радиус трубы.

Показатель  $\psi$  по Павловскому есть величина переменная, зависящая от  $n$  и  $R$  (в этом преимущество формулы Павловского перед другими формулами, например, Маннинга, где  $\psi$  — постоянная величина).

$$\psi = 2,5 \sqrt{n} - 0,13 - 0,75 \sqrt{R} (\sqrt{n} - 0,10).$$

Формула Павловского охватывает большой диапазон диаметров труб. Автор ее считает возможным применение для практических расчетов упрощенной формулы, по которой

$$\psi = 1,5 \sqrt{n}, \text{ если } R < 1 \text{ м и } \psi = 1,3 \sqrt{n}, \text{ если } R > 1 \text{ м.}$$

Если в формуле академика Павловского принять показатель  $\psi$  постоянным и равным  $\psi = \frac{1}{6}$  и подставить в нее значение остальных величин, исходя из того, что:

а) расход воды  $R = \omega v$ ;

б) гидравлический радиус для труб  $R = \frac{D}{4}$ ;

в) площадь поперечного сечения трубы  $\omega = \frac{\pi D^2}{4}$ , то формула примет вид

$$\frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{1}{n} \cdot \frac{D}{4} \cdot \frac{1}{6} + \frac{1}{2} i^{\frac{1}{2}}.$$

Отсюда после преобразования получим

$$i = 10,293 \frac{n^2}{D^{5,33}} Q^2. \quad (47)$$

Эту формулу обычно называют формулой Маннинга. Если величину  $10,293 \frac{n^2}{D^{5,33}}$  обозначить буквой  $A$ , то получим

$$i = A Q^2, \quad (48)$$

где  $A$  — удельное сопротивление, зависящее от шероховатости и диаметра трубы.

Значения коэффициента шероховатости, необходимые для подсчета величины  $A$ , приведены в табл. 5.

Величина  $A$  обычно берется из таблиц, составленных предварительно для ходовых диаметров.

В табл. 6 приведены значения  $A$  для труб большого диаметра при шероховатости  $n = 0,012$  и  $n = 0,013$  (таблица составлена профессором Н. Н. Гениевым).



Таблица 6

## Удельное сопротивление для труб большого диаметра

Диаметр в мм	Удельное сопротивление $\lambda$ для расхода $Q$ , выраженного в л <sup>3</sup> /сек	
	$n = 0,012$	$n = 0,013$
100	319,2	387
125	97,45	117,7
150	36,72	44,4
200	7,92	9,55
250	2,41	2,90
300	0,911	1,093
350	0,400	0,481
400	0,196	0,235
450	0,1045	0,1253
500	0,0597	0,0714
600	0,0226	0,0270
700	0,00993	0,0118
800	0,00487	0,00581
900	0,00260	0,00309
1000	0,00148	0,00176
1100	0,00089	0,00106
1200	0,00056	0,000665

Когда расход выражен в л/сек, то данные коэффициенты следует помножить на  $10^{-6}$ .

В табл. 7 приведены значения  $\lambda$  для стальных труб малого диаметра с коэффициентом шероховатости  $n = 0,012$

Таблица 7

## Удельные сопротивления для стальных труб малого диаметра

Номинальный диаметр в мм	Удельное сопротивление $\lambda$ для расхода, выраженного в л/сек
13	16,96
19	2,242
25	0,518
32	0,118
33	0,0484
50	0,01286
65	0,003185
75	0,001122
100	0,0002726

(таблица составлена профессором В. Г. Лобачевым и Н. Н. Абрамовым).

Для упрощения расчетов труб по этим таблицам при других величинах шероховатости можно пользоваться переводным коэффициентом  $m$ , равным  $\left(\frac{n_x}{0,012}\right)^2$ . Значения коэффициента  $m$  приведены в табл. 8.

Таблица 8

Значения коэффициента  $m$ 

$n_x$	0,009	0,010	0,011	0,012	0,013	0,014	0,015	0,016	0,017
$m = \left(\frac{n_x}{0,012}\right)^2$	0,5625	0,694	0,84	1,0	1,173	1,36	1,562	1,777	2,0

Потеря напора на всю длину участка  $l$  равняется  $h = il$ ; отсюда формула для расчета потерь примет вид

$$h = AlQ^2.$$

Обозначив  $Al$  через  $s$ , получим

$$h = sQ^2, \quad (49)$$

где  $s$  — сопротивление, зависящее от шероховатости, диаметра и длины трубы (сопротивление линии с удельным сопротивлением  $A$ ).

На определение длины трубы может быть составлена таблица, показывающая величины сопротивлений линии, для чего необходимо коэффициент  $A$  из табл. 6 или 7 для соответствующих диаметров помножить на длину участка линии.

Иногда для расчета водопроводов бывает удобнее пользоваться формулой, в которой потери напора по длине выражены через удельную кинетическую энергию  $\frac{v^2}{2g}$ , т. е.

$$h_v = \zeta \frac{v^2}{2g} l, \quad (50)$$

где  $\zeta$  — коэффициент сопротивления по длине трубопровода;

$l$  — длина трубопровода.

Коэффициент  $\zeta$ , вычисленный по формуле академика Н. Н. Павловского, для чугунных труб приведен в табл. 9.

Таблица 9

Коэффициент  $\zeta$  для чугунных труб

Диаметр в мм	$\zeta$
50	0,963
75	0,561
100	0,383
125	0,285
150	0,220
200	0,152
250	0,0113
300	0,0888
350	0,0724
400	0,0606

### Потери напора на местные сопротивления

Потери напора при прохождении через арматуру или фасонные части определяются по формуле

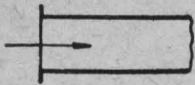
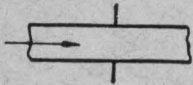
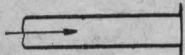
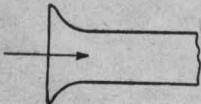
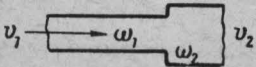
$$h_m = \zeta \frac{v^2}{2g}, \quad (51)$$


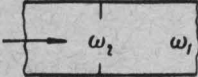
где  $\zeta$  — коэффициент, зависящий от вида местного сопротивления;

$\frac{v^2}{2g}$  — скоростной напор ( $v$  — средняя скорость движения воды в м/сек,  $g$  — ускорение силы тяжести;  $g = 9,81 \text{ м/сек}^2$ ).

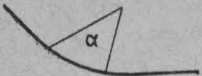






Значение коэффициента сопротивления  $\zeta$  для местных сопротивлений приведено в табл. 10. Потери напора для гидрантов и стендеров даны в табл. 11.

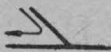
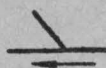
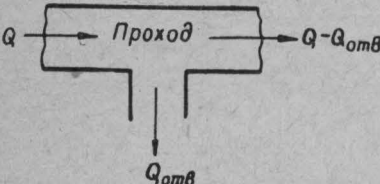
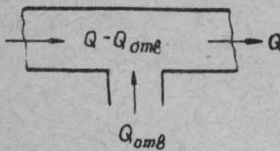
Значение коэффициента  $\zeta$  для некоторых сопротивлений

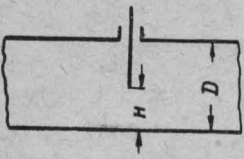
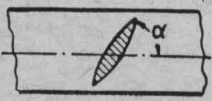
Наименование местного сопротивления и эскиз сопротивления	Значение коэффициента $\zeta$	
<i>Вход в трубу при острых кромках</i> 	0,5	
<i>Вход в патрубок внутри резервуара</i> 	1,0	
<i>Выход из патрубка в бок</i> 	1,0	
<i>Вход в трубу при закругленных кромках</i> 	0,06	
<i>Внезапное расширение</i>  $\omega_1$ и $\omega_2$ — площади сечения	Отношение $\frac{\omega_1}{\omega_2}$	$\zeta$
	0,01	0,98
	0,1	0,81
	0,2	0,64
	0,3	0,49
	0,4	0,36
	0,5	0,25
	0,6	0,16
	0,7	0,09
	0,8	0,04
	0,9	0,01

Наименование местного сопротивления и эскиз сопротивления	Значение коэффициента $\zeta$	
Внезапное сужение	Отношение $\frac{\omega_1}{\omega_2}$	$\zeta$
	0,01	0,5
	0,1	0,46
	0,2	0,42
	0,3	0,38
	0,4	0,33
	0,5	0,30
	0,6	0,25
	0,7	0,20
	0,8	0,15
	0,9	0,09
		
$\omega_1$ и $\omega_2$ — площади сечения		
Диафрагма в трубе	Отношение $\frac{\omega_2}{\omega_1}$	$\zeta$
	0,1	225,8
	0,2	47,8
	0,3	17,5
	0,4	7,8
	0,5	3,8
	0,6	1,8
	0,7	0,8
	0,8	0,3
	0,9	0,06
		
Колена	Отношение $\frac{D}{r}$	$\zeta$
	0,4	0,14
	0,5	0,15
	0,6	0,16
	0,7	0,18
	0,8	0,20
	0,9	0,24
	1,0	0,29
	1,2	0,44
	1,4	0,66
	1,6	1,0
	1,8	1,4
	2,0	2,0
а) Плавный поворот трубы диаметром $D$ под углом $90^\circ$ , радиусом закругления $r$		



Наименование местного сопротивления и эскиз сопротивления	Значение коэффициента $\zeta$
б) Угол поворота не равен $90^\circ$ (от- воды) 	Табличная величина $\zeta$ для угла в $90^\circ$ умножается на $\frac{\alpha^\circ}{90^\circ}$
Тройник на ответвление 	1,5
Тройник на ответвление при противопотоке 	3,0
Тройник с ответвления 	1,5
Тройник на проток 	0,1
Тройник косой с ответвления 	0,5
Тройник косой на ответвление 	1,0

Наименование местного сопротивления и эскиз сопротивления	Значение коэффициента $\zeta$		
Тройник косой с ответвления 	3,0		
Тройник на приток 	0,15		
Тройник на разделение потока  <p>Потери напора в ответвлении</p> $h_{отв} = \zeta_{отв} \frac{v^2}{2g}$ <p>Потери напора в проходе</p> $h_{прох} = \zeta_{прох} \frac{v^2}{2g},$ <p>где <math>v</math> относится к общему расходу.</p>	Отношение $\frac{Q_{отв}}{Q}$	$\zeta$ <div>ответвления</div> <div>прохода</div>	
	0,0	0,95	0,04
	0,2	0,88	0,08
	0,4	0,89	0,05
	0,6	0,95	0,07
	0,8	1,10	0,21
	1,0	1,28	0,35
Соединение потоков  <p>Потери напора в ответвлении</p> $h_{отв} = \zeta_{отв} \frac{v^2}{2g}$ <p>Потери напора в проходе</p> $h_{прох} = \zeta_{прох} \frac{v^2}{2g},$ <p>где <math>v</math> относится к общему расходу</p>	Отношение $\frac{Q_{отв}}{Q}$	$\zeta$ <div>ответвления</div> <div>прохода</div>	
	0,0	1,2	0,04
	0,2	0,4	0,17
	0,4	0,08	0,30
	0,6	0,47	0,41
	0,8	0,72	0,51
	1,0	1,01	0,60

Наименование местного сопротивления и эскиз сопротивления	Значение коэффициента $\zeta$	
<p><i>Задвижки</i></p>  <p><math>\frac{H}{D}</math> — степень открытия</p>	Отношение $\frac{H}{D}$	$\zeta$
	0,15	57,5
	0,20	32,5
	0,30	15,0
	0,40	7,5
	0,50	3,3
	0,60	1,4
	0,70	0,6
	0,80	0,5
	0,90	0,1
<p><i>Вентили</i></p> <p>Диаметр 50 мм 76 Типа „Косва“ Со свободным проходом</p>	8,8 7,3 2,5 0,6	
<p><i>Дроссельный клапан</i></p> 	Угол поворота $\alpha$ дросселя в гра- дусах	$\zeta$
	5	0,24
	10	0,52
	20	1,50
	30	3,9
	40	10,8
	50	32,8
	60	118
	70	751
<p><i>Пробковый кран</i></p>	Угол поворота $\alpha$ пробки в граду- сах	$\zeta$
	5	0,05
	10	0,29
	20	1,6
	30	5,5
	40	17,3
	50	50,6
	60	206

Наименование местного сопротивления и эскиз сопротивления	Значение коэффициента $\zeta$	
<i>Всасывающий тарельчатый и обратный клапаны</i>	Диаметр клапана мм	$\zeta$
	50	18
	65	13,5
	75	10,0
	100	8,0
	125	7,0
	150	6,5
	200	5,5
	250	4,5
	300	3,5
<i>Пожарный всасывающий клапан нового типа</i>	Около 2	
<i>Сетка или корзина в конце трубы</i>	1,0—5,0 (в зависимости от конструкции сетки или корзины)	
<i>Водопроводная приемная сетка с обратным клапаном</i>	5,0—10,0 (в зависимости от конструкции сетки)	

Таблица 11

## Потери напора для гидрантов и стендеров

Типы гидрантов и стендеров и характеристика их работы	Расход в л/сек	Потери напора, в м водяного столба		
		гидрант	стендер	гидрант и стендер
Ленинградский	5	0,9	0,5	1,4
	10	3,6	2,1	5,7
	20	14,4	8,4	22,8
Московский (полный расход пропускается через два штуцера, подача по двум рукавным линиям)	10	0,2	0,8	1,0
	20	0,8	2,3	3,1
	40	3,2	9,2	12,4
Московский (полный расход пропускается через один штуцер, подача по одной рукавной линии)	10	0,2	1,1	1,3
	20	0,8	4,4	5,2
	40	3,2	13,2	16,4



## Расчет трубопроводов

**Пример 1.** Определить диаметр самотечной трубы длиной 50 м при расходе 40 л/сек и разность уровней воды в источнике и колодце (рис. 25) при условии, чтобы скорость протекания воды не превышала 1,5 м/сек.

Решение. По формуле (22)  $Q = \frac{\pi D^2}{4} v$  определяем диаметр трубы:

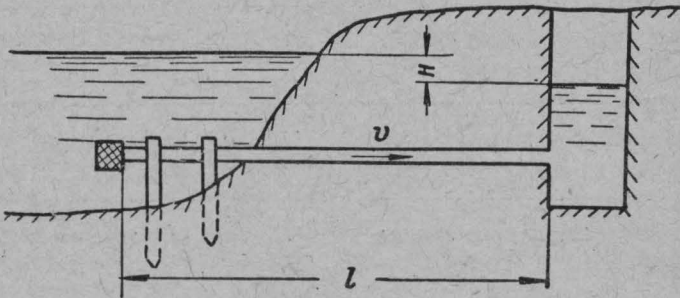
$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} = \sqrt{\frac{4 \times 40}{3,14 \times 1,5}} = 1,83 \text{ м} = 183 \text{ мм.}$$

Принимаем диаметр 200 мм.

Уточняем величину скорости

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \times 0,04}{3,14 \times 0,2^2} = 1,27 \text{ м/сек.}$$

Разность уровней воды в источнике и колодце должна быть равна потерям напора. Подсчитаем величину потерь напора.



**Рис. 25.** Определение диаметра самотечной чугунной трубы (к примеру 1)

Потери при входе (сетка) и потери при выходе в колодец определяем по формуле (51)  $h_m = \zeta \frac{v^2}{2g}$ ; потери напора по длине трубопровода — по формуле (50)  $h_b = \zeta \frac{v^2}{2g} l$ .

Сумма потерь будет составлять разность уровня воды  $H$  в источнике и колодце

$$H = \zeta_1 \frac{v^2}{2g} + \zeta_2 \frac{v^2}{2g} + \zeta_3 \frac{v^2}{2g} l$$

или

$$H = (\zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 l) \frac{v^2}{2g}.$$

Согласно табл. 10 коэффициент сетки  $\zeta_1 = 4$ ; коэффициент при выходе  $\zeta_2 = 1$ . По табл. 9 коэффициент для трубы диаметром 200 мм  $\zeta_3 = 0,152$ . Подставив значения, получим

$$H = (4 + 1 + 0,152 \times 50) \frac{1,27^2}{2 \times 9,81} = 1,03 \text{ м.}$$

Следовательно, разность уровней  $H = 1,03 \text{ м.}$

Если полученная разность уровней превышает допускаемую по условиям эксплуатации колодца, то необходимо принять диаметр трубы большего размера; например, приняв диаметр трубы 250 мм, для данного условия получим разность уровней около 0,4 м.

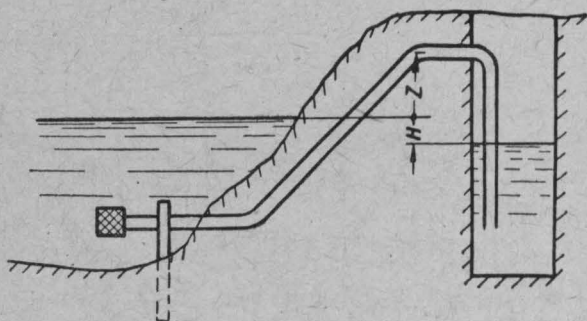
**Пример 2.** Имеем сифон, соединяющий водоносточник с колодцем (рис. 26). Требуется определить, на какую предельную высоту над уровнем воды можно поднять верхнюю горизонтальную часть сифона, если его диаметр 200 мм, требуемый расход воды через сифон 30 л/сек, вакуум обеспечен в 5 м, длина трубы 100 м.

**Решение.** Определяем скорость движения воды в сифоне

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \times 0,03}{3,14 \times 0,2^2} = 0,95 \text{ м/сек.}$$

Удельная энергия воды в колодце меньше удельной энергии воды в источнике на величину потерь напора.

Определяем потери напора.



**Рис. 26.** Сифонная линия (к примеру 2)

Потери напора складываются из местных потерь (два отвода 30°, одно колено 90° с радиусом 260 мм, сетка и выходное отверстие) и потерь по длине. Местные потери определяем по формуле (51), потери по длине по формуле (50).

Коэффициенты  $\zeta$  согласно табл. 9 и 10 равны:

для колена

$$\frac{D}{r} = \frac{200}{260} = 0,77; \quad \zeta_1 = 0,2;$$

для отвода

$$\frac{30}{90} \times 0,2 = 0,07; \quad \zeta_2 = 0,07;$$

для сетки с клапаном

$$\zeta_3 = 10;$$

для выхода из трубы

$$\zeta_4 = 1;$$

по длине трубы

$$\zeta_5 = 0,152.$$

Общая сумма потерь

$$h = (0,2 + 2 \times 0,07 + 10 + 1 + 0,152 \times 100) \frac{v^2}{2g};$$

$$h = 26,54 \frac{0,95^2}{2 \times 9,81} = 1,2 \text{ м.}$$

Определяем предельную высоту  $Z$ , на которую можно поднять трубу сифона выше уровня воды в водоисточнике

$$Z = H_{\text{вак}} - h;$$

$$Z = 5 - 1,2 = 3,8 \text{ м.}$$

**Пример 3.** Центробежный насос качает воду из колодца (рис. 27). Всасывающая труба диаметром 200 мм, длиной 40 м. Расход воды 20 л/сек. Всасывающая труба имеет три колена с радиусом закругления  $r = 260$  мм и предохранительную сетку с клапаном. Определить высоту  $H$  центробежного насоса над уровнем воды в колодце, если допускаемое вакууметрическое давление  $H_{\text{вак}}$  равно 5 м водяного столба.

**Решение.** Определяем скорость протекания воды в трубе

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \times 0,02}{3,14 \times 0,2^2} = 0,64 \text{ м/сек.}$$

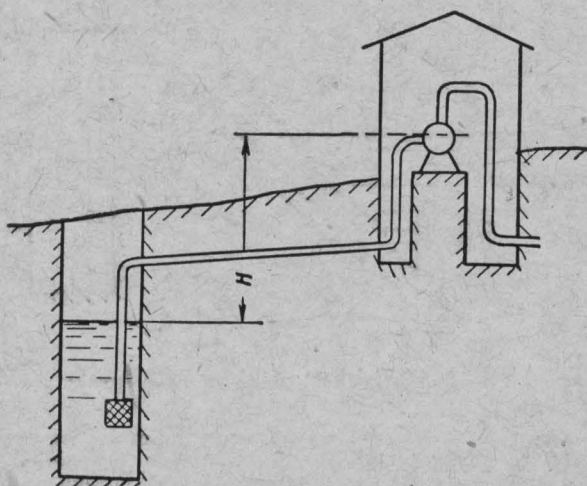


Рис. 27. Всасывающий трубопровод (к примеру 3)

Подсчитаем потери напора.

Коэффициенты  $\zeta$  согласно табл. 9 и 10 равны:  
для сетки с обратным клапаном

$$\zeta_1 = 10;$$

для колена

$$\frac{D}{r} = \frac{200}{260} = 0,77; \zeta_2 = 0,2;$$

по длине трубы

$$\zeta_3 = 0,152.$$

Общая сумма потерь

$$h = (10 + 0,2 \times 3 + 0,152 \times 40) \frac{v^2}{2g};$$

$$h = 16,68 \frac{0,64^2}{2 \times 9,81} = 0,334 \text{ м.}$$

Определяем максимальную высоту подъема насоса  $H$  над уровнем воды в колодце

$$H = H_{\text{бак}} - h;$$

$$H = 5 - 0,334 = 4,666 \text{ м.}$$

**Пример 4.** Необходимо проложить тупиковый водопровод от водонапорной башни. Расходы и размеры участков показаны на рис. 28. Определить высоту ( $H$ ) расположения бака, подобрать диаметры трубопроводов при условии, чтобы скорость протекания воды не превышала  $1,5 \text{ м/сек}$ . Свободный напор в конечной точке должен быть не менее  $10 \text{ м}$ . Топографическая отметка поверхности земли в месте расположения башни  $120 \text{ м}$ , самой невыгодной точки разбора воды —  $112 \text{ м}$ .

**Решение.** Определяем диаметры труб.

Третий участок:

$$D_3 = \sqrt{\frac{4 \times 28}{3,14 \times 15}} = 2,54 \text{ дм} = 154 \text{ мм.}$$

Принимаем диаметр  $D_3 = 200 \text{ мм}$ .

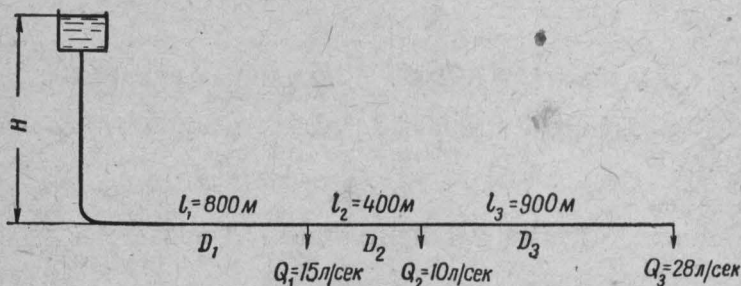


Рис. 28. Схема тупикового водопровода (к примеру 4)

Второй участок:

$$D_2 = \sqrt{\frac{4 \times 38}{3,14 \times 15}} = 1,74 \text{ дм} = 174 \text{ мм.}$$

Принимаем диаметр  $D_2 = 200 \text{ мм}$ .

Первый участок:

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 \times 53}{3,14 \times 15}} = 2,12 \text{ дм} = 212 \text{ мм.}$$

Принимаем диаметр  $D_1 = 250 \text{ мм}$ .

Определим потери напора на каждом участке по формуле (49). Коэффициент  $A$  находим по табл. 6.

Третий участок:

$$h_3 = 7,92 \times 10^{-6} \times 900 \times 28^2 = 5,6 \text{ м.}$$

Второй участок:

$$h_2 = 7,92 \times 10^{-6} \times 400 \times 38^2 = 4,5 \text{ м.}$$

Первый участок:

$$h_1 = 2,41 \times 10^{-6} \times 800 \times 53^2 = 5,4 \text{ м.}$$



Сумма потерь по длине трубы:

$$h_L = 3,6 + 4,5 + 5,4 = 15,5 \text{ м.}$$

Местные потери составляют 10% потерь по длине:  $h_m = 1,5 \text{ м.}$  Общие потери напора:

$$h = 15,5 + 1,5 = 17 \text{ м.}$$

Высота расположения бака  $H$  над уровнем земли определяется из следующего выражения:

$$H = H_0 + h + Z_0 - Z,$$

где  $H_0$  — свободный напор в точке расчетного водоразбора;

$h$  — сумма потерь напора на преодоление сопротивлений движению воды от башины до точки расчетного водоразбора;

$Z_0$  — топографическая отметка поверхности земли у самой невыгодной по высоте точки водоразбора;

$Z$  — топографическая отметка поверхности земли в месте расположения водонапорной башины.

Определяем высоту расположения дна бака над уровнем земли:

$$H = 10 + 17 + 112 - 120;$$

$$H = 19 \text{ м.}$$

## § 6. ПОТЕРИ НАПОРА В ПОЖАРНЫХ РУКАВАХ

Потери напора в пожарных рукавах могут быть определены по формуле

$$h = AQ^2L.$$

Величина удельного сопротивления  $A$  приведена в табл. 12.

Таблица 12

Величина удельного сопротивления  $A$  для рукавов

Сорт рукавов	Диаметр рукавов в мм				
	45	50	65	76	89
Прорезиненные . . . . .	0,0133	0,0075	0,00177	0,00075	0,000377
Непрорезиненные (по опытам ЦНИИПО) . . . . .	0,0275	0,0150	0,00385	0,0015	—

В величине удельного сопротивления для рукавов учтены сопротивления рукавных соединений.

Так как длина нормального рукава принята в 20 м, то удобнее пользоваться табл. 13, величина сопротивления в которой указана на один рукав. При пользовании этой таблицей потери напора вычисляются по формуле

$$h = AlQ^2 = A20nQ^2,$$

или

$$h = snQ^2, \quad (52)$$

где  $s = A \cdot 20$ ;

$n$  — количество рукавов.

Сопротивление  $s$  одного рукава длиной 20 м

Сорт рукавов	Диаметр рукавов в мм				
	45	50	65	76	89
Прорезиненные . . . . .	0,266	0,150	0,035	0,015	0,0075
Непрорезиненные . . . . .	0,550	0,300	0,077	0,030	—

**Пример.** Определить потери напора в рукавной линии, состоящей из 8 непрорезиненных рукавов диаметром 65 мм, при расходе 6 л/сек.

**Решение.** Расчет ведем по формуле (52).

Значение  $s$  определяем по табл. 13.

$$h = 0,077 \times 8 \times 6^2 = 22,176 \text{ м.}$$

## § 7. ИСТЕЧЕНИЕ ЖИДКОСТИ ЧЕРЕЗ ОТВЕРСТИЯ И НАСАДКИ

### Истечение жидкости через малое отверстие в тонкой стенке

Рассмотрим истечение жидкости в атмосферу из малого отверстия в тонкой стенке (рис. 29). Обозначим через  $H$  высоту уровня жидкости над центром тяжести отверстия, через  $v$  — скорость в сжатом сечении и напишем уравнение энергии для сечения  $O—O$  и сжатого сечения  $C—C$ :

$$H + \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v^2}{2g} + h_m.$$

В этом уравнении через  $h_m$  обозначена потеря напора при вытекании жидкости через отверстие; так как эта потеря относится к числу местных потерь, поэтому по формуле (51)

$$h_m = \zeta \frac{v^2}{2g},$$

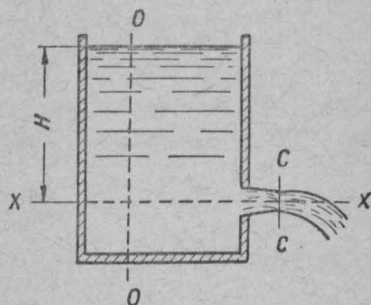


Рис. 29. Истечение жидкости через отверстие

откуда уравнение энергии можно написать так:

$$H + \frac{v_0^2}{2g} = \frac{v^2}{2g} + \zeta \frac{v^2}{2g}.$$

Пренебрегая скоростью  $v_0$  жидкости в баке, получим

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

Откуда скорость вытекания

$$v = \frac{1}{\sqrt{1+\zeta}} \sqrt{2gH}.$$

Обозначая множитель

$$\frac{1}{\sqrt{1+\zeta}} = \varphi \quad (53)$$

и назвав его коэффициентом скорости, получим

$$v = \varphi \sqrt{2gH}. \quad (54)$$

Струя при вытекании из отверстия претерпевает изменение своей формы, причем на некотором расстоянии  $l$  живое сечение струи  $\omega_c$  меньше площади отверстия  $\omega$ . Это сечение  $C-C$  носит название сжатого сечения, а отношение

$$\varepsilon = \frac{\omega_c}{\omega} \quad (55)$$

называется коэффициентом сжатия (для круглых отверстий  $\varepsilon = 0,64$ ).

Для определения вытекающего из отверстия расхода воспользуемся формулой (21):

$$Q = \omega v_{cp}.$$

Подставив вместо  $\omega$  в формулу (21)  $\omega_c$  и вместо  $v_{cp}$  значение  $v$  по формуле (54), получим

$$Q = \omega_c \varphi \sqrt{2gH}.$$

Из формулы (52)  $\omega_c = \varepsilon \omega$ , откуда

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

Обозначив произведение  $\varepsilon \varphi$  через  $\mu$ , т. е.

$$\mu = \varepsilon \varphi, \quad (56)$$

получим

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH}, \quad (57)$$

где  $\mu$  — коэффициент расхода.

Значения коэффициентов  $\varphi$  и  $\mu$  приведены в табл. 14.





получим

$$Q = p\sqrt{H}, \quad (59)$$

где  $s$  — сопротивление;

$p$  — проводимость.

В табл. 15 приведены величины сопротивлений и проводимостей для круглых sprысков (коэффициент расхода принимаем  $\mu=1,0$ , расходы выражены в л/сек, а напоры — в м водяного столба).

Таблица 15

Величины сопротивлений и проводимостей для круглых sprысков

Диаметр sprыска в мм	Сопротивле- ние $s$	Проводи- мость $p$	Диаметр sprыска в мм	Сопротивле- ние $s$	Проводи- мость $p$
10	8,26	0,348	24	0,249	2,00
11	5,65	0,421	25	0,211	2,17
12	3,98	0,501	26	0,181	2,35
13	2,89	0,588	28	0,134	2,73
14	2,15	0,682	30	0,102	3,13
15	1,60	0,783	32	0,0788	3,56
16	1,26	0,891	34	0,0619	4,02
17	0,989	1,01	36	0,0492	4,50
18	0,787	1,13	38	0,0396	5,02
19	0,634	1,26	40	0,0323	5,56
20	0,516	1,39	44	0,0220	6,74
22	0,352	1,68	50	0,0120	9,13

## § 8. ПОНЯТИЕ О СТРУЯХ

Тушение большинства пожаров производится при помощи водяных струй, поэтому изучение водяных струй является одной из основных задач гидравлики в пожарном деле.

Пожарные струи подразделяются на *сплошные*, получаемые от ручных и лафетных стволов, и *распыленные*, получаемые от специальных насадок.

### Сплошные водяные струи

Если струю, выходящую из ствола со sprыском, направить вертикально вверх, то можно заметить, что от sprыска в начале струя будет цельной, компактной, а затем станет постепенно раздробляться, причем к концу, на вершине, будет состоять из отдельных капель. Общая высота струи, которой достигают отдельные капли, называется высотой вертикальной раздробленной струи. Эта высота всегда меньше напора, под которым происходит истечение из sprыска (рис. 30).

Разделить струю строго на компактную и раздробленную части невозможно, так как резкой границы между ними не существует.

В практике обычно принято следующее определение компактной части струи:

*Компактной частью струи* является та часть, которая в основной своей части:

- а) не теряет еще сплошной формы;
- б) несет девять десятых всего количества воды в круге диаметром 38 см и три четверти воды в круге диаметром 25 см;
- в) не разрушается при слабом ветре.

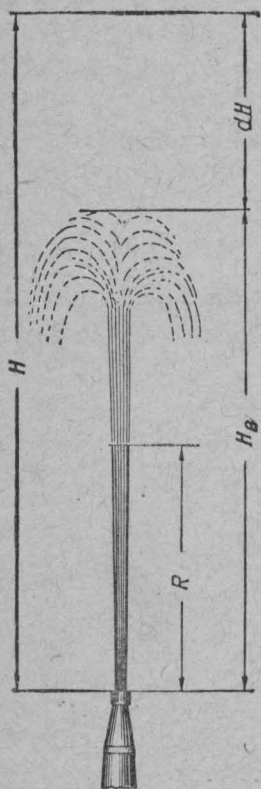


Рис. 30. Вертикальная струя

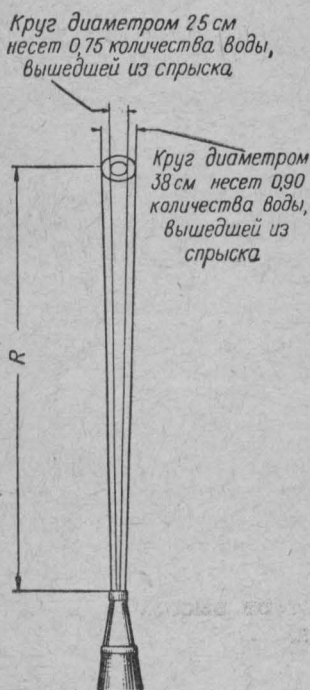


Рис. 31. Радиус действия струи

При практическом применении струй пользуются понятием *радиуса действия  $R_k$  компактной части струи* (рис. 31), представляющим собой расстояние от насадка до окончания компактной части струи.

### Расчет пожарной струи

В практике обычно пользуются не вертикальной струей, а наклонной под некоторым углом к горизонту. С целью облегчения расчета наклонных раздробленных струй обычно вводится понятие о вертикальных раздробленных струях.

Если бы отсутствовали сопротивления движению водяной струи в воздухе, то она поднялась бы на высоту напора  $H_T$ , равного

$$H_T = \frac{v^2}{2g},$$

где  $v$  — скорость движения воды при выходе из spryska.

Однако вследствие наличия сопротивлений струя поднимается на несколько меньшую высоту  $H_B$ . Назовем разность высоты напора и высоты отдельных капель вертикальной струи  $H_B$  потерей высоты струи

$$h_b = H_T - H_B.$$

Предположим, что потеря высоты струи подчиняется той же зависимости, что и потери напора в трубах, которые могут быть определены из формулы (44):

$$h_l = \frac{\lambda}{D} \frac{v^2}{2g} l.$$

Применительно к этой формуле примем вместо  $\lambda$  — коэффициент  $K_1$ , вместо  $l$  — высоту вертикальной раздробленной струи  $H_B$ . Тогда получим

$$h_b = \frac{K_1}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} H_B.$$

Так как

$$\frac{v^2}{2g} = H_T,$$

то, подставив вместо  $\frac{v^2}{2g}$  величину  $H_T$ , получим

$$h_b = \frac{K_1}{D} H_T H_B.$$

Потери высоты струи  $h_b$  равны по условию  $h_b = H_T - H_B$ . Отсюда

$$h_b = H_T - H_B = \frac{K_1}{D} H_T H_B.$$

Следовательно,

$$H_T = \left(1 + \frac{K_1}{D} H_T\right) H_B.$$

Отсюда высота вертикальной раздробленной струи  $H_B$  равна

$$H_B = \frac{H_T}{1 + \frac{K_1}{D} H_T}.$$

Подставив  $\frac{K_1}{D} = \varphi$ , получим

$$H_B = \frac{H_T}{1 + \varphi H_T}, \quad (60)$$

где  $H_c$  — напор sprыска в м;  
 $H_b$  — высота раздробленной струи в м;  
 $\varphi$  — коэффициент, определяемый по формуле

$$\varphi = \frac{0,00025}{D + 1000D^3}, \quad (61)$$

где  $D$  — диаметр выходного сечения sprыска в м.

Значения коэффициента  $\varphi$  в зависимости от диаметра sprыска приведены в табл. 16.

Таблица 16

Значения коэффициента  $\varphi$

$D$	$\varphi$	$D$	$\varphi$	$D$	$\varphi$
10	0,0228	18	0,0105	30	0,0044
11	0,0203	19	0,0097	32	0,0038
12	0,0183	20	0,0090	34	0,0034
13	0,0165	22	0,0077	36	0,0030
14	0,0149	24	0,0066	38	0,0027
15	0,0136	25	0,0061	40	0,0024
16	0,0124	26	0,0057	44	0,0019
17	0,0114	28	0,0050	50	0,0014

Зависимость между высотой раздробленной струи  $H_b$ , радиусом действия компактной части струи  $R$ , напором  $u$  sprыска  $H_c$  и расходом  $Q$  приведена в табл. 17 (стр. 56 и 57).

### Наклонные струи

Если из ствола с каким-либо sprыском направить струю вертикально вверх, а затем постепенно наклонять ствол, то крайние капли струи опишут некоторую кривую (рис. 32). Расстояние от sprыска до крайних капель струй с уменьшением

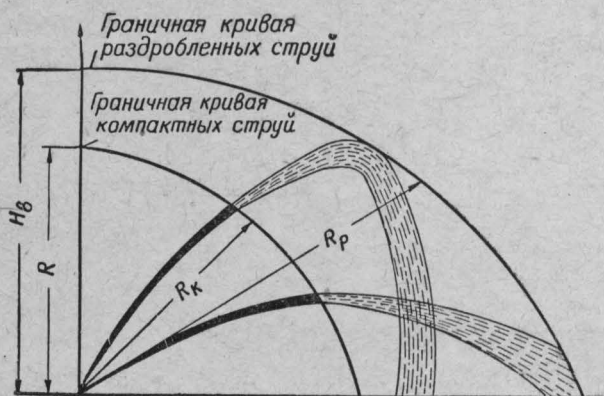


Рис. 32. Наклонные струи



# Зависимость между высотой раздробленной струи $H_B$ , радиусом дей

Высота раз- дробленной струи $H_B$ м	Радиус дей- ствия или высота ком- пактной части струи $R$ м	Диаметр									
		13		14		15		16		17	
		$H_c$ м	$Q$ л/сек	$H_c$ м	$Q$ л/сек	$H_c$ м	$Q$ л/сек	$H_c$ м	$Q$ л/сек	$H_c$ м	$Q$ л/сек
7,2	6	0,1	1,7	8,0	1,9	8,0	2,2	7,8	2,5	7,8	2,8
8,3	7	9,6	1,8	9,5	2,1	9,5	2,4	9,2	2,7	9,0	3,1
9,5	8	11,2	2,0	11,0	2,3	11,0	2,6	10,7	2,9	10,5	3,3
10,8	9	13,0	2,1	13,0	2,4	12,5	2,8	12,4	3,1	12,3	3,5
12,0	10	15,0	2,3	14,5	2,6	14,5	3,0	14,1	3,3	14,0	3,8
13,2	11	16,9	2,4	16,5	2,7	16,0	3,1	15,8	3,5	15,5	4,0
14,5	12	19,1	2,6	18,5	2,9	18,0	3,3	17,7	3,8	17,5	4,2
16,8	13	21,4	2,7	21,0	3,1	20,0	3,5	19,7	4,0	19,5	4,4
17,1	14	23,9	2,9	23,0	3,3	22,5	3,7	21,8	4,2	21,5	4,7
18,5	15	26,7	3,0	26,0	3,5	25,0	3,9	24,0	4,4	23,5	4,9
19,9	16	29,7	3,2	28,5	3,6	28,5	4,1	26,5	4,6	26,0	5,1
21,3	17	33,2	3,4	32,0	3,8	30,5	4,3	29,2	4,8	28,5	5,4
22,5	18	37,1	3,6	35,5	4,1	34,0	4,6	32,2	5,1	31,5	5,7
24,6	19	41,7	3,8	39,5	4,3	37,5	4,8	35,6	5,3	34,5	6,0
26,4	20	46,8	4,0	44,5	4,5	42,0	5,1	39,4	5,6	38,0	6,2
28,2	21	53,3	4,3	50,0	4,8	47,0	5,5	43,7	5,9	42,0	6,6
30,3	22	60,9	4,6	57,0	5,2	52,5	5,7	48,7	6,2	47,0	6,9
32,5	23	70,3	4,9	65,0	5,5	59,8	6,2	54,6	6,6	52,0	7,3
35,0	24							61,5	7,0	58,5	7,7
37,5	25							70,2	7,5	66,5	8,2
40,4	26										
43,5	27										
47,0	28										
50,9	29										
55,1	30										

Таблица 17

ствия компактной части струи  $K$ , напором у spryska  $H_c$  и расходом  $Q$ 

спрыска в мм

18		19		20		21		22		23		24		25	
$H_c$ м	$Q$ л/сек	$H_c$ м	$Q$ л/сек	$H_c$ м	$Q$ л/сек	$H_c$ м	$Q$ л/сек	$H_c$ м	$Q$ л/сек	$H_c$ м	$Q$ л/сек	$H_c$ м	$Q$ л/сек	$H_c$ м	$Q$ л/сек
7,7	3,1	7,7	3,5	7,7	3,9	7,6	4,2	7,6	4,6	7,5	5,1	7,5	5,5	7,5	5,9
9,0	3,4	9,0	3,8	9,0	4,2	9,0	4,6	8,9	5,0	8,8	5,5	8,7	5,7	8,7	6,4
10,5	3,7	10,4	4,1	10,4	4,5	10,3	4,9	10,2	5,4	10,2	5,9	10,1	6,4	10,1	6,9
12,0	4,0	12,0	4,3	12,0	4,8	12,0	5,3	11,7	5,8	11,5	6,3	11,5	6,8	11,5	7,4
14,0	4,2	13,6	4,6	13,5	5,1	13,5	5,6	13,2	6,1	13,0	6,7	13,0	7,2	12,9	7,8
15,5	4,5	15,2	4,9	15,0	5,4	14,8	5,9	14,7	6,5	14,5	7,1	14,5	7,6	14,7	8,3
17,0	4,7	16,9	5,2	16,5	5,7	16,5	6,2	16,3	6,8	16,0	7,4	16,0	8,0	15,9	8,7
19,0	5,0	18,7	5,4	18,5	6,0	18,0	6,6	18,0	7,2	18,0	7,8	17,5	8,4	17,5	9,1
21,0	5,2	20,6	5,7	20,5	6,3	20,0	6,9	19,8	7,5	19,5	8,2	19,5	8,7	19,2	9,6
23,0	5,4	22,6	6,0	22,0	6,6	22,0	7,2	21,6	7,8	21,5	8,5	21,0	9,1	20,9	10,0
25,0	5,7	24,7	6,2	24,5	6,9	24,0	7,5	23,6	8,2	23,0	8,9	23,0	9,6	22,7	10,4
27,5	6,0	27,1	6,5	26,5	7,2	26,0	7,8	25,7	8,5	25,5	9,3	25,0	10,0	24,7	10,8
30,5	6,3	29,6	6,8	29,0	7,5	28,5	8,3	28,0	8,9	27,5	9,7	27,0	10,4	26,8	11,3
33,5	6,6	32,5	7,1	32,0	7,9	31,0	8,6	30,5	9,3	30,0	10,0	29,5	10,9	29,1	11,7
37,0	6,9	35,6	7,5	35,0	8,2	34,0	9,0	33,2	9,7	32,5	10,5	32,0	11,3	31,5	12,2
40,5	7,2	39,1	7,8	38,0	8,6	37,0	9,4	36,3	10,1	35,5	10,9	35,0	11,8	34,3	12,8
45,0	7,6	43,1	8,2	42,0	9,0	40,5	9,8	39,6	10,6	39,0	11,4	38,0	12,3	37,3	13,3
50,0	8,0	47,6	8,7	46,0	9,5	45,0	10,3	43,4	11,1	42,5	11,9	41,5	12,9	40,6	13,9
55,5	8,5	52,7	9,1	61,0	10,0	49,5	10,7	47,7	11,7	46,5	12,5	45,5	13,6	44,3	14,5
62,5	9,0	58,9	9,6	57,0	10,5	54,5	11,2	52,7	12,2	51,5	13,2	50,0	14,1	48,6	15,2
		66,2	10,2	63,5	11,1	61,0	11,9	58,5	12,9	57,0	13,9	55,0	14,8	53,5	19,9
		75,1	10,9	72,0	11,8	68,5	12,7	65,3	13,7	63,0	14,4	61,0	15,6	59,1	16,8
								73,5	14,5	72,0	15,6	69,0	16,6	65,8	17,7
														74,0	18,7
														83,0	19,8

угла наклона ствола увеличивается. Кривую, ограничивающую дальность полета крайних капель струи при повороте ствола под разными углами наклона к горизонту, но при постоянном давлении, обычно называют *граничной кривой раздробленных струй*.

Расстояние от spryska по прямой линии до граничной кривой называется *радиусом действия раздробленных струй* ( $R_p$ ).

Величины радиуса действия раздробленных струй в зависимости от угла поворота к горизонту и высоты вертикальной раздробленной струи могут быть примерно определены по следующей формуле:

$$R_p = \beta H_v, \quad (62)$$

где  $\beta$  — коэффициент, зависящий от угла наклона радиуса действия струи.

Значения коэффициента  $\beta$  приведены в табл. 18.

Таблица 18

Значения коэффициента  $\beta$

Угол наклона радиуса действия струи к горизонту	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°
Величина коэф- фициента $\beta$	1,0	1,02	1,06	1,12	1,20	1,30	1,40

Радиус действия компактной струи описывает некоторую кривую, которая примерно представляет собой часть окружности, а поэтому для практических целей можно считать, что радиус действия компактной части струи остается постоянным при любом наклоне струи к горизонту.

### Рабочие пожарные струи

Для внутреннего пожаротушения, осуществляемого от внутренних пожарных кранов, определение радиуса действия компактной части струи производится в зависимости от высоты помещения и принятого расстояния между пожарными кранами.

Радиус действия компактной части струи, необходимой для осуществления тушения наружных пожаров в различных условиях, встречающихся на практике, определить затруднительно, но можно рекомендовать низший предел радиуса действия компактной части струи, которая по своим свойствам пригодна для тушения наружных пожаров.

На основании опытов установлено, что низшим пределом радиуса действия для получения хороших рабочих пожарных струй, годных для тушения наружных пожаров, является радиус действия компактной части струи величиной 15—17 м.

**Пример 1.** От насоса проложена рукавная линия, состоящая из 8 непро-  
резиненных рукавов диаметром 65 мм со стволом, имеющим спрыск 19 мм.  
Подъем ствола 5 м. Радиус действия компактной части струи необходимо  
иметь 15 м. Требуется определить напор у насоса.

Решение. По табл. 17 при диаметре спрыска 19 мм и радиусе дей-  
ствия компактной части струи 15 м определяем напор у спрыска:  $H_c = 22,5$  м.  
Расход воды  $Q = 6$  л/сек. Потери напора определяем по формуле (52)  $h = snQ^2$ .  
По табл. 13 сопротивление  $s = 0,077$ .

Подставляя значения букв в формулу, получим:

$$h = 0,077 \times 8 \times 6^2 = 22,2 \text{ м.}$$

Напор у насоса составит:

$$H_{\text{нас}} = 22,5 + 22,2 + 5 = 49,6 \text{ м} \approx 5 \text{ ат.}$$

**Пример 2.** Напор у насоса 7 ат. Требуется определить, на какое рас-  
стояние может быть проложена одна рукавная линия из прорезиненных рука-  
вов диаметром 65 мм, если подъем ствола 8 м, диаметр спрыска 19 мм,  
радиус действия компактной части струи 17 м.

Решение. По табл. 17 определяем: напор у спрыска  $H_c = 27$  м, расход  
воды  $Q = 6,5$  л/сек.

Располагаемый на преодоление трения в рукавах напор составит

$$h = 70 - 27 - 8 = 35 \text{ м.}$$

Потери напора на один рукав  $h_1 = sQ^2$ . По табл. 13  $s = 0,035$ , откуда  $h_1 =$   
 $= 0,035 \times 6,5^2 = 1,48$  м. Определяем количество рукавов:

$$n = \frac{h}{h_1} = \frac{35}{1,48} \approx 23 \text{ рукава,}$$

что составляет  $23 \times 20 = 460$  м.

## Реакция струи воды на ствол

При истечении струи воды из спрыска возникает реакция,  
направленная в сторону, обратную движению воды.

Реакцию струи воды  $R$  можно определить по формуле:

$$R = m\omega,$$

где  $m = \frac{\gamma}{g} \omega s$  — масса воды в единицу времени;

$\gamma$  — объемный вес воды в кг/м<sup>3</sup>;

$g$  — ускорение силы тяжести в м/сек<sup>2</sup>;

$\omega$  — площадь отверстия спрыска в м<sup>2</sup>;

$s$  — длина водяного столба в м, численно равная  $v$ ;

$$\omega = \frac{v}{t} \text{ — ускорение в м/сек}^2.$$

При  $t = 1$   $\omega = \frac{v}{1} = v$ .

Подставив вместо  $m$  и  $\omega$  их значение, получим

$$R = \frac{786d^2v^2}{g}.$$

Скорость истечения жидкости из спыска

$$v = \mu \sqrt{2gH},$$

где  $\mu = 0,97$  — коэффициент расхода;  
 $H$  — напор в м.

После подстановки значения  $v$  в формулу реакции струи, получим

$$R = 1500d^2H.$$

Если вместо напора  $H$  в метрах подставить давление  $p$  в атмосферах, а диаметр спыска  $d$  взять в сантиметрах, то получим

$$R = 1,5d^2p. \quad (63)$$

Формула (63) показывает, что реакция струи воды на ствол пропорциональна квадрату диаметра спыска и удельному давлению.

**Пример 1.** Давление у спыска  $p = 3$  ат, диаметр спыска 2,2 см. Определить реакцию струи.

**Решение.** Подставив эти значения в формулу (63), получим

$$R = 1,5 \times 2,2^2 \times 3 = 21,8 \text{ кг.}$$

**Пример 2.** Давление у спыска лафетного ствола  $p = 6$  ат, диаметр спыска 4 см. Определить реакцию струи.

**Решение.** Подставив эти значения в формулу (63), получим

$$R = 1,5 \times 4^2 \times 6 = 144 \text{ кг.}$$

Из последнего примера видно, что реакция струи может достигать для лафетных стволов больших значений, а поэтому должна учитываться при их установке.

Кроме того, лафетный ствол при работе наклоняется в ту или другую сторону; при этом вода, проходя по закруглению рукава с большой скоростью, создает центробежную силу инерции, которую также необходимо учитывать.

## § 9. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ УДАР

Гидравлическим ударом называется явление резкого повышения давления в трубопроводе с движущейся жидкостью, возникающее при быстром (почти мгновенном) закрытии трубопровода, в котором двигалась жидкость. Процесс остановки жидкости и повышения давления во всем трубопроводе осуществляется в течение очень короткого промежутка времени, измеряемого долями секунды.

Гидравлический удар — очень сложное явление.

Первое теоретическое обоснование гидравлического удара было сделано профессором Н. Е. Жуковским (1898 г.), произ-



водившим в Москве специальные опыты над водопроводом длиной 760 м.

Для вычисления ударного давления при гидравлическом ударе Н. Е. Жуковским предложена формула

$$p_2 = p_1 + \frac{\gamma v \lambda}{g}.$$

Или повышение давления

$$p = \frac{\gamma v \lambda}{g}, \quad (64)$$

где  $p_2$  — давление при гидравлическом ударе;

$p_1$  — давление до гидравлического удара;

$p$  — повышение давления при гидравлическом ударе;

$\gamma$  — объемный вес (для воды 1000 кг/м<sup>3</sup>);

$g$  — ускорение силы тяжести (9,81 м/сек<sup>2</sup>);

$v$  — скорость течения в м/сек до гидравлического удара;

$\lambda$  — скорость распространения ударной волны в м/сек.

Скорость распространения ударной волны зависит от внутреннего диаметра трубы, толщины ее стенок и упругости материала, из которого труба сделана.

Для чугунных водопроводных труб значения скорости распространения ударной волны приведены в табл. 19.

Таблица 19

**Скорость распространения ударной волны при гидравлическом ударе для чугунных водопроводных труб**

Диаметр трубы в мм . . . . .	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600
Толщина стенок в мм . . . . .	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13	14	15	16	18
$\lambda$ в м/сек . . . . .	1338	1279	1237	1206	1185	1165	1142	1129	1119	1110	1096

Для вычисления численного значения скорости распространения ударной волны  $\lambda$  также выведена формула Н. Е. Жуковским

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{\frac{\gamma}{g} \left( \frac{1}{E_1} + \frac{D}{e E_2} \right)}}, \quad (65)$$

где  $\gamma$  — объемный вес жидкости;

$g$  — ускорение силы тяжести;

$E_1$  — модуль упругости жидкости;

$E_2$  — модуль упругости стенок трубы;

$D$  — внутренний диаметр трубы;

$e$  — толщина стенки трубы.

Модуль упругости воды  $20\,700 \text{ кг/см}^2$ , чугунных труб  $1\,000\,000 \text{ кг/см}^2$ , стальных труб  $2\,200\,000 \text{ кг/см}^2$ .

**Пример.** Определить повышение давления при гидравлическом ударе в чугунной трубе диаметром  $100 \text{ мм}$ , если скорость течения  $v = 1 \text{ м/сек}$ .

**Решение.** По формуле (64)

$$p = \frac{1000 \times 1 \times 1279}{9,81} = 130377 \text{ кг/м}^2 = 13,0377 \text{ кг/см}^2 = 13 \text{ ат.}$$

Гидравлический удар представляет собой вредное явление, так как в результате его может произойти разрыв трубопроводов, а поэтому необходимо принимать меры для его предотвращения. К причинам, вызывающим опасность появления гидравлического удара, относятся:

1) повышенная скорость протекания жидкости, которая увеличивает давление при гидравлическом ударе; поэтому в водопроводах не следует допускать больших скоростей без принятия соответствующих предохранительных мер;

2) резкое закрытие крана; поэтому следует устанавливать краны и задвижки, закрывающиеся медленно; время закрытия  $t$  в секундах может быть подсчитано по следующей формуле Н. Е. Жуковского:

$$t \geq \frac{vl}{49p_t}, \quad (66)$$

где  $l$  — длина трубы в  $\text{м}$ ;

$v$  — скорость течения в  $\text{м/сек}$ ;

$p_t$  — допускаемое повышение давления в  $\text{ат}$ .

Для уменьшения вредного действия гидравлического удара могут устанавливаться предохранительные клапаны или воздушные колпаки.

**Пример.** Определить время  $t$  закрытия задвижки для трубы диаметром  $200 \text{ мм}$ , длиной  $1000 \text{ м}$ .

$v = 2 \text{ м/сек}$ . Допускаемое давление в трубе не более  $10 \text{ ат}$ , статическое давление  $4 \text{ ат}$ .

**Решение.** Допустимое повышение давления от гидравлического удара

$$p_t = 10 - 4 = 6 \text{ ат.}$$

По формуле (66) время закрытия задвижки

$$t \geq \frac{2 \times 1000}{49 \times 6} = 6,8 \text{ сек.}$$

## § 10. ПОНЯТИЕ О РАБОТЕ НАСОСОВ

Механический подъем воды для пожаротушения производится центробежными, поршневыми и другими насосами, а также различными водоподъемниками.

Насосы могут быть стационарными и передвижными.

Наиболее распространены *центробежные насосы*, как более надежные в эксплуатации и имеющие высокую производительность.

## Центробежные насосы

Работу центробежного насоса рассмотрим на схеме (рис. 33). При вращении рабочего колеса 1 вода, проходя через приемный клапан 2 и всасывающий трубопровод 3, попадает в рабочее колесо, где захватывается его лопатками 4. Под влиянием центробежных сил, возникающих в сфере действия рабочего колеса, вода выбрасывается из него и нагнетается, проходя в спиральный кожух 5 и напорный трубопровод 6.

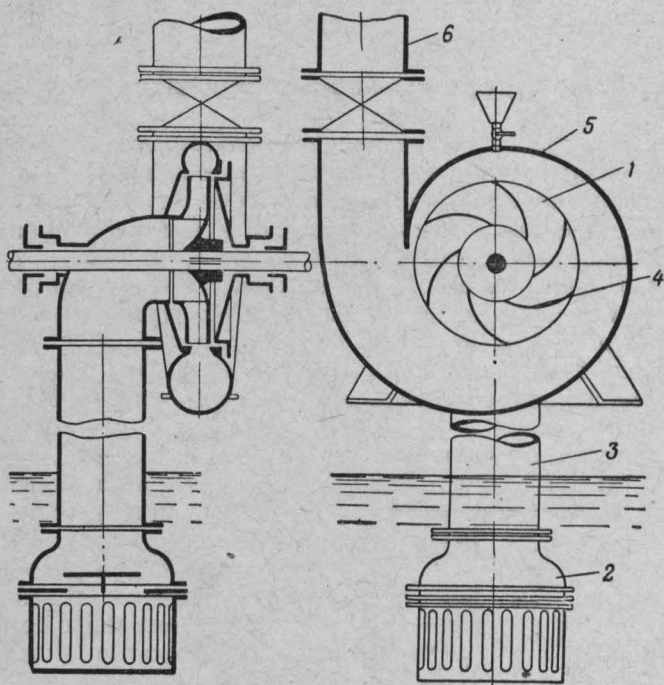


Рис. 33. Схема работы центробежного насоса:

1 — рабочее колесо; 2 — приемный клапан; 3 — всасывающий трубопровод;  
4 — лопатки; 5 — спиральный кожух; 6 — напорный трубопровод

Таким образом, при вращении вала насоса вода непрерывно будет поступать в напорный трубопровод. При этом для пуска насоса необходимо предварительно заполнить его корпус и весь всасывающий трубопровод водой.

Центробежные насосы разделяются по числу колес, способу подвода воды к рабочему колесу и расположению вала.

По числу колес насосы делятся на одноступенчатые (одноколесные) и многоступенчатые, имеющие несколько последовательно расположенных колес на одном валу.

Вода во многоступенчатом насосе проходит последовательно через все колеса, при этом каждое дополнительное колесо увеличивает напор на определенную величину.

По способу подвода воды к рабочему колесу центробежные насосы делятся на насосы с односторонним и насосы с двусторонним входом воды на рабочее колесо. Последние имеют то преимущество, что в них на колесо с обеих сторон действует одинаковое давление воды, благодаря чему колесо не оказывает осевого давления на вал, что наблюдается в насосах с односторонним входом воды.

По расположению вала насосы разделяются на горизонтальные и вертикальные; последние применяются для подъема воды из скважин.

### Полный напор, высота всасывания и нагнетания насосов

Насос работает на преодоление геодезической высоты подъема  $H_r$  и на преодоление гидравлических сопротивлений  $h$ , причем эти сопротивления представляют собой сумму потери напора на трение по длине трубопроводов  $h_l$  и потери напора на преодоление местных сопротивлений  $h_m$ .

Полный напор насоса  $H$  представляет собой разность удельной энергии между нагнетательным и всасывающим патрубками насоса, выраженную в метрах водяного столба.

В насосной установке, изображенной на рис. 34, обозначим:

абсолютное давление в точке  $A$  — через  $p_a$ , в точке  $B$  — через  $p_b$ ; скорость во всасывающей трубе —  $v_{вс}$ , в нагнетательной —  $v_n$ . Вертикальное расстояние между точками  $A$  и  $B$  обозначим через  $Z$ , между точкой  $A$  и горизонтом воды в источнике — через  $Z_a$ , точкой  $B$  — через  $Z_b$ . Тогда удельная энергия в точках  $A$  и  $B$ , отнесенная к горизонту воды в источнике, определится

$$e_a = Z_a + \frac{p_a}{\gamma} + \frac{v_{вс}^2}{2g};$$

$$e_b = Z_b + \frac{p_b}{\gamma} + \frac{v_n^2}{2g}.$$

Следовательно, полный напор насоса

$$H = e_b - e_a = \frac{p_b - p_a}{\gamma} + Z_b - Z_a + \frac{v_n^2 - v_{вс}^2}{2g}$$

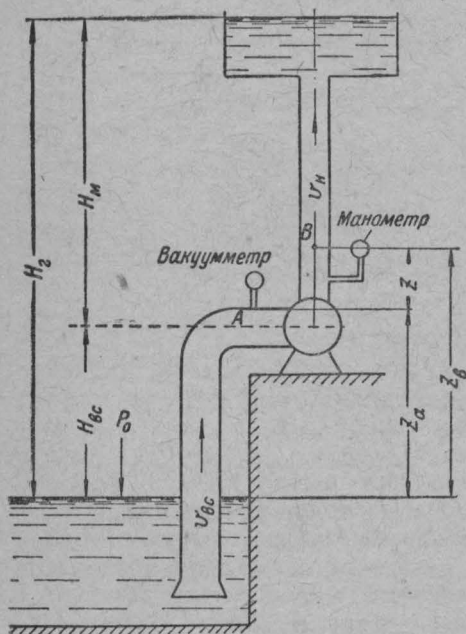


Рис. 34. Схема насосной установки

или

$$H = \frac{p_b - p_a}{\gamma} + Z + \frac{v_n^2 - v_{bc}^2}{2g}, \quad (67)$$

где  $Z = Z_b - Z_a$ .

Так как  $p_a = p_0 - p_{\text{вак}}$ , а  $p_b = p_0 + p_m$ , где  $p_0$  — атмосферное давление,  $p_{\text{вак}}$  — вакуумметрическое давление и  $p_m$  — манометрическое давление, то, подставляя эти значения в формулу (67), получим

$$H = \frac{p_m + p_{\text{вак}}}{\gamma} + Z + \frac{v_n^2 - v_{bc}^2}{2g}. \quad (68)$$

Обозначая  $\frac{p_m}{\gamma} = H_m$ , а  $\frac{p_{\text{вак}}}{\gamma} = H_{\text{вак}}$ , получим

$$H = H_m + H_{\text{вак}} + Z + \frac{v_n^2 - v_{bc}^2}{2g}, \quad (69)$$

где  $H_m$  — показание манометра в  $m$  водяного столба;

$H_{\text{вак}}$  — показание вакуумметра в  $m$  водяного столба;

$Z$  — расстояние между отметками замера давлений в  $m$ ;

$v_n$  — скорость течения воды в точке присоединения манометра в  $m/\text{сек}$ ;

$v_{bc}$  — скорость течения воды в точке присоединения вакуумметра в  $m/\text{сек}$ ;

$g$  — ускорение силы тяжести в  $m/\text{сек}^2$ .

Обычно манометр и вакуумметр располагаются почти на одном уровне, а поэтому можно для простоты считать, что  $Z = 0$ ; тогда

$$H = H_m + H_{\text{вак}} + \frac{v_n^2 - v_{bc}^2}{2g}. \quad (70)$$

Полный напор насоса принято называть *манометрическим*.

При подаче воды в водопровод (или рукавную систему) полный напор насоса должен быть равен разности геодезических отметок уровней жидкости в верхнем и нижнем резервуарах плюс сумма потерь напора во всасывающем и напорном трубопроводах (рис. 35):

$$H = H_r + \Sigma h;$$

$$\Sigma h = \Sigma h_{\text{вс}} + \Sigma h_n, \quad (71)$$

где  $h_{\text{вс}}$  — потери напора во всасывающей трубе;

$h_n$  — потери напора в нагнетательной трубе.

Полный напор насоса, или полная высота подачи воды, делится на высоту всасывания и высоту нагнетания.

*Геодезической высотой всасывания насоса*  $H_{\text{вс.г}}$  называется расстояние по вертикали от уровня воды в нижнем резервуаре до центра насоса (оси вала).



Приведенной (или гидродинамической) высотой всасывания называется сумма геодезической высоты всасывания и всех потерь напора во всасывающем трубопроводе:

$$H_{\text{вс. п}} = H_{\text{вс. г}} + \Sigma h_{\text{вс.}} \quad (72)$$

Вакууметрическая высота всасывания, т. е. показание вакуумметра больше приведенной высоты на величину скоростного напора:

$$H_{\text{вак}} = H_{\text{вс. г}} + \Sigma h_{\text{вс.}} + \frac{v_{\text{вс.}}^2}{2g} \quad (73)$$

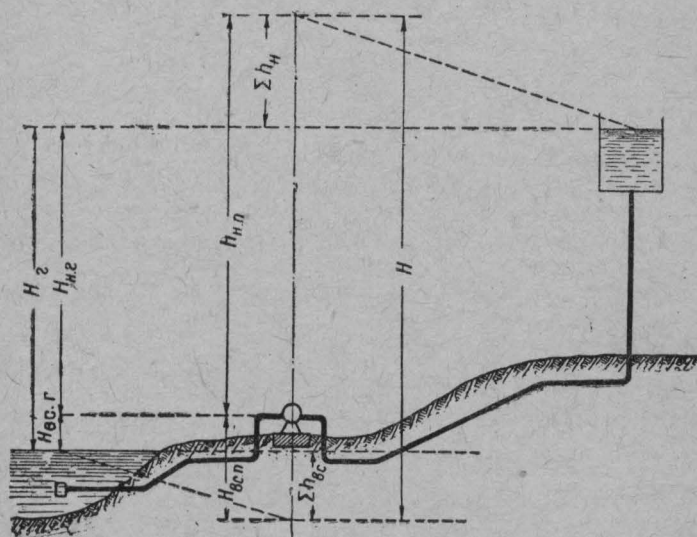


Рис. 35. Схема полной напорной установки

Высота всасывания насосов ограничена и зависит от величины атмосферного давления, температуры воды, конструкции насосной установки, числа оборотов и производительности насоса. Допустимая высота всасывания насосов устанавливается опытным путем и указывается в заводской характеристике. Превышение высоты всасывания сверх определенного предела ведет к образованию в жидкости пузырьков и пустот, заполненных парами воды и выделившимися из нее газами; это явление носит название *кавитации*.

В центробежных насосах при кавитации снижаются напор, расход и коэффициент полезного действия, разрушаются лопатки рабочего колеса. Явление кавитации сопровождается шумом и треском в насосе. При большой высоте всасывания образование пустот может привести к разрыву сплошного потока и прекращению работы насоса.

В табл. 20 показана зависимость атмосферного давления от высоты над уровнем моря.

Таблица 20

**Зависимость атмосферного давления от высоты над уровнем моря**

Высота над уровнем моря в м . . . . .	0	200	400	600	800	1000	1500	2000
Атмосферное давление в мм рт. ст. . . . .	760	742	724	707	690	674	635	598
Атмосферное давление в м вод. ст. . . . .	10,33	10,1	9,8	9,6	9,4	9,2	8,6	8,1

Сопротивления подъему воды при всасывании складываются из следующих величин: напора, необходимого для создания скорости во всасывающем трубопроводе (рукаве); трения воды о стенки трубопровода; напора, необходимого для открытия всасывающего клапана; трения воды при прохождении через отверстие всасывающего клапана; трения воды при прохождении через всасывающую сетку. Кроме того, могут быть потери вакуума от неплотностей в соединениях всасывающей линии.

При увеличении температуры воды увеличивается упругость ее пара. Из табл. 21 видно, что при 100°С упругость пара воды равна давлению атмосферы и, следовательно, всасывание становится невозможным. Практически в результате наличия других сопротивлений всасывание становится невозможным уже при 60—70°С.

Таблица 21

**Зависимость упругости пара воды от температуры**

Температура воды в °С . . .	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Упругость пара воды в мм рт. ст. . . . .	4,6	9,16	17,39	31,55	54,91	91,98	148,79	233,08	354,62	525,39	760,0
Упругость пара воды в м вод. ст. . . . .	0,06	0,12	0,24	0,43	0,75	1,25	2,02	3,17	4,82	7,14	10,33

В заводских характеристиках обычно указывается допустимая приведенная или вакууметрическая высота всасывания насоса.

Если известна допустимая приведенная высота всасывания  $H_{\text{вс. п}}^{\text{доп}}$ , то допустимую геодезическую высоту всасывания определяют из формулы

$$H_{\text{вс. г}}^{\text{доп}} = H_{\text{вс. п}}^{\text{доп}} - \Sigma h_{\text{вс.}} \quad (74)$$

Когда известна допустимая вакууметрическая высота всасывания, то допустимую геодезическую высоту всасывания определяют из формулы

$$H_{\text{вс. г}}^{\text{доп}} = H_{\text{вак}}^{\text{доп}} - \Sigma h_{\text{вс.}} - \frac{v_{\text{вс.}}^2}{2g} \quad (75)$$

*Геодезической высотой нагнетания*  $H_{\text{н. г}}$  называется расстояние по вертикали от центра насоса до уровня воды в верхнем резервуаре (см. рис. 35).

*Приведенной или гидродинамической высотой нагнетания*  $H_{\text{н. п}}$  называется сумма геодезической высоты нагнетания и всех потерь напора в нагнетательном трубопроводе:

$$H_{\text{н. п}} = H_{\text{н. г}} + \Sigma h_{\text{н.}} \quad (76)$$

Манометрическая высота нагнетания  $H_{\text{м}}$ , т. е. показания манометра, меньше гидродинамической высоты нагнетания на величину скоростного напора  $\frac{v_{\text{н}}^2}{2g}$

$$H_{\text{м}} = H_{\text{н. г}} + \Sigma h_{\text{н.}} - \frac{v_{\text{н}}^2}{2g} \quad (77)$$

Высота нагнетания не ограничивается; она всецело зависит от конструкции насосной установки.

### Коэффициент полезного действия и мощность насосов

В насосе часть энергии, получаемой от двигателя, затрачивается на трение, на гидравлические сопротивления внутри насоса и на обратную утечку воды через неплотности, имеющиеся в насосе.

Отношение полезной энергии, отданной насосом в виде поднятой воды, к энергии, полученной насосом от двигателя, называется *коэффициентом полезного действия насоса*. Коэффициент полезного действия может быть в пределах 0,6—0,9.

*Мощностью насоса* называется работа, развиваемая им в единицу времени (секунду). Мощность выражается формулой

$$N = \frac{\gamma H Q}{\eta} \text{ кгм/сек},$$

или, так как 75 кгм/сек равны 1 л. с., то

$$N = \frac{\gamma Q H}{75 \eta}, \quad (78)$$

где  $N$  — мощность;  
 $\gamma$  — вес 1 л воды в кг;  
 $Q$  — расход воды в л/сек;  
 $H$  — высота подъема в м;  
 $\eta$  — коэффициент полезного действия.

Так как вес 1 л воды обычно принимают равным 1 кг, то эта формула будет иметь вид

$$N = \frac{QH}{75\eta}. \quad (79)$$

## Производительность и напор центробежных насосов

Производительность (расход) центробежного насоса изменяется при изменении величины напора; с увеличением напора производительность уменьшается.

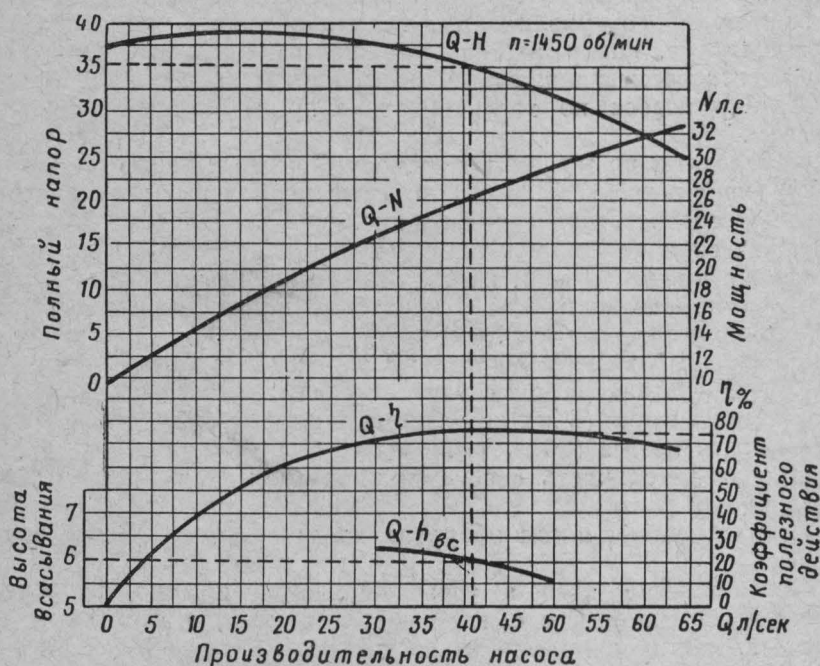


Рис. 36. Рабочая характеристика центробежного насоса

Зависимость производительности центробежного насоса от полного напора определяется опытным путем и изображается на графике, называемом рабочей характеристикой насоса (рис. 36). С изменением производительности меняются также мощность и коэффициент полезного действия.



Обычно характеристика насоса при постоянном числе оборотов имеет вид, показанный на рис. 36, и представляет собой график, состоящий из следующих кривых:

а) кривой  $Q-H$ , показывающей изменение напора в зависимости от расхода, или, наоборот, изменение расхода в зависимости от напора;

б) кривой  $Q-N$ , показывающей изменение потребляемой насосом мощности в зависимости от расхода и напора;

в) кривой  $Q-\eta$ , показывающей изменение коэффициента полезного действия в зависимости от расхода и напора;

г) кривой  $Q-h_{вс}$ , показывающей допускаемую высоту всасывания.

На характеристике насоса  $Q-H$ , как правило, указываются рекомендуемые границы применения насоса. Влево от этих границ работа насоса неустойчива, расход становится пульсирующим, насос работает с шумом, при низком коэффициенте полезного действия. Вправо от границ рабочей зоны нормальная работа насоса нарушается вследствие возникновения кавитации и значительного увеличения гидравлических сопротивлений внутри насоса, напор насоса уменьшается, снижается допускаемая высота всасывания, падает коэффициент полезного действия.

Подбор насоса по характеристике производится следующим образом.

Определяют по заданному расходу  $Q$  полный напор  $H=H_r + \Sigma h$  (например,  $H=35$  м) и отыскивают на вертикальной шкале  $H$  соответствующее давление. Через найденное давление проводят горизонтальную линию (пунктир на рис. 36) до пересечения с кривой  $Q-H$ ; из точки пересечения опускают вертикальную линию до шкалы  $Q$  и находят производительность насоса (например, 41 л/сек).

По точкам пересечения той же вертикали с кривыми  $Q-h_{вс}$ ,  $Q-\eta$  и  $Q-N$  находят на соответствующих шкалах допускаемую высоту всасывания (6 м), коэффициент полезного действия (74%) и мощность насоса (26 л. с.).

Производительность насоса должна быть равна или близка к заданному расходу.

При изменении числа оборотов характеристика насоса изменяется.

Стационарные насосы устанавливаются обычно непосредственно соединенными с электродвигателями, число оборотов которых, как правило, всегда постоянно.

Передвижные пожарные насосы в большинстве случаев работают от двигателей внутреннего сгорания и поэтому имеют различные числа оборотов в зависимости от режима работы двигателя.

Для автонасосов или мотопомп определяют производительность и напор, развиваемые насосом при определенном режиме работы двигателя, рассчитанного на длительную работу (например, трехчасовую) с учетом, чтобы не было перегрузки двигателя.



Если полученные при расчете рукавной системы расходы воды и напоры будут меньше, чем расходы воды и напоры, которые могут быть получены при предельном режиме работы автономного насоса или мотопомпы, либо равны им, то подача воды будет обеспечена.

В табл. 22 приводятся расходы воды и напоры, полученные при предельных режимах работы автономных насосов ПМЗ-1 (ЗИС-11) и ПМГ-1 (ГАЗ-АА), а также расходы воды и напоры, развиваемые насосами ПН-25А и ПН-40 согласно заводской характеристике при 2000 оборотах в минуту.

Таблица 22

**Расходы воды и напоры насосов**

Расход воды в л/сек	Напор в м водяного столба			
	ПМЗ-1 (ЗИС-11)	ПМГ-1 (ГАЗ-АА)	ПН-25А	ПН-40
5	80	70	150	104
6	79	69	147	103
7	78	67	145	103
8	77	66	142	103
9	76	64	138	103
10	74	62	135	102
11	72	60	132	102
12	70	57	128	102
13	68	55	125	102
14	66	51	122	101
15	64	48	118	101
16	61	44	114	101
17	59	40	110	100
18	56	—	107	100
19	54	—	104	99
20	50	—	101	99
22	—	—	94	98
24	—	—	87	97
26	—	—	79	96
28	—	—	71	95
30	—	—	63	94
32	—	—	—	93
34	—	—	—	92
36	—	—	—	90
38	—	—	—	88
40	—	—	—	86

**Водоструйные насосы**

В противопожарном водоснабжении водоструйные насосы применяются для отсасывания (эжекторы) и подъема воды (гидроэлеваторы).

Эжекторы применяются для отсасывания излишне пролитой воды в помещениях при тушении пожара.

Гидроэлеваторы могут применяться для увеличения высоты всасывания при подаче воды автонасосом, если высота всасывания превышает 6—7 м, а также при очень длинной всасывающей линии (например, у открытого водоисточника с широкой заболоченной поймой) и т. п.

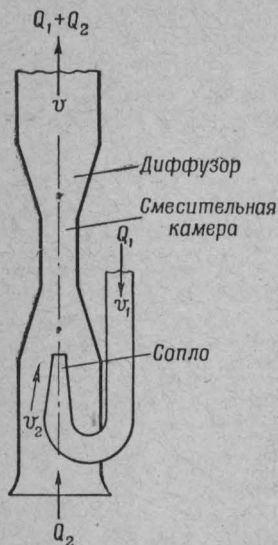


Рис. 37. Схема водоструйного насоса

Преимуществом водоструйных насосов является простота конструкции, отсутствие подвижных частей и надежность в работе; недостаток — низкий коэффициент полезного действия.

Принцип работы водоструйного насоса заключается в следующем (рис. 37).

Вода, находящаяся под избыточным напором  $H$ , вытекает из сопла площадью сечения  $\omega_1$  в количестве  $Q_1$  с большой скоростью  $v_1$  в смесительную камеру и создает в ней разрежение.

В кольцевой зазор между соплом и камерой смешения площадью сечения  $\omega_2$  вследствие образовавшегося здесь разрежения всасывается вода со скоростью  $v_2$  в количестве  $Q_2$  и смешивается с рабочей струей воды. Напор рабочей струи создается каким-либо насосом.

Напор воды  $H_2$ , поступающей из смесительной камеры в количестве  $Q_1 + Q_2$ , создается за счет преобразования кинетической энергии в энергию давления в конически расширяющейся

трубе — диффузоре.

Коэффициент полезного действия водоструйного насоса довольно низкий и колеблется в пределах 20—25%. Для водоструйного насоса коэффициент полезного действия представляет собой отношение работы, затраченной на подъем жидкости, к затраченной энергии рабочей струи:

$$\eta = \frac{Q_2 H_2}{Q_1 (H_1 - H_2)}, \quad (80)$$

где  $Q_1$  — расход воды, идущей через сопло; —  
 $Q_2$  — расход воды, поступающей из источника;  
 $H_1$  — напор воды, поступающей через сопло;  
 $H_2$  — напор воды, выходящей из диффузора.

Отношение всасываемого полезного расхода воды водоструйным насосом  $Q_2$  к расходу рабочей воды  $Q_1$ , подаваемому к соплу, называется *коэффициентом подмешивания*:

$$\beta = \frac{Q_2}{Q_1}. \quad (81)$$

Коэффициент подмешивания  $\beta$  может быть в пределах 0,4—1,0 и определяется по формуле

$$\beta = \frac{B}{A} + \sqrt{\frac{B^2}{A^2} + \frac{C}{A}},$$

где  $A = \alpha(\mu^2 - 1) + \xi$ ;

$$\alpha = \frac{H^2}{H_1 - H_2} = 0,055\lambda + 0,155;$$

$$\lambda = \frac{p}{H_2\gamma};$$

$p$  — разрежение в камере смешения;

$\gamma$  — объемный вес;

$$\mu = \sqrt{\frac{1}{\lambda\alpha} + 1};$$

$\xi = 0,15$  — коэффициент сопротивления;

$$B = -\alpha(\mu^2 - 1) + \mu(1 - \xi) - 1;$$

$$C = \mu^2(1 - \xi) - \alpha(\mu^2 - 1) - 1.$$

Величина разрежения в эжекторе в метрах может быть определена по формуле

$$p = \frac{H_1\omega_1^2}{\omega_2^2} - H_1,$$

где  $\omega_1$  — площадь сечения отводящей трубы в  $m^2$ ;

$\omega_2$  — площадь суженного сечения в  $m^2$ ;

$H_1$  — напор воды, подаваемой к эжектору, в  $m$ .

Требуемое количество подаваемой к эжектору рабочей воды  $Q_1$  в  $л/сек$  может быть определено по формуле

$$Q_1 = \frac{Q_2 H_2}{\eta(H_1 - H_2)}, \quad (82)$$

где  $Q_2$  — производительность эжектора в  $л/сек$ ;

$H_2$  — высота подачи воды эжектором в  $m$ ;

$H_1$  — напор воды, подаваемой к эжектору, в  $m$ ;

$\eta$  — коэффициент полезного действия эжектора.

Необходимый напор у сопла определяется по формуле

$$H_1 = 1,1H_2\left(\frac{\beta}{\eta} + 1\right), \quad (83)$$

где  $H_2$  — высота подачи воды эжектором в  $m$ ;

$\beta$  — коэффициент подмешивания;

$\eta$  — коэффициент полезного действия эжектора.

## Г Л А В А  III

### ПРОТИВОПОЖАРНЫЙ ВОДОПРОВОД

Противопожарное водоснабжение при помощи водопровода является одним из разделов общего комплекса вопросов, связанных с удовлетворением потребностей в воде на различные нужды объекта.

При нашей социалистической системе ведения хозяйства все вопросы обеспечения водой объектов решаются комплексно, с учетом взаимного технического и экономического влияния всех видов водопотребления.

Существующие противопожарные нормы (Н-102—54) требуют противопожарные водопроводы, как правило, объединять с производственными или хозяйственно-питьевыми водопроводами.

Самостоятельные противопожарные водопроводы допускаются только в том случае, когда объединение их с хозяйственно-питьевыми или производственными водопроводами экономически нецелесообразно.

Так как противопожарные водопроводы обычно устраиваются объединенными с другими видами водоснабжения, то при изучении вопросов противопожарного водоснабжения необходимо ознакомиться со всеми видами водопроводных сооружений, связанных с подачей воды к месту потребления.

#### § 1. ОСНОВНЫЕ СИСТЕМЫ И СХЕМЫ ВОДОПРОВОДОВ

Системой водоснабжения называется комплекс сооружений и машин, взаимно связанных и предназначенных для забора воды из источников, подъема ее на высоту, очистки (в случае необходимости), хранения запасов воды и транспортирования ее к месту потребления.

Состав сооружений и схемы водоснабжения весьма разнообразны и зависят от многих условий: назначения водопровода, вида источников и свойств воды в них, от требования потребителей в отношении свойств воды, от рельефа местности, рода и количества зданий и сооружений объектов, снабжаемых водой, и т. д.

По назначению водопроводы могут быть:

- а) хозяйственно-питьевые;
- б) производственные;
- в) противопожарные (рассчитанные на тушение струями из стволов — непосредственно или через передвижные насосы-усилители — или при помощи спринклерных или дренчерных установок).

В большинстве случаев все эти виды водопотребления объединяются в одну схему водопровода.

По величине напора противопожарные водопроводы могут быть высокого давления и низкого давления.

При водопроводе *высокого давления* напор, необходимый для тушения пожара непосредственно от гидрантов, создается при возникновении пожара специально установленными стационарными насосами, включаемыми в работу не позднее чем через 5 минут после подачи сигнала.

При водопроводах *низкого давления* необходимый для тушения пожара напор создается передвижными пожарными насосами (автонасосами или мотопомпами), подающими воду от гидрантов к месту пожара. Нормы напоров воды в противопожарных водопроводах высокого и низкого давления изложены в § 4 главы I.

В зависимости от вида источников воды могут быть две схемы водоснабжения: схема с подачей воды из открытого источника и схема с подачей воды из подземного источника.

### **Общая схема водоснабжения из открытых источников**

На рис. 38 приведена общая схема расположения водопроводных сооружений с забором воды из открытого источника (река, озеро).

Для забора воды из открытого источника устраивают водоприемник 1. Водоприемник должен быть устроен таким образом, чтобы по возможности предотвратить попадание в водопровод и его сооружения взвешанных частиц и плавающих предметов, которые могут находиться в воде. Из водоприемника вода поступает по самотечной линии 2 в береговой колодец 3, откуда насосами первого подъема 4 подается на очистные сооружения 5.

Береговой колодец устраивается в тех случаях, когда насосная станция первого подъема находится на некотором расстоянии от водоприемника и необходимо уменьшить длину всасывающей линии.

При совмещении насосной станции первого подъема с водозаборными сооружениями необходимость в устройстве берегового колодца и самотечной линии отпадает.

На очистных сооружениях из воды удаляются содержащиеся в ней органические и неорганические вещества, а также микроорганизмы.

Схема работы очистных сооружений зависит от того, для каких целей предназначена вода и какие примеси из воды необходимо удалить.



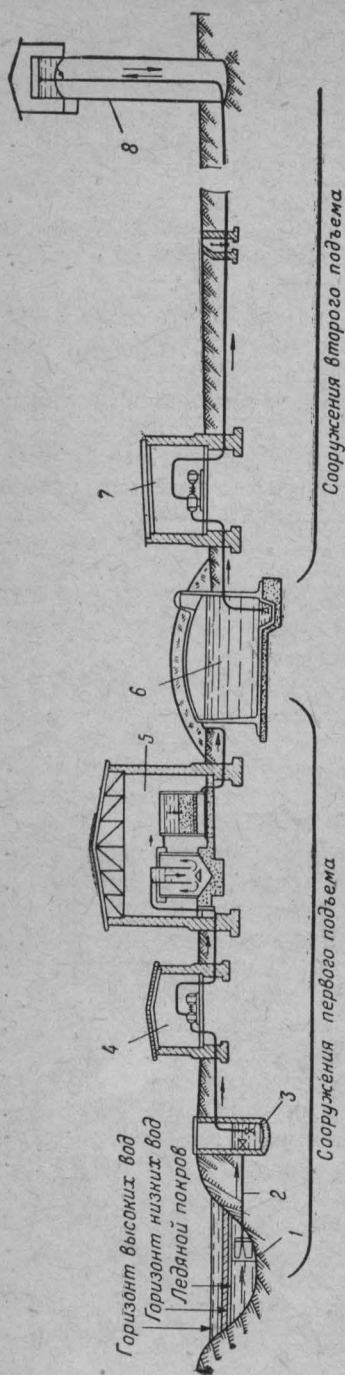


Рис. 38. Общая схема водопроводных сооружений:

1 — водоприемник; 2 — самотечная линия; 3 — береговой колодец; 4 — насосы первого подъема; 5 — очистные сооружения; 6 — резервуар чистой воды; 7 — насосы второго подъема; 8 — водонапорная башня

Из очистных сооружений вода поступает в резервуары чистой воды 6. Эти резервуары (их называют также запасными) предназначаются для хранения необходимого запаса воды на хозяйственно-производственные и противопожарные нужды.

Кроме того, в запасных резервуарах хранится регулирующий объем воды, который определяется расчетом в зависимости от неравномерности водопотребления по часам суток.

Из запасных резервуаров вода забирается насосами второго подъема 7 и далее, в зависимости от схемы водопровода, подается непосредственно по водопроводной сети к месту потребления или в резервуар водонапорной башни 8.

Водонапорная башня предназначена для регулирования расхода воды, поддержания необходимого напора в сети и хранения пожарного запаса воды. На объектах с большим потреблением воды в течение всех часов суток и при наличии большого количества насосов на насосной станции второго подъема регулирование расхода воды может производиться насосами путем включения дополнительных насосов при повышении расхода и выключения насосов при снижении расхода. В этом случае необходимость в установке водонапорной башни отпадает.

На объектах с относительно небольшим расходом воды и резким колебанием расхода в течение часов суток регулировать расход насосами экономически не выгодно, а поэтому устраивают водонапорную башню. При наличии водонапорной башни в часы наибольшего водопотребления

вода в водопроводную сеть поступает как от насосной станции второго подъема, так и от водонапорной башни. В часы наименьшего водопотребления часть воды, подаваемой насосной станцией второго подъема, идет по водопроводной сети к потребителям, а часть поступает в резервуар водонапорной башни на восстановление запаса воды в нем.

Высота водонапорной башни должна обеспечить создание требуемого напора в водопроводной сети. С целью уменьшения высоты водонапорной башни ее следует устанавливать в наиболее возвышенных местах, а поэтому она может находиться в начале, в середине или в конце водопроводной сети.

Для выравнивания неравномерности водопотребления в некоторых случаях устраивают пневматические установки, в которых регулирующий объем воды и запас воды на пожарные нужды хранится в металлических резервуарах под давлением сжатого воздуха.

Наружная водопроводная сеть бывает обычно кольцевой и разделяется задвижками на отдельные ремонтные участки.

От наружной водопроводной сети прокладываются вводы к отдельным зданиям, а от вводов в здании прокладывается внутренняя водопроводная сеть.

При отсутствии внутреннего водопровода вода из наружной сети расходуется из водоразборных колонок и кранов, установленных на наружной водопроводной сети.

Потребление воды из сети внутреннего водопровода происходит через водоразборные приборы — умывальники, клозетные бачки, ваннные краны, водоразборные краны и др.

Забор воды для пожаротушения может производиться как от наружной, так и от внутренней водопроводной сети.

На внутренней водопроводной сети, если она обслуживает противопожарные нужды, устраивают *внутренние пожарные краны*, которые используются преимущественно для тушения в начале пожара.

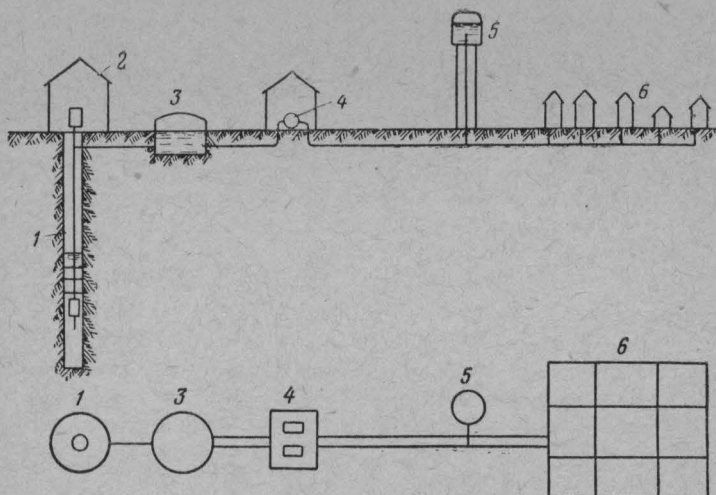
Для тушения наружного пожара на наружной водопроводной сети устанавливаются *пожарные гидранты*.

Объекты, представляющие собой большую пожарную опасность и имеющие большую ценность, в ряде случаев оборудуются *спринклерным и дренчерными устройствами*.

### Схема водоснабжения из подземных источников

При использовании в качестве источника подземных вод устраиваются шахтные или трубчатые колодцы с подачей воды поршневыми или центробежными насосами. Для подъема воды из скважин часто пользуются воздухоподъемниками.

Подача воды из подземных источников может быть осуществлена по схеме, приведенной на рис. 39. Вода из скважины 1 поступает при помощи насосной станции 2 в запасной резервуар 3, из которого насосами второго подъема 4 подается в сеть.



**Рис. 39.** Схема подачи воды из подземного источника:  
1 — скважина; 2 — насосная станция; 3 — запасной резервуар; 4 — насосы второго подъема; 5 — водонапорная башня; 6 — водопроводная сеть

Данная схема отличается от схемы подачи воды из открытых источников наличием специальных водоподъемных устройств для подъема воды из скважины и, как правило, отсутствием очистных сооружений. В остальном она тождественна со схемой подачи воды из открытых источников.

## § 2. ЕМКОСТИ

Емкости могут быть запасные и водонапорные. Запасные емкости устраиваются для создания запаса воды в целях обеспечения бесперебойности водоснабжения. Так, например, запасные емкости устраиваются в том случае, если производительность источника удовлетворяет среднесуточную потребность в воде, но не удовлетворяет максимальной потребности (подземные источники небольшой мощности).

Водонапорные емкости устраиваются для создания как запаса воды, так и напора в разводящей сети. Запас воды в емкостях необходим для обеспечения водоснабжения на время остановки насосной станции, на случай тушения пожара и для покрытия неравномерности расхода в течение суток.

При нормальной работе водопровода насосная станция, подающая воду потребителю, работает более или менее равномерно. Потребление же воды, как правило, не может быть равномерным по часам суток и зависит от того, на какие нужды она расходуется. Так, например, при хозяйственно-питьевом водоснабжении днем всегда потребляется воды больше, чем ночью.

При промышленном водоснабжении потребление колеблется в зависимости от производственных процессов, для которых вода

подается, и обычно также в ночное время потребление воды меньше, чем днем.

Потребление же воды для противопожарных целей производится во время пожара или во время учебных занятий пожарных подразделений.

Кроме того, в крупных населенных пунктах вода обычно расходуется более равномерно, чем в средних и небольших населенных пунктах.

Неравномерность расхода воды в течение суток можно изобразить в виде графика (рис. 40), на котором на горизонтальной оси откладывается время в часах, а на вертикальной оси — расход воды в процентах от полного суточного расхода.

Если насосы в течение суток работают равномерно, подавая 100% суточного расхода, то в час они будут подавать

$$\frac{100}{24} = 4,17\% \text{ от суточного расхода.}$$

Отсюда на графике количество подаваемой воды в течение суток можно изобразить в виде прямоугольника  $aa'bb'$ .

Заштрихованные площадки ниже линии  $a'b'$  выразят излишек воды, подаваемой насосами, по сравнению с количеством ее, израсходованным из сети; заштрихованные площадки выше линии  $a'b'$  выразят излишек воды, израсходованной из сети, против количества, подаваемого насосами. Сумма заштрихованных площадок ниже линии  $a'b'$  ( $17,66 + 4,00 = 21,66\%$ ), равная сумме площадок выше линии  $a'b'$ , и дает необходимую регулируемую емкость резервуара.

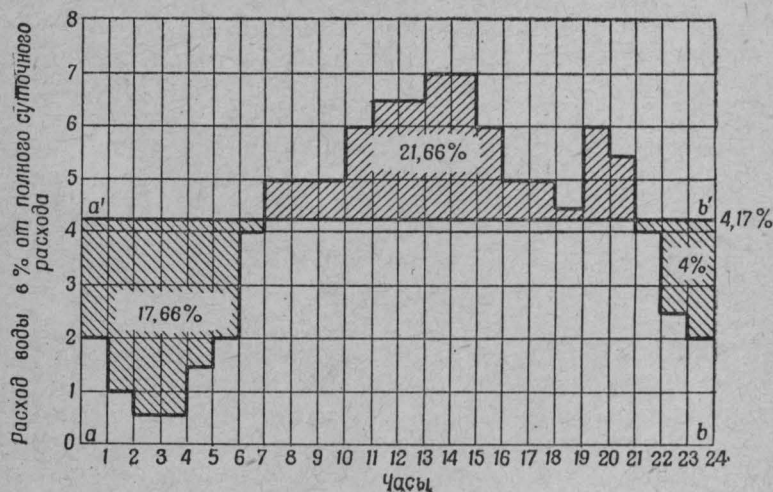


Рис. 40. График потребления воды в процентах от суточного расхода



В часы водопотребления, превышающего подачу насоса (от 7 до 21 часа), питание сети будет происходить за счет емкости резервуаров.

Емкость резервуаров зависит от неравномерности водопотребления и применяемого способа ее выравнивания. Рассмотрим один из этих способов, приведенный на рис. 41. Вода из резервуара 1 забирается насосом 2 и подается в сеть к потребителю, где устраивается водонапорная башня с баком 3.

В этом случае выравнивание неравномерности производится совместно обоими резервуарами.

Поступление воды в резервуар 1 обычно принимают за определенное число часов равномерным. В то же время из резервуара 1 вода может забираться насосами различной производительности и подаваться в сеть только в определенное время

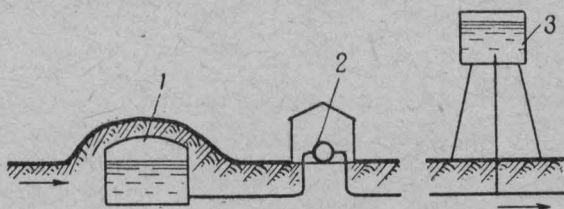


Рис. 41. Схема подачи воды между первичным и вторичным резервуаром:

1 — резервуар; 2 — насос; 3 — бак водонапорной башни

суток, причем на сети может находиться водонапорная башня с баком для выравнивания неравномерности водопотребления. При этом, чем равномернее будет работать насосная станция, тем больше должна быть емкость бака водонапорной башни и наоборот.

Для определения необходимой емкости резервуара и бака водонапорной башни лучше всего пользоваться так называемым интегральным (суммарным) графиком водопотребления. Для построения графика берем из табл. 23 значения суммарного потребления воды от 0 часов до 24 часов и получаем на графике кривую I (рис. 42). При работе насосов равномерно в течение суток получаем наклонную прямую III.

Наибольшая сумма разностей ординат линий потребления и работы насосов определит регулируемую емкость резервуара. В нашем примере она составляет  $17,66 + 4 = 21,66\%$ .

При помощи интегрального графика можно легко решить задачу по определению минимальной емкости резервуаров путем регулирования работы насосов. Так, например, если установить насос, который будет работать 16 часов, то часовая производительность его будет равна:  $\frac{100}{16} = 6,25\%$ .



Если этот насос начнет работу в 6 часов и закончит ее в 22 часа (см. наклонную линию II на рис. 42), когда в резервуаре находится 12% суточного расхода, то разность между подачей воды насосом и потреблением будет максимальной в 22 часа и равной 12% суточного расхода.

Сравнивая интегральные кривые II и III, можно сделать вывод, что второй вариант работы насоса позволяет сократить емкость резервуара на 50% и время работы насоса на 33% с увеличением производительности его на те же 33%.

Регулирующую емкость резервуара можно определить также по табл. 23, занеся в нее для каждого часа в процентах от максимального суточного расхода подачу воды насосами, расход воды из сети, поступление в резервуар, расход воды из резервуара и остаток воды в резервуаре на каждый час. Сумма наибольшего остатка и определяет требуемую регулируемую емкость резервуара.

Таблица 23

Подача, расход и остаток воды

Часы суток	Равномерная подача воды насосами в % от суточного расхода	Часовое потребление воды в % от суточного расхода	Суммарное потребление воды в % от суточного расхода	Поступление воды в резервуар в % от суточного расхода	Расход воды из резервуара в % от суточного расхода	Остаток воды в резервуаре в % от суточного расхода	Равномерная подача воды насосами в % от суточного расхода	Остаток воды в резервуаре в % от суточного расхода
0—1	4,16	2,00	2,00	2,16	—	6,16	—	5,50
1—2	4,17	1,00	3,00	3,17	—	9,33	—	4,50
2—3	4,17	0,50	3,50	3,67	—	13,00	—	4,00
3—4	4,16	0,50	4,00	3,66	—	15,66	—	3,50
4—5	4,17	1,50	5,50	2,67	—	19,33	—	2,00
5—6	4,17	2,00	7,50	2,17	—	21,50	—	0
6—7	4,16	4,00	11,50	0,16	—	21,66	6,25	2,25
7—8	4,17	5,00	16,50	—	0,83	20,83	6,25	3,50
8—9	4,17	5,00	21,50	—	0,83	20,00	6,25	4,75
9—10	4,16	5,00	26,50	—	0,84	19,16	6,25	6,00
10—11	4,17	6,00	32,50	—	1,83	17,33	6,25	6,25
11—12	4,17	6,50	39,00	—	2,33	15,00	6,25	6,00
12—13	4,16	6,50	45,50	—	2,34	12,66	6,25	5,75
13—14	4,17	7,00	52,50	—	2,83	9,83	6,25	5,00
14—15	4,17	7,00	59,50	—	2,83	7,00	6,25	4,25
15—16	4,16	6,00	65,50	—	1,84	5,16	6,25	4,50
16—17	4,17	5,00	70,50	—	0,83	4,33	6,25	5,75
17—18	4,17	5,00	75,50	—	0,83	3,50	6,25	7,00
18—19	4,16	4,50	80,00	—	0,34	3,16	6,25	8,75
19—20	4,17	6,00	86,00	—	1,83	1,33	6,25	9,00
20—21	4,17	5,50	91,50	—	1,33	0,00	6,25	9,75
21—22	4,16	4,00	95,50	0,16	—	0,16	6,25	12,00
22—23	4,17	2,50	98,00	1,67	—	1,83	—	9,50
23—24	4,17	2,00	100,00	2,17	—	4,00	—	7,50
Итого	100,00	100,00	—	21,66	21,66	—	100,00	—

В последних двух колонках табл. 23 приведен пример расчета насосов на 16 часов, с 6 до 22 часов. Здесь получен максимальный объем (12%) к концу 22-го часа и нулевой к концу 5-го часа.

Кроме регулирующего объема, в резервуарах и баках обычно хранится запас воды на производственные нужды (в случае временного увеличения потребления или в случае аварии), а также на пожарные нужды.

Хранение неприкосновенного запаса воды на пожарные нужды согласно нормам должно предусматриваться в том случае, когда получение необходимого для тушения пожара количества воды

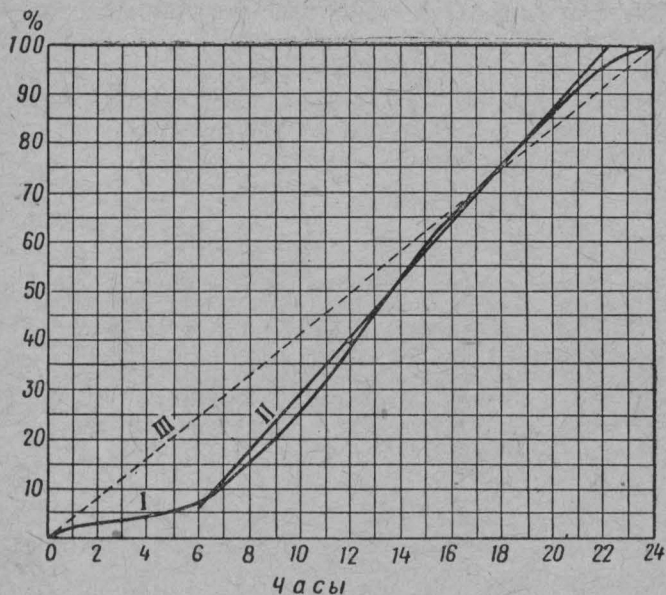


Рис. 42. Интегральный график водопотребления

непосредственно из источников водоснабжения технически невозможно (например, ограниченность дебита скважины) или экономически нецелесообразно.

Объем неприкосновенного запаса воды должен быть определен по расчетному пожарному расходу воды в течение трех часов.

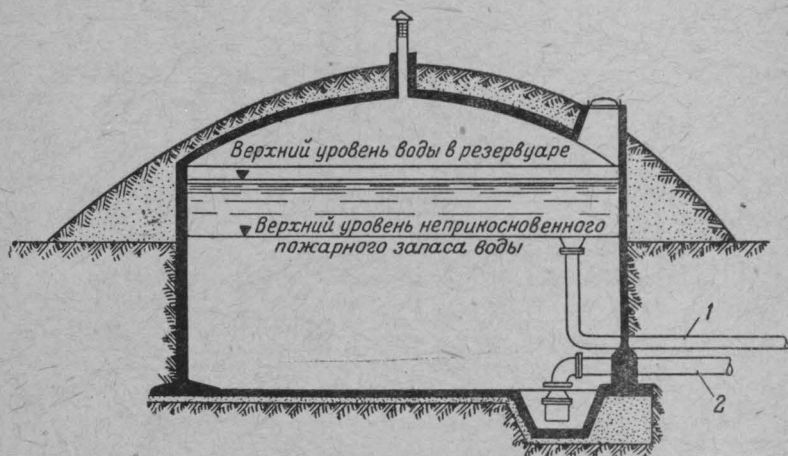
Положим, что на пожарный расход воды требуется 15 л/сек, тогда неприкосновенный пожарный запас будет равен

$$\frac{15 \times 60 \times 60 \times 3}{1000} = 162 \text{ м}^3.$$

Для определения емкости запасных резервуаров к этому расходу воды надо добавить регулирующий объем воды на хозяйственно-производственные нужды.

При определении емкости резервуаров допускается учитывать пополнение их водой за время тушения пожара (3 часа), если гарантируется бесперебойная подача воды.

В противопожарных нормах имеется указание о том, что при объеме неприкосновенного запаса воды  $1000 \text{ м}^3$  и более должны устраиваться два резервуара. Однако практически целесообразно устраивать не менее двух резервуаров, начиная с  $500 \text{ м}^3$ , так как один из резервуаров может находиться в ремонте, подвергаться очистке и пр.



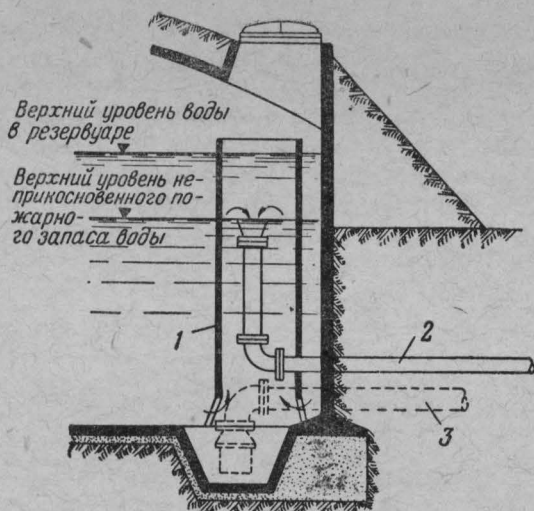
**Рис. 43.** Схема оборудования резервуара всасывающими трубами хозяйственно-производственных и пожарных насосов для сохранения пожарного запаса воды:

1 — всасывающая труба хозяйственно-производственных насосов; 2 — всасывающая труба пожарных насосов

Для предупреждения возможности использования неприкосновенного пожарного запаса воды на другие нужды должны быть приняты специальные меры.

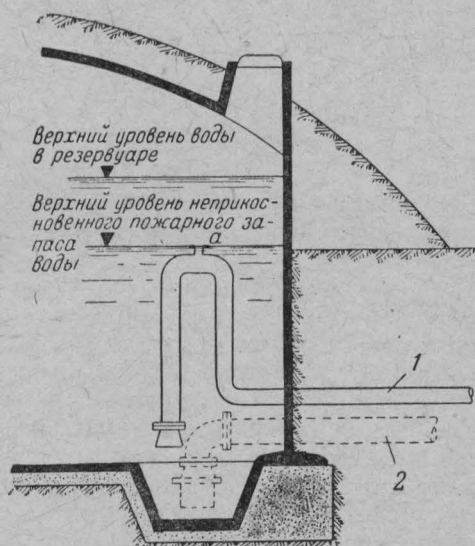
В противопожарных водопроводах высокого давления эта задача решается наиболее просто — путем расположения всасывающей трубы хозяйственно-производственных насосов на верхнем уровне неприкосновенного пожарного запаса воды, а всасывающей трубы пожарных насосов — в приемке резервуара (рис. 43).

В целях обеспечения циркуляции воды в резервуаре для лучшего ее обмена применяют специальные устройства, например кожух (рис. 44), в который заключается всасывающая труба хозяйственно-производственных насосов, или всасывающая труба этих насосов выведена вверх на уровень пожарного запаса и имеет на этом уровне отверстие *а* (рис. 45). Как только уровень воды в резервуаре понизится до этого отверстия, во всасывающую трубу проникнет воздух и работа насосов вследствие этого прекратится; благодаря этому обеспечивается сохранение неприкосновенного пожарного запаса воды.



**Рис. 44.** Схема устройства кожуха на всасывающей трубе хозяйственно-производственных насосов с целью обеспечения лучшего обмена воды в запасном резервуаре:

1 — кожух; 2 — всасывающая труба хозяйственно-производственных насосов; 3 — всасывающая труба пожарных насосов

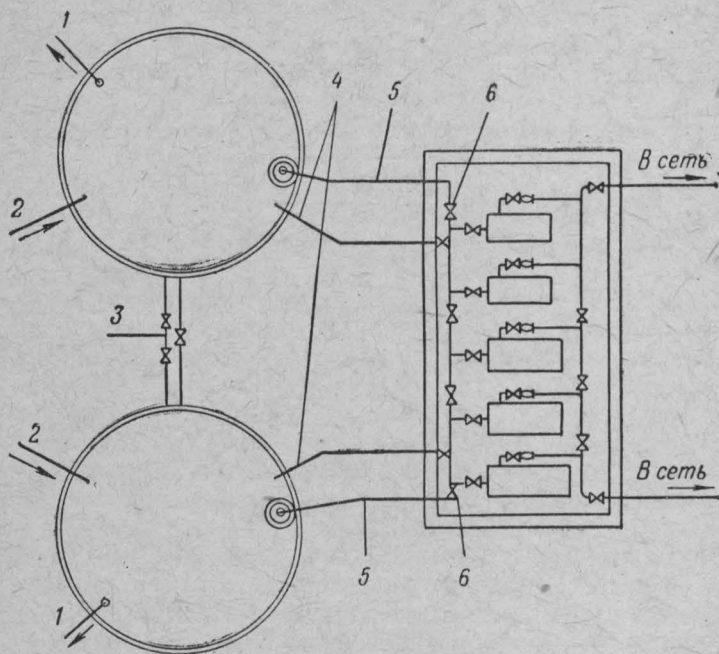


**Рис. 45.** Одна из схем сохранения пожарного запаса воды в противопожарных водопроводах высокого давления:

1 — всасывающая труба хозяйственно-производственных насосов; 2 — всасывающая труба пожарных насосов

В противопожарных водопроводах низкого давления при отсутствии специальных пожарных насосов можно устраивать отдельные всасывающие трубы, причем задвижка всасывающей трубы, предназначенной для пожарных нужд, должна быть запломбирована и открываться только в случае пожара (рис. 46).

В водопроводах низкого давления можно также устраивать одну всасывающую трубу, но в этом случае должна быть надежная сигнализация, указывающая о начале расхода неприкосновенного пожарного запаса воды.



**Рис. 46.** Схема устройства всасывающих линий в противопожарных водопроводах низкого давления:

1 — переливная труба; 2 — подающая труба; 3 — спускная труба; 4 — всасывающая линия хозяйственно-производственных насосов, выводимая на верхний уровень пожарного запаса воды; 5 — всасывающая труба, забирающая запас воды на пожарные нужды; 6 — запломбированная задвижка, открываемая только при пожаре

На рис. 47 приведена схема поплавкового устройства, которое при понижении уровня воды ниже верхнего уровня неприкосновенного пожарного запаса включает световой и звуковой сигналы в помещении насосной станции.

Максимальный срок восстановления неприкосновенного запаса воды должен быть не более:

а) 24 часов в населенных местах и на предприятиях с производствами категорий А, Б и В;

б) 36 часов на предприятиях с производствами категорий Г и Д.



На промышленных предприятиях с пожарным расходом воды до 25 л/сек допускается увеличение времени пополнения пожарного запаса воды при производствах категорий Г и Д до 48 часов, а категории В — до 36 часов.

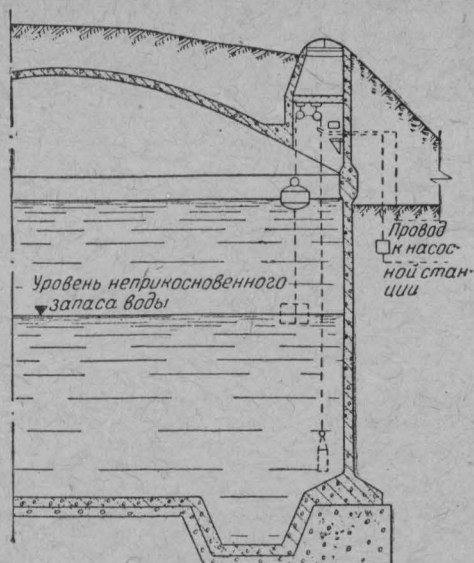


Рис. 47. Поплавковая сигнализация уровня воды в резервуаре

### § 3. НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

Насосные станции разделяются на два типа: станции первого подъема и станции второго подъема.

Насосные станции первого подъема забирают воду из источника водоснабжения и подают ее на очистные сооружения или в запасные емкости.

Насосные станции второго подъема забирают воду из запасных резервуаров и подают ее в водопроводную сеть. Эти станции являются основными сооружениями, обеспечивающими подачу воды на нужды пожаротушения.

Насосные станции, забирающие воду из резервуаров, могут подавать ее на нужды пожаротушения двумя способами:

1) в потребном количестве и под необходимым напором (водопроводы высокого давления), обеспечивающем тушение пожара непосредственно от гидрантов, без помощи привозных пожарных насосов, причем повысители давления должны быть включены не позже 5 минут после подачи сигнала о пожаре;

2) только в потребном на пожарные и другие нужды количестве воды, напор же, необходимый для пожаротушения, создается привозными к месту пожара пожарными насосами (водопроводы низкого давления).

При установке стационарных насосов для пожарного водоснабжения, как правило, устанавливается один резервный насос мощностью не менее наибольшей мощности основного насоса.

Особое внимание обращается на энергопитание насосных станций, так как при выходе из строя источников энергии подача воды не может быть произведена.

Для питания энергией насосных установок противопожарных водопроводов необходимы два независимых источника энергоснабжения.

При наличии двух электроколец, питаемых от нескольких электростанций, от каждого электрокольца включается самостоятельный фидер. При наличии одного электрокольца, питаемого от нескольких электростанций, от него прокладываются два фидера.

Если снабжение электроэнергией производится от одной электростанции, то она может быть признана надежным источником только в том случае, если на ней имеются соответствующие резервные агрегаты. Подача электроэнергии к насосной станции и в этом случае должна производиться по двум фидерам.

Если двух независимых источников электроэнергии нет, то для получения второго источника устанавливают тепловые двигатели (двигатели внутреннего сгорания). При этом, если имеется один источник электроэнергии с круглосуточной подачей тока, то в качестве резерва предусматривают насос от теплового двигателя. Включение в работу этого резервного насоса должно осуществляться в течение не более 5 минут.

Если имеющийся один источник электроэнергии не надежен (например, электростанция работает только в вечернее и ночное время), то, как правило, оба пожарных насоса следует устанавливать с двигателями внутреннего сгорания.

Для небольших объектов с пожарным расходом воды до 25 л/сек, а также для предприятий категорий Г и Д с производственными зданиями I и II степени огнестойкости согласно нормам допускается установка одного пожарного насоса, без резерва, при одном источнике электроэнергии, наличие которой обеспечивается круглые сутки. При этом подача электроэнергии к насосной станции должна производиться по отдельному фидеру.

Соединение насосов с электродвигателем должно быть, как правило, непосредственным. Применение для этой цели ременной передачи не допускается.

При компоновке оборудования насосной станции принимают меры для обеспечения простоты пуска в действие пожарных насосов.

С точки зрения обеспечения быстроты привода пожарных насосов в действие и надежности их работы наиболее целесообразно применять установки с постоянно залитыми насосами (т. е. находящимися под напором от резервуара, из которого забирается вода).

При отсутствии такой установки предусматривают устройства, обеспечивающие заливку насосов водой перед пуском их при помощи вакуум-насоса или запасного бака емкостью, большей емкости всасывающих труб и самого насоса.

В обычное время пожарные насосы не работают; они приводятся в действие только при пожаре или с целью их проверки, кроме того, они могут быть использованы для подачи воды для пополнения ее неприкосновенного запаса после пожара. Поэтому пожарные насосы должны не реже одного раза в неделю проверяться на их готовность к работе.

При объединении противопожарных водопроводов низкого давления с другими водопроводами при двух и более насосах должно быть не менее двух всасывающих линий.

При наличии двух и более резервуаров каждый пожарный насос противопожарного водопровода высокого давления должен иметь самостоятельную всасывающую линию.

Помещения противопожарных насосных станций должны быть I и II степени огнестойкости.

Отдельно стоящие насосные станции с установкой одного пожарного насоса допускается устраивать в зданиях III степени огнестойкости.

Насосные станции, располагаемые не в отдельных зданиях, отделяются от других помещений несгораемыми ограждающими конструкциями и должны иметь непосредственный выход наружу.

Помещения пожарных насосов оборудуются противопожарным водопроводом и связываются с водонапорными башнями и напорными резервуарами сигнализацией, а с дежурным помещением пожарной охраны — сигнализацией или телефоном.

#### § 4. ВОДОНАПОРНЫЕ БАШНИ

Основным назначением водонапорных башен является выравнивание неравномерности водопотребления объекта. Высота водонапорной башни определяется напором, который должен поддерживаться в сети водопровода.

В зависимости от рельефа местности водонапорная башня может устанавливаться в начале, середине или в конце сети.

К водонапорной сети башня может присоединяться последовательно или параллельно.

При последовательном присоединении водонапорной башни вода поступает в бак башни по одной трубе (подающей), а из бака уходит в сеть по другой трубе (разводящей). На случай подачи воды помимо башни подающая и разводящая трубы соединяются между собой с установкой в месте соединения задвижки 1 (рис. 48).

В нормальное время задвижки 2 и 3 открыты, а задвижка 1 закрыта. Во время тушения пожара при противопожарном водопроводе низкого давления целесообразно открыть также за-

движку 1 для уменьшения потерь напора при прохождении воды по трубам башни.

При противопожарном водопроводе высокого давления во время тушения пожара задвижка 1 должна быть открыта, а задвижки 2 и 3 закрыты.

Кроме подающей и разводящей труб, в башне устанавливается переливная труба, соединенная со спускной трубой, устраиваемой для возможности опорожнения и очистки бака.

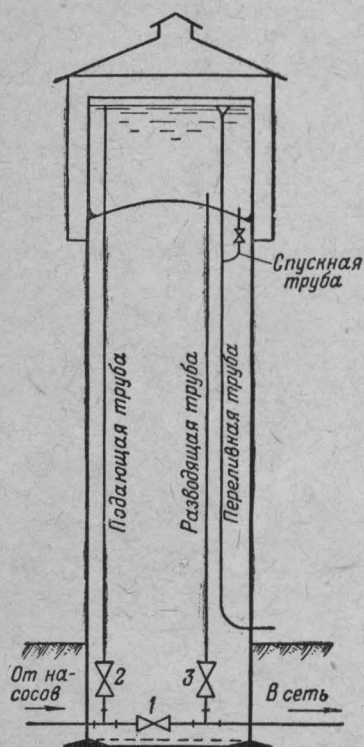


Рис. 48. Схема последовательного присоединения водонапорной башни в сеть:

1, 2 и 3 — задвижки

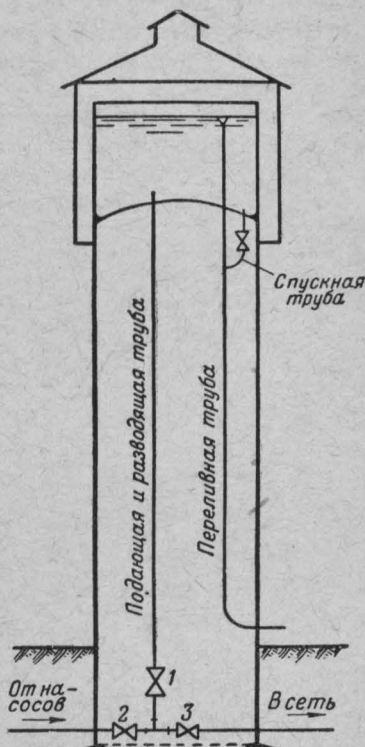


Рис. 49. Схема параллельного присоединения водонапорной башни в сеть:

1, 2 и 3 — задвижки

При параллельном присоединении водонапорной башни бак соединяется с сетью одной линией, представляющей собой объединение подающей и разводящей труб (рис. 49).

В обычное время вода или поступает по трубе в бак, или подается из бака в сеть — в зависимости от потребления в сети и работы насосов.

Во время тушения пожара при водопроводе высокого давления необходимо закрыть задвижку 1, оставив открытыми задвижки 2 и 3.



Баки водонапорных башен должны содержать неприкосновенный запас воды, рассчитанный для промышленных предприятий на 10-минутную продолжительность тушения внутреннего пожара (внутренними пожарными кранами, а также спринклерами и дренчерами при их наличии), а для населенных мест — в объеме, необходимом для тушения одного внутреннего и одного наружного пожара в течение 10 минут при одновременном наибольшем расходе воды на другие нужды.

Водонапорные баки, предназначенные для пожаротушения, должны быть оборудованы указателями уровня или устройствами для передачи их показаний на насосные станции или диспетчерские пункты.

Расчетное время (10 минут) может быть сокращено вдвое, если включение насосов будет производиться автоматически, в зависимости от понижения уровня воды в водонапорных баках.

## § 5. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ВОДОНАПОРНЫЕ УСТРОЙСТВА

Пневматические водонапорные устройства имеют то же назначение, что и водонапорные башни, т. е. служат для урегулирования неравномерности водопотребления, а также для хранения запаса воды на противопожарные нужды. Вместо открытых баков для воды, которые устанавливаются на башнях, в пневматических установках имеется один или несколько герметически закрытых резервуаров.

Требуемый напор в пневматических установках получается за счет воздуха, сжатого до соответствующего давления.

Пневматическую установку, так же как и башню, выгоднее располагать на естественном возвышении, в центре разводящей сети, что позволяет снизить давление воздуха в резервуарах, а следовательно, и уменьшить стоимость установки.

Пневматические установки по строительной стоимости и по эксплуатационным расходам в большинстве случаев менее выгодны, чем башни, но они имеют преимущество перед башнями в тех случаях, когда требуется постройка башни значительной высоты с баком небольшой емкости, и в тех местах, где башни недопустимы по требованиям специального характера (например, по условиям МПВО).

Согласно противопожарным нормам общая емкость водяных баков определяется так же, как и для водонапорных башен.

В пневматических установках переменного давления допускается устанавливать один компрессор, питаемый электроэнергией от одного источника.

Пуск и остановка насосов пневматических установок должны быть автоматизированы.

Допускается использование общезаводской компрессорной станции для создания пожарного напора при условии беспрепятственной подачи сжатого воздуха.



Пневматические установки могут быть с переменным и постоянным давлением воздуха.

На рис. 50 приведена схема пневматической установки с переменным давлением.

Резервуар 1 предназначен для воздуха, а резервуар 2 — для воды. Последний присоединяется к трубе 3, идущей от насоса.

По трубе 4 вода из резервуара поступает в разводящую сеть. Задвижка 5 служит для выключения резервуара в случае подачи воды от насоса непосредственно в разводящую сеть. Оба резервуара сообщаются между собой при помощи воздухопровода 8. Резервуар 1 заполняется воздухом от специального установочного компрессора 9 или от заводской компрессорной установки. Вентили 10 служат для отключения резервуаров от воздухопровода 8.

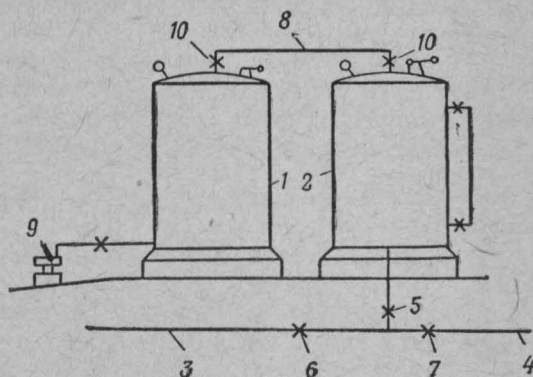


Рис. 50. Схема устройства пневматической установки с переменным давлением:

1 — резервуар для воздуха; 2 — резервуар для воды; 3 — труба от насоса; 4 — труба в разводящую сеть; 5, 6 и 7 — задвижки; 8 — воздухопровод, соединяющий резервуары; 9 — компрессор; 10 — вентиль

В резервуаре 2 имеются два клапана; один из них служит для предупреждения попадания воздуха из резервуара в разводящую сеть, а другой — для предупреждения попадания воды из водяного резервуара 2 в резервуар 1.

Установки с постоянным давлением отличаются от установок с переменным давлением тем, что воздух поступает в резервуар для воды под постоянным давлением. С этой целью на трубе 8 устанавливается редукционный клапан, рассчитанный на определенное давление.

По мере выхода воды из резервуара 2 давление воздуха в нем не понижается, а остается постоянным. Во время заполнения водой резервуара 2 воздух выходит через предохранительный клапан.

К достоинствам установок с постоянным давлением следует отнести то, что в них вода в разводящую сеть поступает с постоянным напором. Недостатком этой установки является то, что для пополнения (подкачки) воздуха приходится затрачивать излишнюю энергию; поэтому установки с постоянным давлением применяются сравнительно редко.

Зарядка пневматической установки с переменным давлением производится следующим образом. Закрывают задвижку 7 (см. рис. 50), открывают задвижки 5 и 6 и вентили 10. Затем насо-

сом заполняют резервуар 2. Воздух из него по трубе 8 переходит в резервуар 1. После заполнения водой резервуара 2 останавливают насос и закрывают задвижку 5. При помощи компрессора повышают давление воздуха в резервуаре 1 до расчетного (максимального).

Минимальное давление воздуха при расходе воды из резервуара 2 должно отвечать минимальному давлению, которое нужно иметь в разводящей сети.

Подкачку воздуха компрессором приходится производить 1—2 раза в неделю в зависимости от величины утечки воздуха; подкачка имеет целью частичное пополнение воздуха, поглощаемого находящейся в резервуаре водой.

## § 6. НАРУЖНАЯ ВОДОПРОВОДНАЯ СЕТЬ

### Назначение водопроводной сети и ее конфигурация

Назначение водопроводной сети состоит в подаче воды непосредственно к месту ее потребления.

Водопроводная сеть является одним из основных элементов водопроводной системы и неразрывно связана в работе с остальными ее элементами (насосной станцией, регулирующими емкостями и др.).

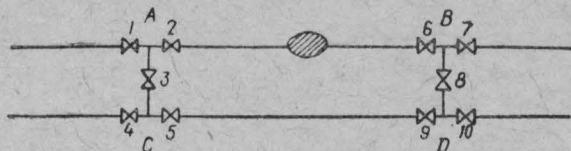


Рис. 51. Схема водоводов с соединениями:

1 — 10 — задвижки

Вода к наружной водопроводной сети подводится при помощи водоводов.

Водоводы противопожарных водопроводов прокладываются, как правило, не менее чем из двух линий.

При аварии на одном из водоводов общее количество подаваемой воды должно составлять не менее 70% от требуемого для пожаротушения и хозяйственных нужд.

Для противопожарных водопроводов небольших объектов с пожарным расходом воды 25 л/сек и менее допускается подавать воду к запасным резервуарам по одному водоводу.

Для объектов с пожарным расходом воды более 25 л/сек подача воды к запасным резервуарам по одному водоводу допускается при условии хранения в резервуарах не менее шестичасового расхода воды, потребного на пожарные, хозяйственные и производственные нужды.

При прокладке водоводов в две или более линии между ними устраивают соединения (рис. 51), разбивающие линии водо-

водов на отдельные участки. Это дает возможность выключить поврежденный участок сети и в большей мере использовать остальные участки водоводов.

Например, при аварии на участке *AB* следует задвижки 2 и 6 перекрыть, а задвижки 3 и 8 открыть. Тогда вода будет поступать на участке *CD* по одной линии, а на остальных участках водоводов по обеим линиям. Наличие таких соединений дает возможность уменьшить диаметр водоводов.

Расстояние между водоводами должно выбираться с таким расчетом, чтобы авария на одном из них не вызывала аварии на другом водоводе. Обычно это расстояние принимается не менее 10 м (между осями водоводов).

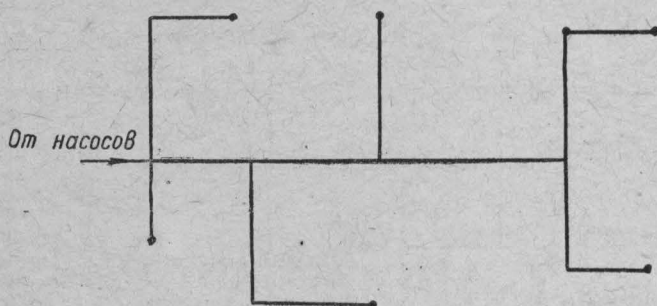


Рис. 52. Тупиковая сеть

Основными требованиями, которым должна удовлетворять водопроводная сеть, являются:

а) подача расчетных количеств воды по всем местам ее потребления под требуемым напором;

б) надежность и бесперебойность работы;

в) наименьшие строительная и эксплуатационная стоимости.

Выполнение этих требований достигается правильным выбором конфигурации сети, типа и материала труб и правильным определением диаметра труб.

Расположение линий водопроводной сети определяется в зависимости от:

а) характера планировки снабжаемого водой объекта и размещения отдельных потребителей воды;

б) наличия естественных и искусственных препятствий для прокладки труб (рек, каналов, оврагов, путей сообщения и т. п.);

в) рельефа местности.

По своей форме водопроводные сети разделяются на:

а) тупиковые, или разветвленные (рис. 52), и б) кольцевые, или замкнутые (рис. 53).

Кольцевая сеть имеет ряд преимуществ перед тупиковой.

При аварии на одном из участков тупика подача воды в последующие участки прекращается; в кольцевой же сети поврежденный участок может быть выключен, и вода будет пода-

ваться в дальшие расположенные районы по другим линиям. Кроме того, в кольцевой сети происходит лучшая циркуляция воды, что особенно важно в холодное время года, когда в отдельных тупиках может быть застой воды и при случайном промерзании грунта ниже расчетного уровня может произойти замерзание воды в линии сети.

Кольцевая форма сети имеет еще то преимущество, что она в значительной мере парализует действие гидравлических ударов, которые в тупиковых сетях и водоводах иногда вызывают аварии и разрывы труб.

Водопроводные сети, обслуживающие противопожарные нужды, прокладываются, как правило, кольцевыми. К отдельностоящим

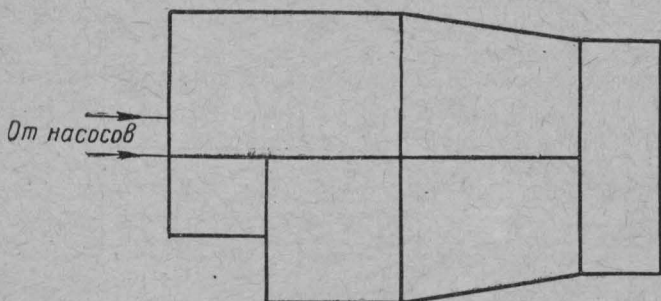


Рис. 53. Кольцевая сеть

зданиям и сооружениям допускается прокладка тупиковых линий длиной не более 200 м при условии принятия мер против замерзания этих линий.

Устройство тупиковых линий допускается также для отдельных участков населенных мест. При длине тупиковых линий более 200 м у зданий устраиваются пожарные резервуары или водоемы. Прокладываемая в этих случаях водопроводная сеть рассчитывается не только на удовлетворение хозяйственно-производственных нужд, но также на пополнение пожарного запаса воды в водоемах или резервуарах.

Диаметр труб наружного противопожарного водопровода должен быть не менее 100 мм.

Трассировка, выбор диаметров и гидравлический расчет водопроводной сети всегда увязываются с принятой системой водопровода.

Так, например, если устраиваемая для выравнивания неравномерности водопотребления водонапорная башня или возвышенный резервуар располагается не в начале сети, а в конце ее, то это существенно влияет на режим работы водопроводной сети. Применительно к этому случаю сеть в часы максимального водоразбора должна подавать воду одновременно от насосной станции и водонапорной башни. Наоборот, в часы минимального водоразбора водопроводная сеть должна рассчитываться



не только на подачу воды потребителям, но и на пополнение запаса воды в водонапорной башне или возвышенном резервуаре, израсходованного в часы максимального водозабора и пожара.

При расчете водопроводных сетей, обслуживающих пожарные нужды, кроме системы водоснабжения, учитывается также выбранная система пожаротушения.

При системе пожаротушения с использованием водопровода высокого давления сеть рассчитывается таким образом, чтобы потребное для тушения пожара давление создавалось непосредственно в сети, без помощи привозных насосов.

При системе низкого давления, т. е. при тушении пожара при помощи привозных насосов, напор в сети не должен понижаться ниже 10 м водяного столба. Этот напор оставляют для предупреждения образования в сети при пожаре вакуума, так как при вакууме через неплотности в трубопроводах в сеть может поступить загрязненная грунтовая вода, что с санитарной точки зрения недопустимо.

Кроме того, напор в 10 м необходим для обеспечения нормальной работы автонасосов при заборе воды от стендеров гидрантов по мягкому рукаву диаметром 65 мм с гайкой Ротт, так как потери напора в стендере и во всасывающей линии составляют 5—8 м водяного столба.

### Понятие о расчете водопроводных сетей

При расчете водопроводных сетей необходимо учитывать систему тушения пожара и расположение водонапорной башни.

#### *Сеть водопроводов высокого давления*

1) Башня находится в начале сети (рис. 54). Сеть рассчитывается на подачу:

а) *максимального хозяйственного и производственного расходов*, чтобы определить необходимый напор на насосной станции и высоту водонапорной башни;

б) *максимального хозяйственного, производственного и пожарного расходов*, чтобы определить напор пожарных насосов (башня в этом случае выключается).

Так как пожар может произойти в любом месте сети, то при расчете принимается самая невыгодная точка сети, где потребуются для подачи воды наивысший напор.

При тушении пожара непосредственно из сети напор у гидранта можно подсчитать по формуле

$$H_r = h_p + T, \quad (84)$$

где  $H_r$  — напор у гидранта;

$T$  — высота здания до конька крыши;

$h_p$  — напор, потребный для получения расчетной струи и преодоления потерь напора в рукавной линии, гидранте и стендере.



По существующим нормам  $h_p = 27,5$  м (15,85 м — напор у spryska диаметром 19 мм с расходом 5 л/сек; 9,63 м — потери напора в непрорезиненных рукавах диаметром 65 мм и длиной 100 м; 1,4 м — потери напора в гидранте и стендере).

Напор у пожарных насосов, устанавливаемых в насосной станции, определяется суммой следующих величин:

$$H_n = Z + H_r + h_{\text{пот}}, \quad (85)$$

где  $H_n$  — напор у насоса;

$Z$  — разность отметок оси насоса и уровня земли у расчетного горящего здания;

$h_{\text{пот}}$  — потери напора в сети на участке от насоса до места пожара.

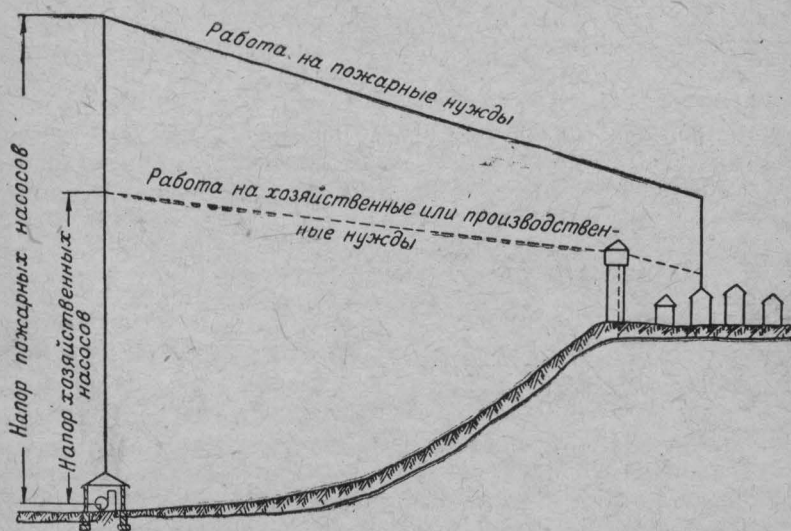


Рис. 54. Схема противопожарного водоснабжения высокого давления

Напор у насоса можно также изобразить графически (рис. 55).

2) Башня находится в конце или в средней части сети (рис. 56).

В этом случае сеть рассчитывается на подачу:

а) *максимального хозяйственного и производственного расходов*; при этом часть расхода подается насосами, а часть — из башни; количество воды, подаваемой насосами из башни, определяется по графику неравномерности водопотребления; если насос подает  $Q_n$  воды, а максимальный расход по графику составляет  $Q_{\text{max}}$ , то из башни будет поступать

$$Q_b = Q_{\text{max}} - Q_n;$$

б) *минимального расхода*; при этом часть воды, подаваемой насосом, поступает в башню, а часть расходуется в сеть; если

насос подает  $Q_n$  воды, а расход в сети равен  $Q_{\min}$ , то в башню будет поступать

$$Q_6 = Q_n - Q_{\min};$$

в) максимального хозяйственного, производственного и пожарного расходов; при этом башня выключается.

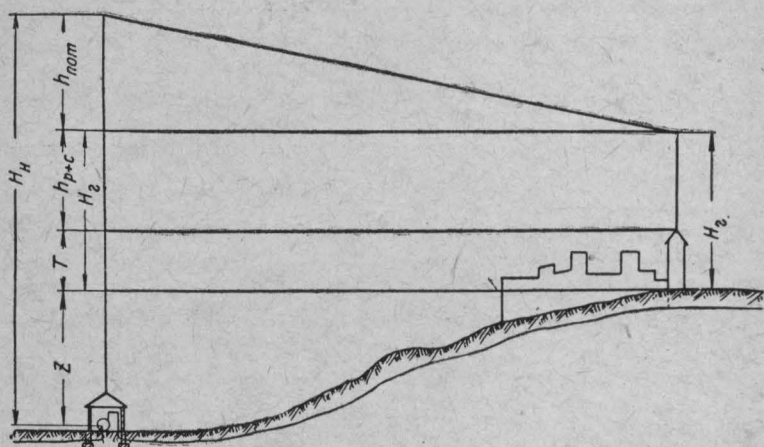


Рис. 55. Схема для определения напора у стационарных пожарных насосов

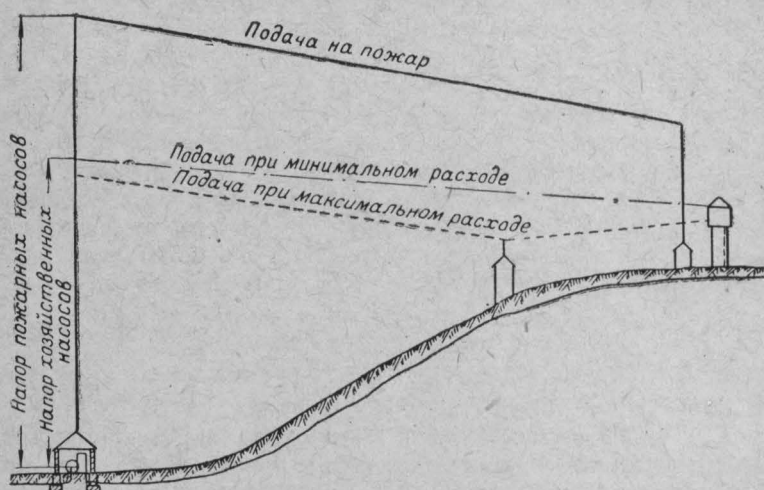


Рис. 56. Схема противопожарного водоснабжения высокого давления при расположении башни в конце сети

## Сеть водопроводов низкого давления

1) Башня находится в начале сети. Сеть рассчитывается на подачу:

а) *максимального хозяйственного и производственного расходов;*

б) *максимального хозяйственного, производственного и пожарного расходов.*

При этом необходимый напор у насоса при пожаре можно определить из следующего выражения:

$$H_n = Z + h_{\text{пот}} + 10, \quad (86)$$

где  $Z$  — разность отметок оси насоса и уровня земли у расчетного горящего здания;

$h_{\text{пот}}$  — потери напора в сети;

10 — необходимый минимальный свободный напор у гидранта.

2) Башня находится в конце сети. В этом случае сеть рассчитывается на подачу:

а) *максимального хозяйственного и производственного расходов*, причем часть воды подается насосами, а часть из башни;

б) *минимального расхода*, причем часть воды расходуется в сети, а часть поступает в башню;

в) *максимального хозяйственного и пожарного расходов.*

## Расчетная схема водопотребления

Первой операцией при расчете сети является определение расчетных расходов для определенных линий и участков сети.

Распределение воды сетью по территории объекта зависит от характера потребления ее. В населенных объектах можно считать с достаточной точностью расход воды равномерно распределенным по линиям сети, следовательно, количество воды, отдаваемой каждым участком, пропорционально его длине.

Расход, приходящийся на 1 пог. м длины сети, носит название *удельного расхода*.

Положим, что объект потребляет расход  $Q$  л/сек, а длина линий, распределяющих этот расход, равна  $l$ ; тогда удельный расход будет

$$q = \frac{Q}{l} \text{ л/сек/м.}$$

В начальную точку каждого участка такой сети подается расход, равный сумме путевого расхода данного участка  $Q_n$  и расхода, идущего транзитом через данный участок для питания далее лежащих участков —  $Q_{\text{тр}}$ . Через конечную точку данного участка будет проходить только транзитный расход, так как его путевой расход будет весь распределен на данном участке.

Следовательно, во всех промежуточных сечениях участка расход будет различен и будет находиться в пределах между  $Q_n + Q_{тр}$  и  $Q_{тр}$ . Если предположить, что отдача воды потребителю идет равномерно по длине участка, то это изменение расхода может быть выражено графически диаграммой (рис. 57).

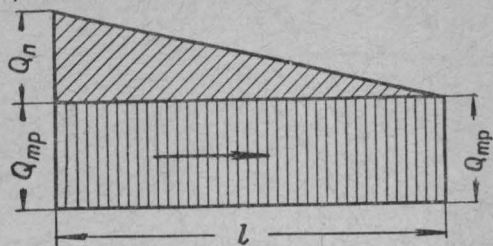


Рис. 57. Диаграмма расхода воды

Равномерно распределенный по линии расход можно искусственно представить сосредоточенным на ее концах с условием, чтобы потери напора при этой замене были примерно одинаковы. Тогда в начальной точке участка будет расходоваться  $\frac{Q_n}{2}$  и в конечной точке участка тоже  $\frac{Q_n}{2}$ , а на протяжении данного участка будет проходить расход, равный  $Q_{тр} + \frac{Q_n}{2}$  (рис. 58). Такая замена равномерного расхода эквивалентными сосредоточенными расходами сильно упрощает расчет сети.

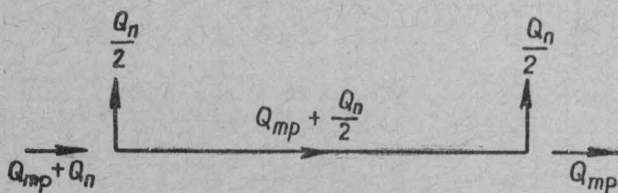


Рис. 58. Эквивалентные расходы воды

Кроме равномерно распределенного расхода, на объектах имеются сосредоточенные расходы, т. е. сравнительно большие расходы, привязанные к отдельному месту сети объекта (бани, прачечные, столовые, производственные объекты и др.).

Привязав равномерно распределенные расходы к узлам сети и наметив на ней сосредоточенные расходы, получают расчетную схему сети с расходами, сосредоточенными в узлах и в отдельных точках этой сети.

После этого намечается желательное направление потоков воды по отдельным линиям сети, причем выбираются кратчайшие пути транзитных районов, а также учитывается взаимозаменяемость отдельных участков при аварии.

При распределении расходов по линиям сети должно соблюдаться правило: сумма линейных расходов, приходящих к любому узлу, равна сумме линейных расходов, уходящих от данного узла, плюс узловой расход.

Если линейные расходы  $q$ , приходящие к узлу, условно считать положительными, а уходящие (включая узловые) — отрицательными, то алгебраическая сумма расходов для любого узла равна нулю:

$$\sum q = 0.$$

### Определение диаметра труб

Диаметры труб  $D$  отдельных участков водопроводной сети принимаются в зависимости от расчетного расхода воды, проходящей по данному участку.

Из формулы

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

получаем

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}.$$

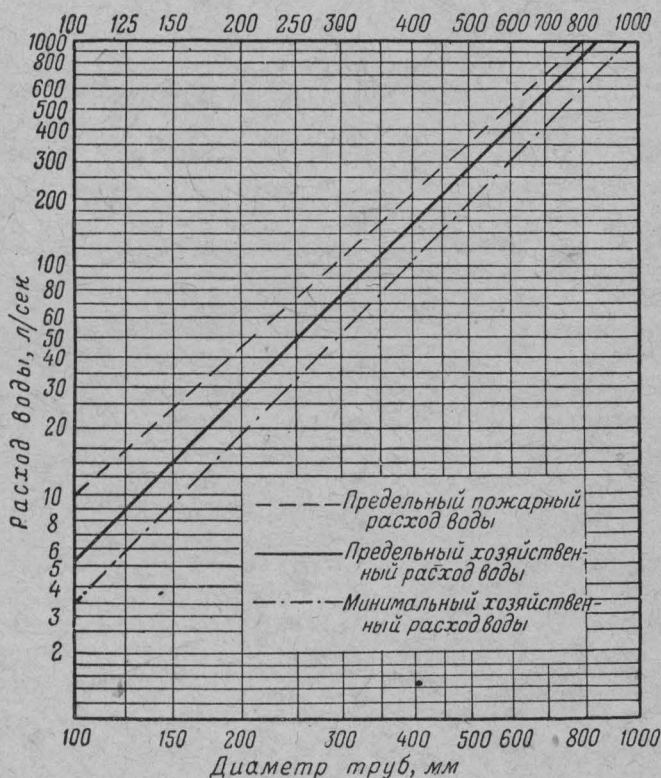


Рис. 59. График для ориентировочного определения диаметра труб по заданному расходу



Отсюда видно, что диаметр зависит не только от расхода  $Q$ , но и от скорости  $v$  движения воды в трубах.

По условиям эксплуатации водопроводной сети скорость движения воды не должна превышать  $2 \text{ м/сек}$ , так как при больших скоростях могут быть опасны разрушающие действия гидравлических ударов. Обычно расчетную скорость назначают, исходя из экономических соображений, т. е. из условия минимальной суммы затрат на прокладку водопроводной сети и подъем воды.

Профессором В. Г. Лобачевым на основании анализа проектов водопроводов ряда городов СССР составлен график (рис. 59), позволяющий ориентировочно назначать диаметры труб по расходу воды.

### Определение потерь напора

При расчете наружной водопроводной сети определяют только потери напора на трение по длине трубы, а местные сопротивления отдельно не рассчитываются, так как они незначительны и принимаются равными от 5 до 15% потерь напора по длине трубопровода. Потери напора по длине трубопровода обычно определяют по формуле

$$h = A Q^2 l.$$

Значения удельного сопротивления  $A$  приведены в табл. 6 (стр. 36).

При определении потерь напора следует иметь в виду, что в каждом замкнутом контуре сети (кольце) сумма потерь напора на участках, где движение воды совершается по часовой стрелке, равна сумме потерь напора на участках, на которых вода движется против часовой стрелки (рис. 60):

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

Если первые потери назвать условно положительными, а вторые — отрицательными, то алгебраическая сумма этих потерь должна быть равна нулю:

$$\sum h = 0.$$

В действительности при расчете сети невозможно точно распределить потоки воды, и сумма потерь обычно не равна нулю, а равна какой-либо положительной или отрицательной величине  $\Delta h$ , так называемой *невязке потерь напора*. По знаку и величине невязки можно судить о том, какие участки кольца и в какой

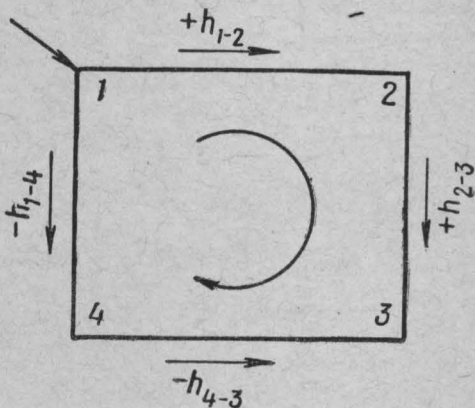


Рис. 60. Потери напора в кольце сети

мере перегружены или недогружены. Для получения истинного распределения потоков воды по сети и действительных величин линейных расходов  $q$  следует произвести перераспределение потоков воды, перебросив часть ее с перегруженных участков на недогруженные. Это достигается путем ряда повторных попыток. Когда невязки не будут превышать 0,5 м, можно практически считать расчет законченным.

Решение этой задачи может быть получено путем простого подбора, что требует большого навыка проектирующего, методом инженера М. М. Андрияшева или методом профессора В. Г. Лобачева.

По методу профессора В. Г. Лобачева определение поправочных расходов производится по формуле

$$\Delta q = \frac{\Delta h}{2 \sum sq}, \quad (87)$$

где  $\Delta q$  — поправочный расход по кольцу;

$\Delta h$  — невязка в кольце;

$\sum sq$  — сумма произведений  $sq$  по контуру кольца ( $s = Al$  из формулы  $h = AQ^2l$ ).

Если невязка в кольце была положительной, то поправочный расход вносят в линии с положительным направлением потока со знаком минус, а в линии с отрицательным направлением потока — со знаком плюс.

В случае отрицательной невязки поступают наоборот, т. е. при линиях с положительным направлением поправочный расход прибавляют к расходам, идущим по линиям, а при линиях с отрицательным направлением — его вычитают.

### Пример расчета водопроводной сети

На рис. 61 дана трассировка сети из трех колец с длиной 250 и 500 м. Удельный расход  $q = 0,008$  л/сек/м. Сосредоточенные расходы показаны на рис. 61 и даны в табл. 24 (в узле 4 сосредоточен пожарный расход, равный 20 л/сек).

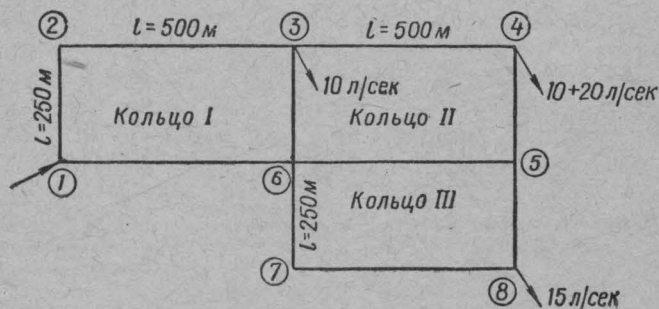


Рис. 61. Схема водопроводной сети

Сосредоточенные расходы в узлах

№ узла . . . . .	3	4	8
Сосредоточенный расход, в л/сек . . .	10	10+20	15

Заменяем, как указывалось выше, равномерно распределенные по линиям расходы (для линий по 250 м  $Q_{\text{линейное}} = 0,008 \times 250 = 2 \text{ л/сек}$ , а для линий длиной 500 м  $Q_{\text{линейное}} = 0,008 \times 500 = 4 \text{ л/сек}$ ) расходами, сосредоточенными по узлам, и, при-

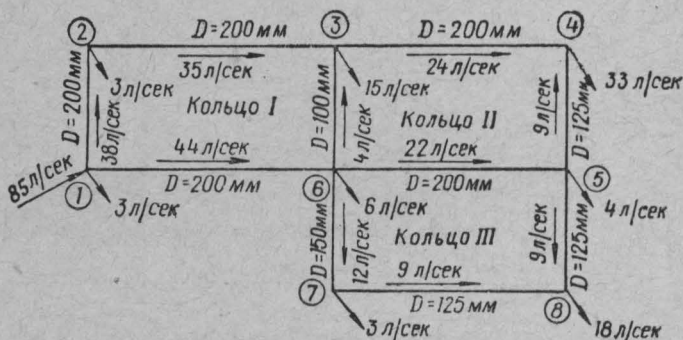


Рис. 62. Расчетная схема водопроводной сети

бавляя к ним сосредоточенные расходы, получим общие расчетные расходы по узлам, указанным на рис. 62 и приведенным в табл. 25.

Таблица 25

Общие расчетные расходы по узлам

№ узла . . . . .	1	2	3	4	5	6	7	8
Узловой расчетный расход, в л/сек . . . . .	3	3	15	33	4	6	3	18

После привязки расходов к узлам схемы сети необходимо распределить потоки расхода воды и их направление, учитывая соблюдение баланса расхода в узлах сети.

В данном примере на рис. 62 ориентировочно показано распределение потоков и их направление.

Это распределение произведено с учетом, что максимальные расходы, сосредоточенные в узлах 4 (33 л/сек) и 8 (18 л/сек), вызовут встречу потоков воды в этих узлах из соседних линий.

# Расчет потерь напора

Номера колен	Номера участков	Длина линий в м	Ориентировочное распределение расходов						I исправление		
			$q$ в л/сек	$D$ в мм	величина потерь напора $h = sq^2$ в м	$sq$	величина потерь напора $h = sq^2$ в м	поправочный расход $\Delta q$ в л/сек	$q_1$ в л/сек	$sq_1$	потери напора $h_1 = sq_1^2$ в м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I	1—2	250	38	200	0,00198	0,075	+2,85	+1,2	39,2	0,078	+3,06
	2—3	500	35	200	0,00396	0,126	+4,41	+1,2	36,2	0,143	+5,18
	3—6	250	4	100	0,07975	0,319	-1,27	-1,2+0,23=-0,97	3,03	0,242	-0,73
	6—1	500	44	200	0,00396	0,174	-7,66	-1,2	42,8	0,170	-7,28
					$\sum sq = 0,694$		$\Delta h = -1,67$	$\Delta q = \frac{-1,67}{1,388}$	$\sum sq_1 = 0,633$		$\Delta h_1 = +0,23$
II	6—3	250	4	100	0,07975	0,319	+1,27	+0,23-1,2=-0,97	3,03	0,242	+0,73
	3—4	500	24	200	0,00396	0,095	+2,28	+0,23	24,23	0,096	+2,33
	4—5	250	9	125	0,0243	0,219	-1,97	-0,23	8,77	0,213	-1,77
	5—6	500	22	200	0,00396	0,087	-1,92	-0,23+0,8=+0,57	22,57	0,089	-2,01
					$\sum sq = 0,72$		$\Delta h = -0,34$	$\Delta q = \frac{-0,34}{1,44}$	$\sum sq_1 = 0,64$		$\Delta h_1 = -0,72$
III	6—5	500	22	200	0,00396	0,087	+1,92	+0,8-0,23=+0,57	22,57	0,089	+2,01
	5—8	250	9	125	0,00243	0,219	+1,97	+0,8	9,8	0,238	+2,33
	8—7	500	9	125	0,00486	0,437	-3,94	-0,8	8,2	0,396	-3,25
	7—6	250	12	150	0,00917	0,110	-1,32	-0,8	11,2	0,103	-1,15
					$\sum sq = 0,853$		$\Delta h = -1,37$	$\Delta q = \frac{-1,37}{1,706}$	$\sum sq_1 = 0,826$		$\Delta h_1 = -0,06$

Таблица 26

## В кольцевой сети

II исправление				III исправление			
поправочный расход $\Delta q_1$ в л/сек	$q_2$ в л/сек	$sq_2$	потери напора $h_2 = sq_2^2$ в м	поправочный расход $\Delta q_2$ в л/сек	$q_3$ в л/сек	$sq_3$	потери напора $h_3 = sq_3^2$ в м
13	14	15	16	17	18	19	20
-0,18	39,02	0,077	+3,00	+0,21	39,23	0,078	+3,06
-0,18	36,02	0,143	+5,15	+0,21	36,23	0,143	+5,18
+0,18+0,56=+0,74	3,77	0,301	-1,13	-0,21	3,56	0,284	-1,01
+0,18	42,98	0,170	-7,31	-0,21	42,77	0,169	-7,23
$\Delta q_1 = \frac{+0,23}{1,266}$	$\sum sq_2 = 0,691$		$\Delta q_2 = -0,29$	$\Delta q_2 = \frac{-0,29}{1,382}$			$\Delta h_3 = 0$
+0,56+0,18=+0,74	3,77	0,301	+1,13	+0,21	3,56	0,284	+1,01
+0,56	24,79	0,098	+2,43		24,79	0,098	+2,43
-0,56	8,21	0,200	-1,64		8,21	0,200	-1,64
-0,56+0,03=-0,53	22,04	0,087	-1,92	+0,07	22,11	0,088	-1,95
$\Delta q_1 = \frac{-0,72}{1,28}$			$\Delta h_2 = 0$				$\Delta h_3 = -0,15$
+0,03-0,56=-0,53	22,04	0,087	+1,92	+0,07	22,11	0,088	+1,95
+0,03	9,83	0,238	+2,34	+0,07	9,9	0,241	+2,40
-0,03	8,17	0,397	-3,24	-0,07	8,1	0,394	-3,19
-0,03	11,17	0,102	-1,14	-0,07	11,1	0,102	-1,13
$\Delta q_1 = \frac{-0,06}{1,652}$	$\sum sq_2 = 0,824$		$\Delta h_2 = -0,12$	$\Delta q_2 = \frac{-0,12}{1,648}$			$\Delta h_3 = +0,03$



После распределения потоков по линиям сети необходимо определить диаметры этих линий. Для определения диаметра линий сети воспользуемся графиком, составленным профессором В. Г. Лобачевым (см. рис. 59).

Подобранные по данному графику диаметры труб показаны на рис. 62.

Нанеся все данные на схему, производят расчет потерь напора по отдельным линиям сети, для чего составляют вспомогательную табл. 26 (стр. 104 и 105), в которой в графе 1 указывают номера колец, в графе 2 — номера участков, в графе 3 — длину линий участков, в графе 4 — ориентировочный расход  $q$ , в графе 5 — диаметр труб, в графе 6 — величину сопротивления  $s$  ( $s$  определяется по табл. 7, где  $s = Al$ ), в графе 7 — величину  $sq$ , в графе 8 — величину потерь напора  $h = sq^2$ .

Потери напора по линиям с направлением потоков по часовой стрелке вносят в графу 8 со знаком плюс, а по линиям с направлением потоков против часовой стрелки — со знаком минус.

Если бы распределение расходов воды было подобрано точно, то алгебраическая сумма всех потерь напора в каждом кольце была бы равна нулю ( $\sum h = 0$ ); однако этого сразу достичь невозможно, обычно получается некоторая невязка, обозначаемая  $\Delta h$ , т. е.  $\sum h = \Delta h$ .

В рассматриваемом примере имеем в кольце I  $\Delta h = -1,67$ , в кольце II  $\Delta h = -0,34$  и в кольце III  $\Delta h = -1,37$ .

Для уточнения распределения расходов по линиям сети необходимо перераспределять расходы таким образом, чтобы в каждом кольце алгебраическая сумма потерь напора была равна нулю.

Для определения поправочных расходов пользуются формулой (87):

$$\Delta q = \frac{\Delta h}{2 \sum sq}.$$

Значение  $\sum sq$  берется из графы 7. В рассматриваемом примере в кольце I  $\sum sq = 0,694$ , отсюда

$$\Delta q = \frac{-1,67}{1,388} = -1,2.$$

Соответственно в кольце II  $\Delta h = -0,34$  и в кольце III  $\Delta h = -1,37$ . Отсюда поправочные расходы по линиям, например кольца I, будут составлять:

По линии 1 — 2  $\Delta h = +1,2$

По линии 2 — 3  $\Delta h = +1,2$

По линии 3 — 6  $\Delta h = -1,2 + 0,23 = -0,97$

По линии 6 — 1  $\Delta h = -1,2$

При этом для линии 3—6 поправочный расход является суммой поправочных расходов по кольцу I и II.

После определения поправочных расходов их вносят в графу 9.

В графу 10 вносят исправленный расход, т. е.  $q \pm \Delta q$ . Для кольца I исправленный расход по линиям будет:

$$\text{По линии 1—2 } q_1 = 38 + 1,2 = 39,2$$

$$\text{По линии 2—3 } q_1 = 35 + 1,2 = 36,2$$

$$\text{По линии 3—6 } q_1 = 4 - 0,97 = 3,03$$

$$\text{По линии 6—1 } q_1 = 44 - 1,2 = 42,8$$

В графу 11 вносят исправленные величины  $sq_1$ , а в графу 12 — исправленные величины потерь напора  $h_1 = sq_1^2$ . Затем снова подсчитывают суммарные величины невязок  $\Delta h_1 = \sum sq_1^2$ , и если они окажутся по каждому кольцу меньше значения величины  $\Delta h_1 < 0,5 \text{ м}$ , то расчет можно считать окончанным.

Если же в каком-либо кольце величина  $\Delta h_1$  будет больше 0,5 м, то расчет надо продолжать тем же способом.

После того, как увязка колец будет окончена, необходимо определить потери напора во всей сети по различным параллельным линиям.

Сеть, изображенная на рис. 62, позволяет выбрать пять таких линий.

Потери напора по этим линиям приведены в табл. 27.

Таблица 27

Потери напора в сети

Направления	Величина потерь напора по различным направлениям в м	Среднее значение потерь напора в м
1—2—3—4	3,06+5,18+2,43=10,67	} 11,06
1—6—3—4	7,23+1,01+2,43=10,67	
1—6—5—4	7,23+1,95+1,64=10,82	
1—6—5—8	7,23+1,95+2,40=11,58	
1—6—7—8	7,23+1,13+3,19=11,55	

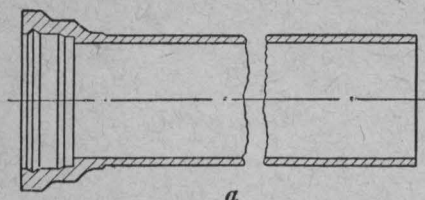
Средняя величина потерь напора (в данном случае  $h = 11,06 \text{ м}$ ) и принимается за расчетную величину потерь напора во всей сети.

### Устройство водопроводной наружной сети

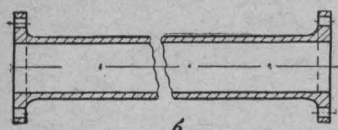
Для устройства водопроводной сети применяются трубы, изготовляемые из различных материалов: чугуна, стали, асбоцемента, бетона, железобетона и дерева. Наибольшее распространение имеют чугунные трубы. Стальные трубы применяются для водопроводов с давлением свыше 10 ат. Асбоцементные и деревянные трубы применяются при небольших давлениях.

## Чугунные трубы

Чугунные трубы изготавливаются из серого чугуна и бывают длиной 2—5 м. По типу стыка (соединения) они разделяются на *раструбные* (рис. 63, а) и *фланцевые* (рис. 63, б). Последние применяются для прокладки внутри зданий (например, внутри насосной станции).



а



б

Рис. 63. Чугунные трубы:  
а — раструбная; б — фланцевая

Для соединения раструбных труб гладкий конец одной трубы вставляют в раструб соседней трубы, а пространство между внутренней стенкой раструба и трубой заделывают просмоленной пеньковой прядью, которая уплотняется конопаткой.

После конопатки стыка, которая создает его водонепроницаемость, оставшаяся свободная часть раструба заполняется цементом или асбоцементом. Лучшим материалом для заполнения стыка является свинец, но ввиду

дефицитности свинца его заменяют другими материалами, а свинец применяют лишь в особо ответственных местах.

Стыковое соединение труб должно быть прочно и водонепроницаемо. Вместе с тем стыки уложенных в землю труб должны обладать некоторой гибкостью, допускающей поворот двух соседних труб на незначительный угол между их осями без нарушения прочности и водонепроницаемости стыка.

## Стальные трубы

Стальные трубы применяются главным образом в тех случаях, когда давление в сети более 10 ат, а также для линий большого диаметра. Стальные трубы также укладываются во всех местах, где возможны динамические нагрузки (под железными дорогами, при переходе рек и др.).

Соединение стальных труб, как правило, производится при помощи сварки.

Стальные трубы имеют существенное преимущество по сравнению с чугунными: они могут выдерживать большое внутреннее давление, хорошо сопротивляются динамическим нагрузкам и имеют меньшую толщину стенок, но они обладают и существенным недостатком, так как подвержены коррозии, вследствие чего при укладке стальных труб в землю требуется тщательная изоляция их наружной поверхности. Этот недостаток главным образом и ограничивает их применение.

## Асбоцементные трубы

Асбоцементные трубы изготавливаются из массы, представляющей собой смесь 75—80% цемента (по весу) и 20—25% асбестового волокна.

Асбоцементные трубы обладают рядом достоинств: малая теплопроводность, стойкость в отношении коррозии, диэлектричность, малый удельный вес, сохранение в условиях эксплуатации гладкой и незагрязненной внутренней поверхности, что снижает потери напора по сравнению с чугунными трубами.

Недостатками асбоцементных труб являются: плохая сопротивляемость ударам и динамическим нагрузкам, сложность и относительно большая стоимость стыковых соединений.

Асбоцементные трубы изготавливаются на рабочее давление 10,8 и 5 ат, диаметром 50—546 мм, длиной 3—4 м.

Соединение труб производится при помощи асбоцементных муфт с резиновыми кольцами. Узлы монтируются при помощи чугунных фасонных частей.

## Деревянные трубы

Деревянные трубы могут быть двух типов: сверленные и клепочные.

Сверленные трубы изготавливаются из бревен путем высверливания в них продольных цилиндрических каналов. Их можно изготовить только малого диаметра (50—125 мм) с допускаемым давлением не более 2—2,5 ат. Поэтому применение этих труб в современных системах водоснабжения крайне ограничено.

Деревянные клепочные трубы изготавливаются из отдельных, заготовленных заводским путем, клепок, образующих стенки трубы и стягиваемых проволоочной обмоткой или хомутами.

Клепочные трубы могут быть двух типов: непрерывные и звеновые.

Непрерывные трубы собираются на месте работ из отдельных клепок, изготовленных из сосны, ели или лиственницы, длиной 2,5—3 м, толщиной 40—85 мм (при диаметре труб до 3 м) и шириной 80—150 мм. Они рассчитываются на давление 5—6 ат. Непрерывные трубы применяются при устройстве водоводов большого диаметра (до 3 м и более) и значительного протяжения.

Звеновые трубы изготавливаются на заводе в виде отдельных звеньев диаметром 100—300 мм, длиной 3—6 м. Они рассчитываются на давление не более 4 ат.

Клепки, составляющие трубу, стягиваются спиральной обмоткой из стальной оцинкованной проволоки. Наружная поверхность трубы асфальтируется.

Соединяются звеновые трубы посредством вставки конца одной трубы в другую или при помощи втулок и муфт, изготовленных из клепок.



## Укладка и испытание водопроводных труб

Наружная сеть водопроводных труб должна укладываться в земле на глубине ниже уровня промерзания грунта на 0,2 м.

Для северных районов Советского Союза глубину заложения металлических труб принимают около 3—3,5 м, для среднего пояса — 2,5—3 м и для южных районов — 1,0—1,5 м (до верха трубы).

После окончания строительства водопроводной сети ее сдают в эксплуатацию. Приемка сети в эксплуатацию заключается в проверке трубопроводов на гидравлическое давление и соответствия их проекту.

Испытание металлических трубопроводов производится по участкам длиной 500—1000 м и, как правило, два раза: предварительно до засыпки траншей и окончательно после засыпки.

Металлические трубопроводы испытываются давлением, равным двойному рабочему давлению (если последнее меньше 5 ат), или равным рабочему давлению плюс 5 ат, но не меньше 10 ат.

Деревянные и железобетонные трубопроводы испытываются на давление, равное рабочему давлению.

Испытание трубопроводов производится при помощи гидравлических прессов.

После того, как давление в испытываемой линии поднято до требуемой величины, пресс отключают. Наличие некоторых неплотностей в стыках ведет к утечке воды из линии, в результате чего давление в ней падает.

Величину утечки воды из трубопроводов определяют методом, предложенным профессором Лобачевым.

Порядок производства испытания следующий.

После поднятия давления до расчетного и отключения пресса замеряют время  $t_1$ , в течение которого давление по манометру упадет на 1 ат. После этого вновь присоединяют к линии пресс и снова поднимают давление до первоначальной величины. Затем открывают пробный кран, создавая таким образом дополнительную утечку воды из линии, и замеряют время  $t_2$ , в течение которого давление в линии снова упадет на 1 ат. Очевидно,  $t_2 < t_1$ . Количество воды, вытекающее через пробный кран, замеряют.

За время первого падения давления из линии ушло количество воды, равное  $qt_1$ , где  $q$  — неизвестная величина утечки из линии через неплотности стыков. За время второго падения давления из линии ушло количество воды, равное  $qt_2 + w$ , где  $w$  — замеренное количество воды, вытекшей через пробный кран. Так как одинаковое падение давления в данной линии происходит в результате одинаковой величины утечки, то

$$qt_1 = qt_2 + w,$$

откуда может быть определена величина утечки через неплотности стыков

$$q = \frac{w}{t_1 - t_2}.$$



Согласно техническим условиям линия признается выдержавшей испытание, если полученная утечка не превышает следующих величин (на 1 *дм* диаметра и 1 *км* длины):

Для чугунных труб . . . . .	1 м <sup>3</sup> в сутки
Для стальных труб . . . . .	0,4 м <sup>3</sup> в сутки
Для асбоцементных и железобетонных труб . . . . .	2 м <sup>3</sup> в сутки
Для деревянных непрерывных труб . . . . .	4 м <sup>3</sup> в сутки

Для труб диаметром до 400 *мм* технические условия допускают считать, что трубы выдержали испытание, если давление в них падает в течение 10 минут не более чем на 0,5 *ат*.

## Арматура водопроводной сети

Наружная водопроводная сеть оборудуется разного рода арматурой, обеспечивающей правильную эксплуатацию ее.

По назначению арматура разделяется на следующие основные типы:

а) *запорная и регулирующая* — задвижки и вентили;

б) *водоразборная* — водоразборные краны, пожарные гидранты и колонки;

в) *предохранительная* — предохранительные, обратные, редукционные клапаны; воздушные и грязевые вентузы.

### Задвижки

Задвижки разделяют водопроводную сеть на отдельные ремонтные участки таким образом, чтобы одновременно выключалось не более пяти гидрантов. Задвижки должны устанавливаться так, чтобы выключение того или другого участка производилось наименьшим их количеством и чтобы подача воды по невыключенным линиям обеспечивалась полностью.

Для устранения возможности гидравлического удара в сети задвижки должны медленно открываться и медленно закрываться.

На рис. 64 показано устройство задвижки наиболее употребляемого в настоящее время типа „Москва“.

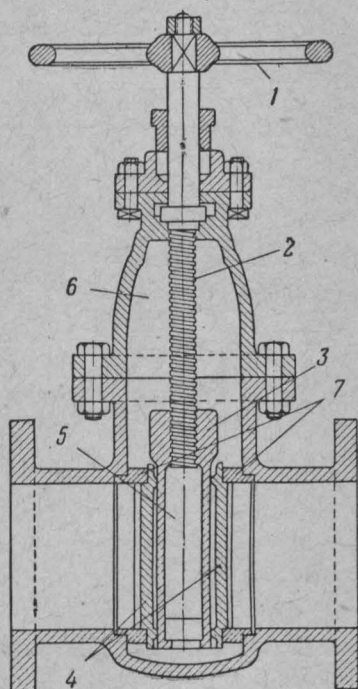


Рис. 64. Задвижка типа „Москва“:

1 — маховик; 2 — шпindelь; 3 — верхний клин задвижки; 4 — диски; 5 — нижний клин; 6 — верхняя часть задвижки; 7 — уплотняющие кольца

При вращении маховика 1 шпindelъ 2 вращается и на него навинчивается верхний клин задвижки 3. Поднимаясь кверху, клин 3, ослабив диски 4 от распирающих усилий клиньев, будет поднимать за приливы оба диска 4, которые, в свою очередь, за приливы подхватят нижний клин 5. Диски и клинья при открывании уходят в верхнюю часть задвижки 6. При закрывании задвижки диски свободно, без трения входят на свои места и при дальнейшем вращении прижимаются к уплотняющим кольцам 7 клиньями.

В настоящее время в связи с автоматизацией водоснабжения применяются задвижки с электроприводом. Такие задвижки могут открываться и закрываться с диспетчерского пункта.

### Обратные клапаны

Обратные клапаны устанавливаются на сети для пропуска воды только в одном направлении. Они ставятся в начале водоводов, за насосом для предотвращения обратного тока воды при остановке насоса, а также на ответвлениях, подающих воду в башни, баки и резервуары, снабжающие водой отдельные объекты. Устройство обратного клапана показано на рис. 65.

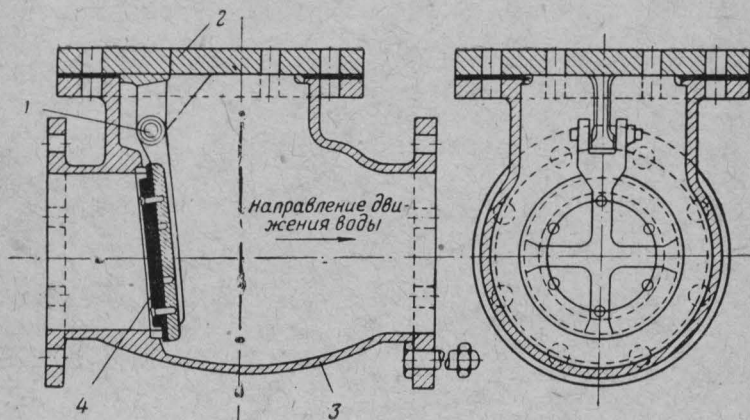


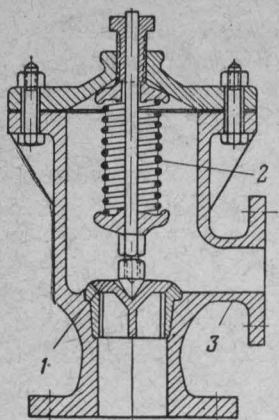
Рис. 65. Обратный клапан:

1 — шарнир; 2 — глухой фланец; 3 — корпус; 4 — тарелка клапана

### Предохранительные клапаны

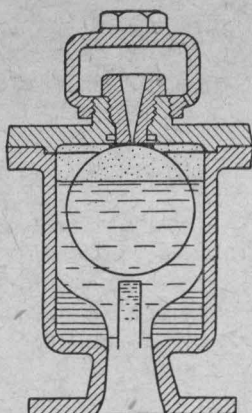
Предохранительные клапаны предназначены для защиты водопроводных труб от действия гидравлического удара.

На рис. 66 показан пружинный предохранительный клапан. При повышении давления сверх расчетной величины клапан 1 открывается, сжимая пружину 2, и вода вытекает из трубы через патрубок 3 в канализацию. Работа клапана регулируется пружиной 2 на нужное давление.

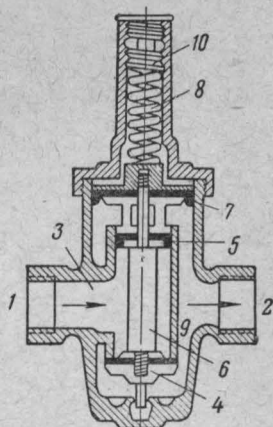


**Рис. 66.** Предохранительный клапан диаметром 50 мм пружинного типа:

1 — клапан; 2 — пружина;  
3 — патрубок



**Рис. 67.** Воздушный вантуз



**Рис. 68.** Редукционный клапан:

1 и 2 — патрубки; 3 — камера;  
4 — клапан; 5 — разгрузочный поршень; 6 — шток; 7 — поршень; 8 — пружина; 9 — камера; 10 — винт

### *Воздушные вантузы*

Воздушные вантузы устанавливаются в возвышенных точках водопроводной сети и служат для автоматического удаления воздуха, скопившегося в повышенных точках водопроводных линий.

Воздушный вантуз (рис. 67) состоит из чугунного корпуса, внутри которого находится шаровой клапан по удельному весу легче воды. Когда корпус, где расположен шаровой клапан, заполнен водой, клапан силой давления воды плотно прикрывает выходное отверстие вверх корпуса. При скоплении воздуха в сети вода из корпуса вантуза будет вытесняться воздухом, и клапан вместе с водой будет опускаться, открывая выходное отверстие, через которое скопившийся воздух автоматически выходит из водопроводной сети.

### *Редукционные клапаны*

Редукционные клапаны применяются для понижения давления в сети. Редукционный клапан (рис. 68) включается в сеть таким образом, что патрубок 1 соединяется с сетью, в которой имеется большее давление, а патрубок 2 — с сетью, в которой нужно получить меньшее давление.

Вода из сети с большим давлением входит через патрубок 1 в камеру 3 и оказывает давление на клапан 4, закрывающий снизу проходное отверстие, и на разгрузочный поршень 5 того же диаметра, что и клапан. Клапан 4 и поршень 5 находятся на одном штоке 6, а поэтому клапан открыться не может, так

как давление уравнивается. К штоку 6 прикреплен сверху поршень большего диаметра 7, на который сверху давит пружина 8, а снизу — вода, находящаяся в камере 9. Сжатие пружины 8 рассчитывается на определенное давление воды на поршень 7.

При разборе воды из сети давление в камере 9 понижается, пружина 8 заставляет шток 6 двигаться вниз, и клапан 4 открывает проходное отверстие между камерами 3 и 9. Но так как в камере 3 давление больше расчетного, то при повышении давления в камере 9 давление на поршень 7 возрастает и пружина 8 снова будет сжиматься, а клапан 4 закроет проходное отверстие. Сжимая пружину 8 винтом 10, можно отрегулировать клапан на любое давление.

### *Пожарные гидранты*

Пожарные гидранты устанавливаются на водопроводной сети для получения воды при тушении пожара.

Пожарные гидранты размещаются так, чтобы длина прокладываемых рукавных линий от гидрантов до места тушения пожара была не более 100 м при системе водопровода высокого давления и не более 150 м при системе водопровода низкого давления.

Гидранты должны устанавливаться на расстоянии не более 100 м один от другого вдоль дорог и проездов, не ближе 5 м от стен здания и не более 2 м от дороги.

Гидранты бывают подземные и надземные, различных диаметров. Подземные гидранты требуют дополнительно применения стендера, устанавливаемого на гидрант, при помощи которого вода поступает из гидранта на поверхность земли.

Преимущественное распространение имеют подземные гидранты.

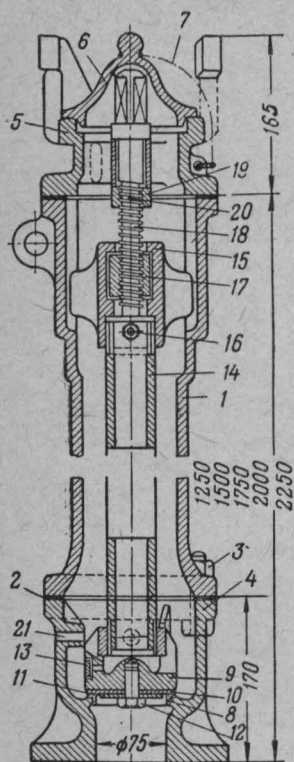
В настоящее время применяются три типа гидрантов: диаметром 75 мм с тарельчатым клапаном, диаметром 125 мм с шаровым клапаном (гидрант московского типа) и гидранты ленинградского типа.

*Гидранты диаметром 75 мм* применяются на объектах с небольшим расчетным расходом воды на тушение пожара, так как пропускная способность их небольшая. Эти гидранты могут быть подземные и надземные.

Подземный гидрант диаметром 75 мм (рис. 69) состоит из чугунного стояка 1 высотой 1250, 1500, 1750, 2000, 2250 мм, к нижней части которого через прокладку 2 прикреплены болтами 3 клапанная коробка 4, а к верхней — головка 5, закрываемая крышкой 6 на цепочке 7. В нижнее отверстие клапанной коробки вставлено бронзовое седло 8, к которому прижимается тарельчатый чугунный клапан 9, имеющий кожаное уплотнение 10, прижатое через шайбу 11 болтом 12.

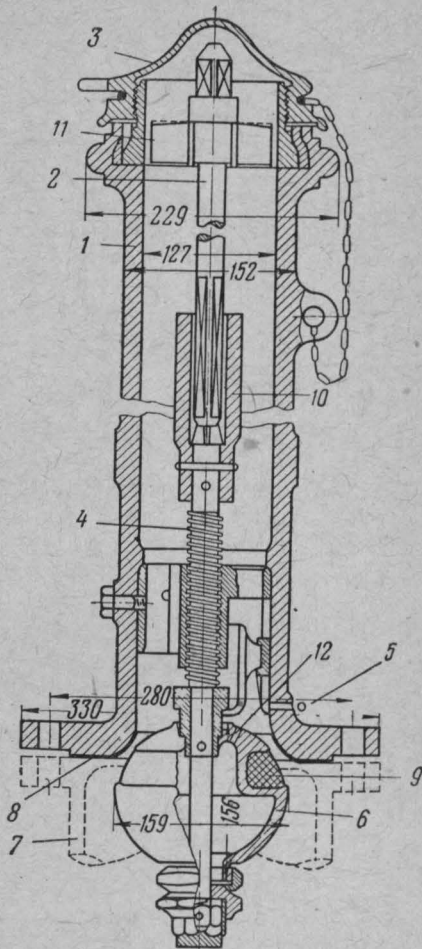


Со стороны прилива в клапан вставлена прокладка 13, закрывающая спускное отверстие. Клапан прикреплен болтом к железному трубчатому стержню 14, ввинченному в чугунный ползун 15 и скрепленному с ним болтом 16. Ползун может посту-



**Рис. 69.** Пожарный гидрант диаметром 75 мм:

1 — чугунный стояк; 2 — прокладка; 3 — болт; 4 — клапанная коробка; 5 — головка; 6 — крышка; 7 — цепочка; 8 — бронзовое седло; 9 — тарельчатый чугунный клапан; 10 — кожаное уплотнение; 11 — шайба; 12 — болт; 13 — прокладка; 14 — железный трубчатый стержень; 15 — чугунный ползун; 16 — болт; 17 — квадратная бронзовая гайка; 18 — винт; 19 — гайка; 20 — болт; 21 — сливное отверстие

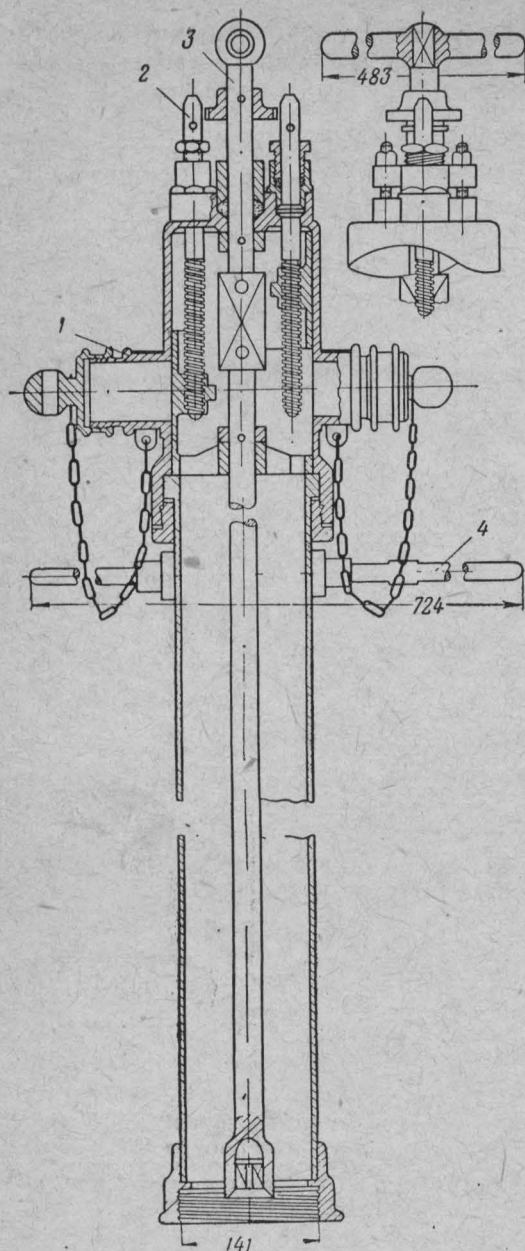


**Рис. 70.** Подземный гидрант московского типа диаметром 125 мм:

1 — корпус; 2 — стержень; 3 — крышка; 4 — винт; 5 — сливное отверстие; 6 — шаровой клапан; 7 — пожарная подставка; 8 — штампованная прокладка; 9 — резиновое кольцо; 10 — муфта; 11 — запяльник; 12 — отверстие

пательно перемещаться вдоль направляющих стояка. Внутри ползуна вставлена квадратная бронзовая гайка 17, через которую проходит стальной винт 18 с квадратным окончанием для торцового ключа стендера, предназначенного для подъема и опу-





**Рис. 71.** Стендер для гидранта московского типа:

1 — штуцер; 2 — боковой стержень; 3 — средний стержень; 4 — ручки для установки стендера

скания клапана. Винт имеет только вращательное движение, так как он закреплен гайкой 19, удерживаемой на месте болтом 20.

Для открытия клапана, после установки стендера, вращают рукоятку ключа, которая соединена штангой с винтом 18; на вращающийся винт навинчивается гайка 17, поднимая вверх ползун 15, штангу и клапан.

Поднимающийся вверх клапан откроет отверстие для входа воды и закроет сливное отверстие 21 приливом на клапане. При опускании клапана сливное отверстие 21 — открывается, и вода выливается из стояка наружу.

Для пользования подземным гидрантом требуется применение стендера. Двухрожковый стендер дает возможность присоединить к нему две рукавные линии.

В надземном гидранте стендер и гидрант представляют собой единое соединение; принцип устройства надземного гидранта тот же, что и подземного.

*Гидрант диаметром 125 мм московского типа* получил наиболее широкое применение. Эти гидранты так же могут быть подземными и надземными.

Подземный гидрант московского типа (рис. 70)

представляет собой колонку высотой до 2 м, прифланцованную к тройнику водопровода, служащему подставкой для гидранта. Фланец гидранта имеет штампованную подкладку 8 из красной меди и резины, которая служит седлом шаровому клапану 6.

Шаровой клапан представляет собой пустотелую чугунную отливку с массивным резиновым кольцом 9, которым клапан прижимается к седлу. С шаровым клапаном соединен стальной винт 4, пропущенный через бронзовую гайку, нарезанную в крестовине, укрепленной шпильками в корпусе гидранта. Винт при помощи муфты 10 соединен со стержнем 2. Верхний конец стержня оканчивается квадратом для торцового ключа, а несколько ниже имеется заплечник 11. При помощи заплечника стержень удерживается в верхней посадке, к которой привинчена крышка.

Для более легкого открытия шарового клапана гидранта на шпиндель винта посажен разгрузочный клапан, который при открытии пропускает воду из сети через внутреннюю полость шарового клапана и отверстие 12 внутрь колонки гидранта.

При заполнении колонки гидранта водой давление с обеих сторон основного клапана выравнивается и его можно открыть без особых усилий. Для избежания гидравлического удара стендер устроен таким образом, чтобы до открытия клапана нельзя было открыть запорные шиберы штуцеров.

Гидрант имеет внизу небольшое спускное отверстие, которое открывается после закрытия клапана для выпуска воды из корпуса гидранта.

Стендер для гидранта московского типа показан на рис. 71. Надземный гидрант диаметром 125 мм (рис. 72) состоит из нижней и верхней частей колонки и головки. Клапан гидранта и привод к нему такие же, как в подземном гидранте.

Верхняя часть колонки надземного гидранта отличается от стендера подземного гидранта отсутствием шиберов у входных

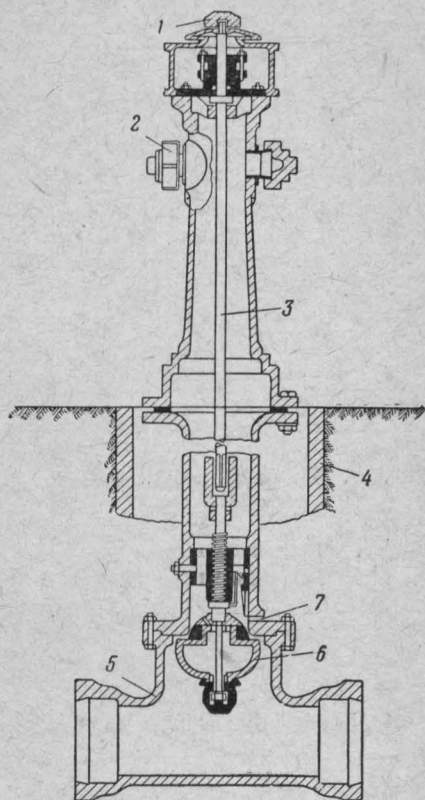


Рис. 72. Надземный гидрант диаметром 125 мм:

1 — верхняя гайка; 2 — стержень; 3 — стержень;  
4 — изоляционная труба; 5 — пожарная под-  
ставка; 6 — шаровой клапан; 7 — спускное  
отверстие

штуцеров. Отсутствие шиберов делает ненужным разгрузочный клапан, так как при открытых штуцерах нельзя уравнивать давление над и под клапаном.

*Гидрант ленинградского типа* является подземным краном, прифланцованным к тройнику водопроводной сети. Корпус гидранта представляет собой чугунную клапанную коробку, внутри которой находится деревянный шар, обтянутый резиной (рис. 73).

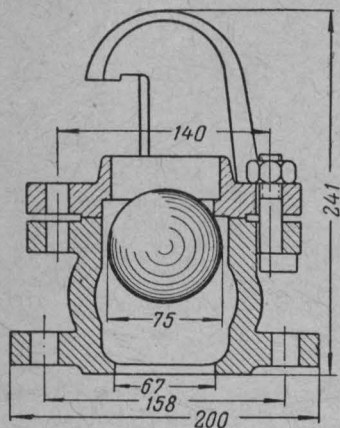


Рис. 73. Гидрант ленинградского типа

Удельный вес шара меньше удельного веса воды, поэтому давлением воды снизу шар прижимается к седлу клапанной коробки. Седлом служит резиновое кольцо, зажатое между фланцами. На фланце крышки отлиты два клыка для установки стендера.

В рабочем положении шар при помощи стендера отжимается книзу.

Четыре выступа, имеющиеся в клапанной коробке, служат ограничителями опускания шара.

Гидрант ленинградского типа не имеет большого распространения, так как применение его с санитарной точки зрения нецелесообразно (при пользовании гидрантом возможно загрязнение воды в водопроводе), а в пожарном отношении он не выгоден ввиду его малой пропускной способности (при пропуске воды в количестве 20 л/сек потери напора составляют 25 м).

### *Преимущества и недостатки подземных и надземных гидрантов*

К преимуществам подземных гидрантов относятся:

- а) установка гидрантов в колодце, который можно утеплить;
- б) возможность установки гидрантов посередине проездов.

Недостатками подземных гидрантов являются:

- а) необходимость применения стендера;
- б) необходимость указателя о месте нахождения колодца и очистки крышки колодца от льда и снега;
- в) возможность возникновения гидравлического удара при неправильной эксплуатации гидранта.

Надземные гидранты имеют следующие преимущества:

- а) отсутствие необходимости в установке стендера;
- б) возможность легкого нахождения гидранта.

К недостаткам надземных гидрантов относятся:

- а) трудность предохранения гидранта от замерзания;
- б) невозможность установки гидранта на сети, проходящей под проездами;

в) возникновение гидравлических ударов, так как колонка подземного гидранта не имеет запорных приспособлений на шиберах.

### Колодцы

Вся водопроводная арматура, устанавливаемая на сети, располагается в специальных колодцах. Размеры колодцев в плане зависят от размеров труб, фасонных частей и арматуры, помещенных в колодец. Глубина колодцев определяется в зависимости от глубины заложения труб (в соответствии с глубиной промерзания грунта).

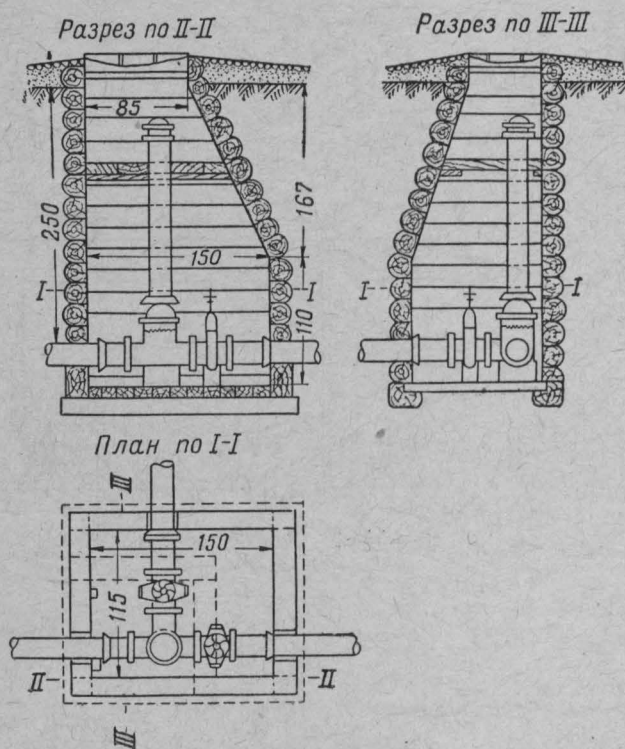


Рис. 74. Деревянный колодец

Колодцы устраиваются из кирпича, бетона, железобетона и дерева.

Типы колодцев из различных материалов показаны на рис. 74, 75 и 76.

Для размещения гидрантов колодцы бывают двух типов: для подземных гидрантов и для надземных гидрантов.

В колодцах для подземных гидрантов устраивается люк диаметром 650—700 мм. Гидрант в колодце помещают не по центру



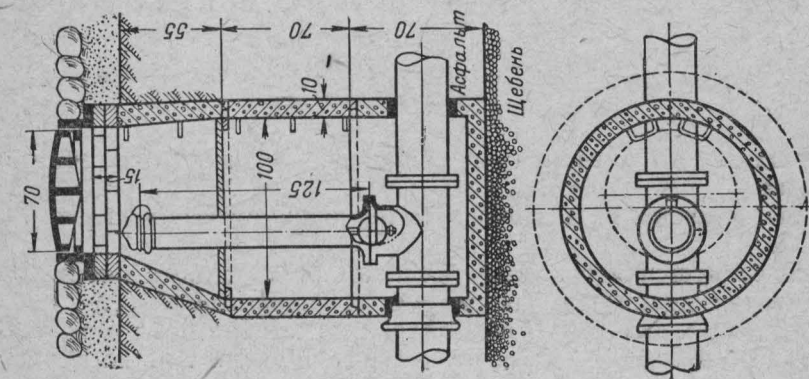


Рис. 75. Бетонный колодец

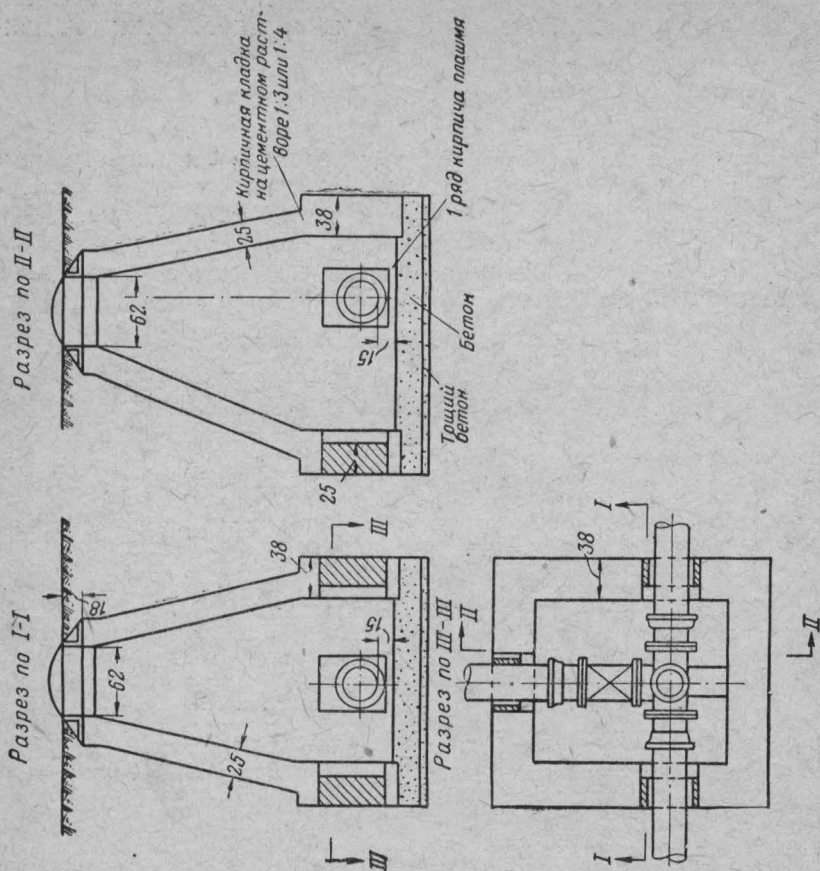


Рис. 76. Кирпичный колодец



люка, а на расстоянии 160—170 мм от края люка до его оси. Такая установка позволяет человеку свободно спуститься в колодец при установленном стендере.

Колодцы для надземных гидрантов имеют два люка: один для спуска в колодец, другой для помещения гидранта (рис. 77).

Трубу подземного гидранта нельзя непосредственно засыпать землей, а необходимо ставить в какой-либо кожух, например, в гончарной или бетонной трубе. Наличие такого кожуха предохраняет гидрант от примерзания к нему грунта.

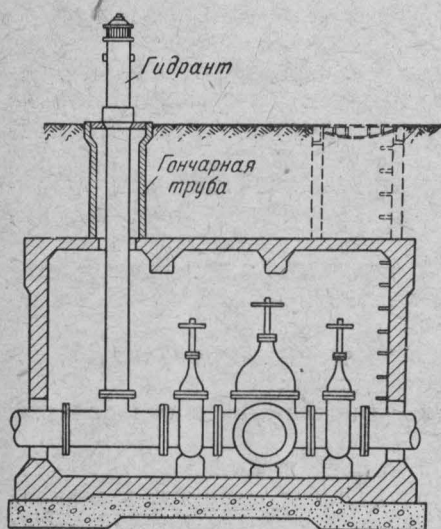


Рис. 77. Колодец для установки надземного гидранта

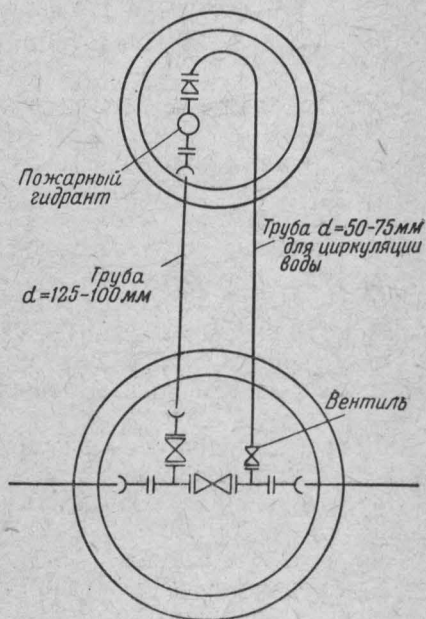


Рис. 78. Устройство для циркуляции воды при гидрантах надземного типа

На линиях диаметром до 500 мм гидранты обычно ставят непосредственно на линию. При линиях больших диаметров гидранты устанавливают на ответвлениях. Если гидрант стоит на ответвлении, то желательно иметь устройство, которое создавало бы некоторую циркуляцию воды около гидранта, что препятствует замерзанию воды. Такое устройство показано на рис. 78.

Колодцы, устраиваемые на сети, трудно предохранить от проникновения в них грунтовой воды, так как гидроизоляция колодцев стоит очень дорого, учитывая их большое количество. Поэтому в колодцах вода обычно устанавливается на уровне стояния грунтовых вод.

Находящаяся в колодце грунтовая вода проникает также и в гидрант через спускное его отверстие, а поэтому зимой

при замерзании воды в колодце замерзает вода и в гидранте. С наступлением зимы воду из таких колодцев нужно удалять, а спускное отверстие в гидранте закрывать деревянной пробкой. После использования гидранта пробку открывают, воду из колодца выкачивают и спускное отверстие вновь закрывают пробкой.

Откачивание воды из гидранта можно произвести и не открывая спускного отверстия — при помощи гидропульт-костыля, для чего на место всасывающего рукавчика устанавливают резиновую трубку, через которую и откачивают воду из гидранта.

## § 7. ВНУТРЕННИЕ ВОДОПРОВОДЫ

### Основные сведения о внутренних водопроводах

Внутренний водопровод служит для подачи воды из наружной сети и распределения ее к отдельным точкам потребления в зданиях на хозяйственно-питьевые, производственные и противопожарные нужды.

Противопожарный водопровод в зданиях, имеющих хозяйственно-питьевой или производственный водопровод, должен быть объединен с одним из них.

Внутренний противопожарный водопровод предназначается главным образом для тушения пожаров в начале их возникновения.

Устройство внутренних противопожарных водопроводов, согласно существующим нормам, обязательно:

а) в производственных зданиях (за исключением оговоренных ниже случаев);

б) в жилых зданиях высотой 9 этажей и более;

в) в административных и общественных зданиях, в зданиях гостиниц, учебных заведений и детских садов высотой 3 этажа и более;

г) в вокзалах, торгово-складских и коммунально-бытовых зданиях, лечебных учреждениях и детских яслях, при кубатуре каждого здания 5000 м<sup>3</sup> и более;

д) в кинотеатрах и клубах со зрительными залами на 200 мест и более.

Внутренние противопожарные водопроводы не должны устраиваться:

а) в производственных зданиях I и II степени огнестойкости с несгораемым внутренним оборудованием, в которых обрабатываются, транспортируются или хранятся несгораемые изделия, полуфабрикаты и материалы, а также в производственных зданиях III—V степеней огнестойкости объемом не более 1000 м<sup>3</sup> с производствами категорий Г и Д;

б) в складах малоценных товаров, складах металла, формочной земли и т. п.;

в) в проходных и караульных помещениях;

г) в банях и прачечных, размещенных в одноэтажных зданиях;

д) в насосных и очистных станциях канализаций;

е) в производственных зданиях, где применение воды может вызвать взрыв, пожар, а также распространение огня; такие случаи возможны при наличии в производственных зданиях карбида кальция, натрия, калия и других подобных веществ.

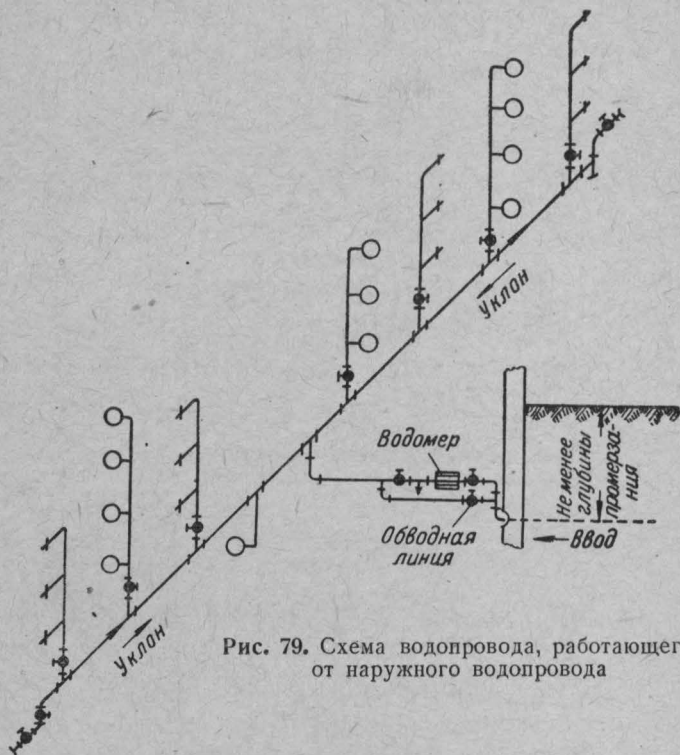


Рис. 79. Схема водопровода, работающего от наружного водопровода

Внутренний водопровод состоит из следующих элементов:

а) ввода (водопроводной линии от наружной сети до здания);

б) водометного узла;

в) разводки водопроводных труб по отдельным частям здания;

г) водоразборной, запорной и регулировочной арматуры.

Если напор в наружной сети водопровода недостаточен, внутренний водопровод может иметь дополнительные элементы:

а) водонапорные баки и резервуары;

б) насосы для повышения напора.

В зависимости от напора в наружной водопроводной сети различают следующие схемы внутренних водопроводов.

*Водопровод, работающий под напором городского водопровода* (рис. 79); применяется в случае, когда напор в наружном водопроводе достаточен для подачи воды к местам потребления.

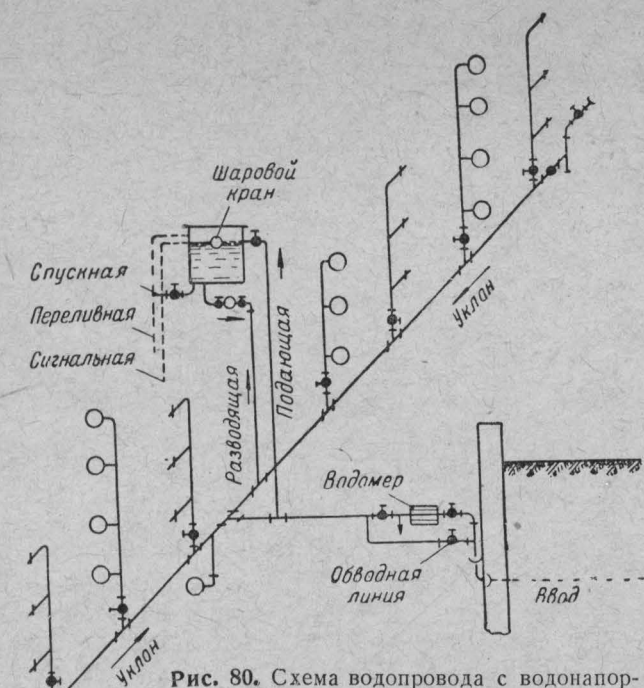


Рис. 80. Схема водопровода с водонапорным баком.

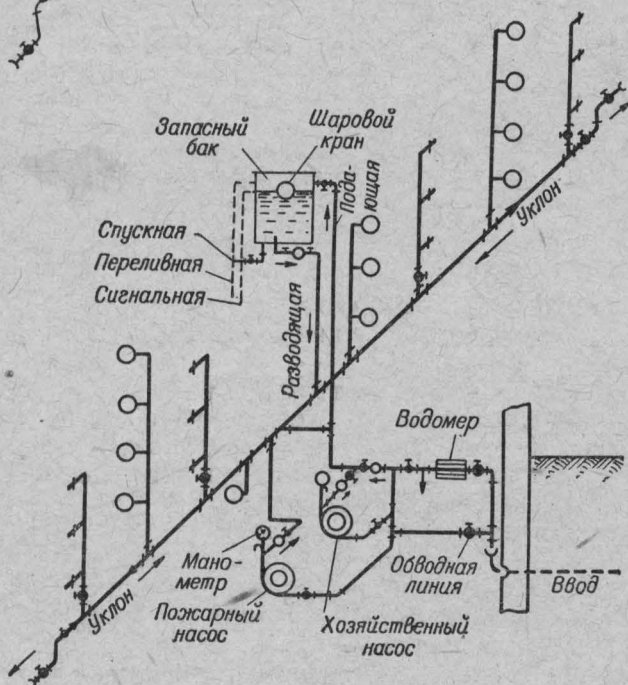


Рис. 81. Схема водопровода с насосами и баком



*Водопровод с водонапорными баками без насосов* (рис. 80); применяется, если напор в наружной сети в некоторые часы суток недостаточен; в такой схеме водонапорные баки наполняются водой в часы максимального напора в наружной сети и отдают воду, когда напор в наружной сети недостаточен.

*Водопровод с насосами и баком* (рис. 81); применяется при постоянном недостатке напора в наружной сети; в этом же случае может применяться водопровод с насосно-пневматической установкой.

### Внутренняя сеть и ее оборудование

Вода от наружной сети подается в здание по вводу. В месте присоединения ввода к наружной сети строят колодец для размещения соединительных частей и запорного вентиля (рис. 82).

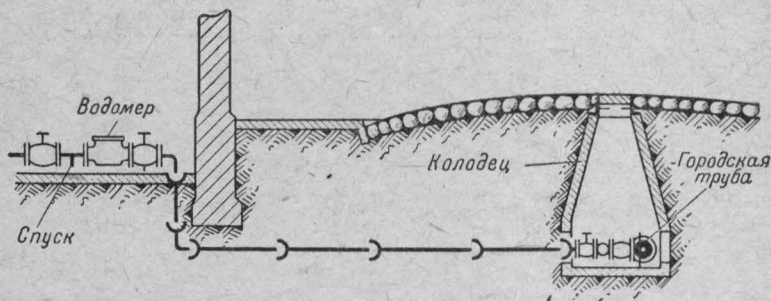


Рис. 82. Ввод

Внутренние сети противопожарных водопроводов с числом пожарных кранов более шести при наружной кольцевой водопроводной сети присоединяются к ней не менее чем двумя вводами, причем в жилых зданиях объемом менее 70 000 м<sup>3</sup>, а также в общественных зданиях (кроме торгово-складских и зрелищных предприятий), имеющих не более двух лестниц, связывающих между собой более двух этажей, допускается устройство одного ввода.

Места вводов должны обозначаться на стенах зданий. Это необходимо для того, чтобы в случае разрушения внутренней сети во время пожара ее можно было быстро отключить, так как утечка воды через поврежденные места может значительно снизить напор в наружной сети и тем самым лишить пожарную команду возможности тушить пожар от наружных гидрантов.

Для учета воды на вводах обычно устанавливают водомеры. Водомеры помещают на вводах непосредственно за первой стеной здания, в местах, доступных для осмотра. В системах внутреннего водопровода применяют в основном скоростные водомеры. Их устройство основано на принципе пропорциональности расхода воды и скорости ее движения.



Затруднения в выборе водомера могут быть, когда расход на хозяйственно-питьевые нужды незначителен, а пожарный расход сравнительно велик. В этом случае водомер, подобранный из условия пропуска пожарного расхода воды, может не учитывать расхода воды в обычное время. Наоборот, водомер,

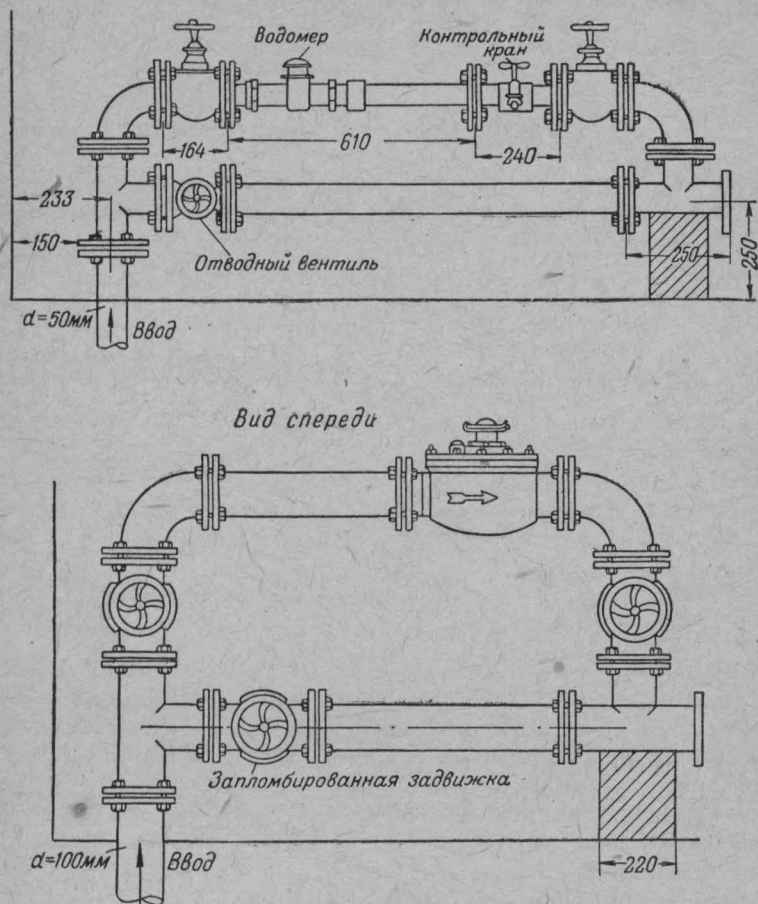


Рис. 83. Водомерные узлы

подобранный из условия пропуска хозяйственно-питьевого расхода воды, может не пропустить или пропустить со значительными потерями напора пожарный расход воды.

В таких случаях целесообразно устанавливать комбинированный водомер, смонтированный из двух — малого и большого; он снабжен особым клапаном, автоматически переключающим движение воды с малого водомера на большой и обратно при изменении расхода.

При установке водомера устраивается обводная линия с запломбированной задвижкой (рис. 83). Обводная линия включается в работу при снятии водомера на ремонт или смене его, а также в случае пожара для пропуска увеличенного расхода. Последнее допускается как исключение, если не предусмотрена установка комбинированного водомера, при условии, что водомер при закрытой обводной задвижке пропустит расход воды по крайней мере на одну пожарную струю, принятую расчетом. В этом случае места расположения обводных задвижек должны

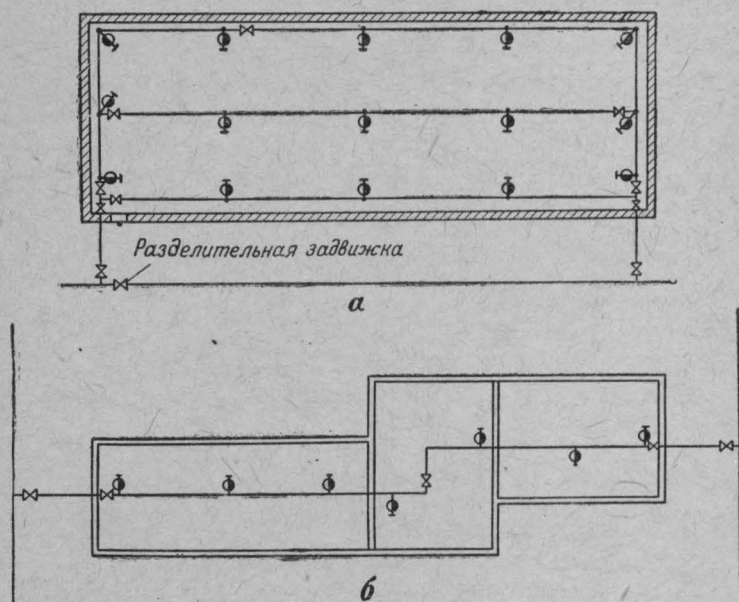


Рис. 84. Внутренняя водопроводная сеть:  
а — кольцевая; б — закольцованная вводами

быть снабжены соответствующими указателями, а обслуживающий состав, находящийся в данном здании, проинструктирован о необходимости открытия обводных задвижек при пожаре.

Внутренние сети устраивают с нижней или верхней разводкой. При нижней разводке магистраль прокладывают в подвале или в первом этаже здания (под полом). При верхней разводке магистраль прокладывают под потолком верхнего этажа или в чердачном помещении.

Недостатком верхней разводки является необходимость утепления магистрали при прокладке ее по чердаку, а также то, что при аварии вода может просочиться через перекрытия и повредить конструкции здания. Поэтому верхняя разводка обычно применяется лишь в коммунальных предприятиях (банях, прачечных) и в производственных зданиях, где этого требуют технологические условия.

Внутренние сети противопожарных водопроводов должны быть кольцевыми или закольцованными вводами (рис. 84).

Допускается устраивать вводы с одной стороны наружного водопроводного кольца. В этом случае предусматривается установка между вводами на наружной сети разделительной задвижки.

Внутренняя водопроводная сеть должна разделяться вентилями или задвижками на ремонтные участки с тем, чтобы одновременно выключалось не более пяти внутренних пожарных кранов в одном этаже.

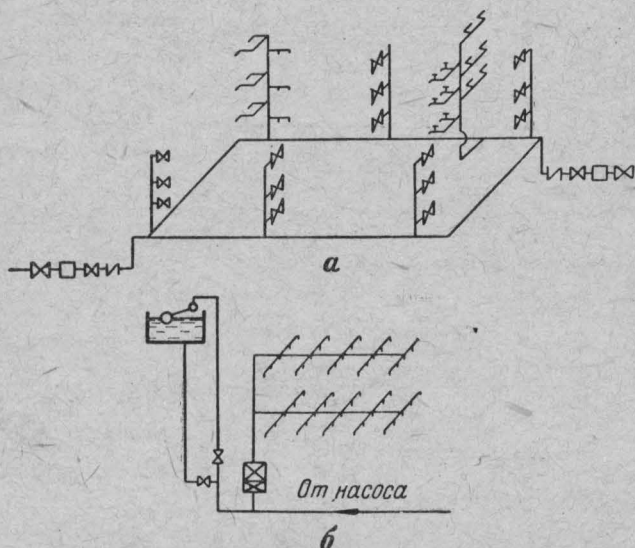


Рис. 85. Схема внутренней водопроводной сети:  
а — с вертикальной разводкой; б — с горизонтальной разводкой

Разводка воды по этажам производится при помощи стояков, установленных на магистральном кольце внутренней сети (рис. 85). На ответвлениях от стояков устанавливаются пожарные краны и другая арматура, предназначенная для разбора воды на хозяйственно-питьевые или производственные цели.

Сеть внутреннего водопровода обычно устраивается из стальных газовых оцинкованных труб, а при отсутствии последних иногда применяются черные трубы.

Для соединения труб применяются соединительные и фасонные части с внутренней цилиндрической резьбой.

### Внутренние пожарные краны и их оборудование

Внутренние пожарные краны устанавливаются на стояках на высоте 1,35 м от пола.

Диаметр пожарного крана принимается: для получения пожарных струй с расходом до 4 л/сек — 50 мм; для получения струй с большим расходом — 65 мм.

Каждый кран оборудуется рукавом длиной 10 или 20 м, диаметром в соответствии с краном, с присоединенным к нему стволом со sprysком диаметром 13, 16, 19 или 22 мм.

Водопроводные сети при подаче двух пожарных струй должны быть рассчитаны на действие двух пожарных кранов на смежных стояках, расположенных наиболее высоко и на наибольшем расстоянии от вводов; при этом каждая точка помещения должна орошаться не менее чем двумя струями.

В жилых домах, в зданиях коридорного типа, в административных зданиях и во вспомогательных зданиях производственных предприятий каждое изолированное помещение должно обслуживаться не менее чем одной струей.

Размещение пожарных кранов должно обеспечивать соприкосновение струй от двух смежных кранов в наиболее высокой и наиболее отдаленной точке здания, обслуживаемой этими кранами.

Внутренние пожарные краны устанавливаются во всех этажах отапливаемых зданий, кроме чердаков и отдельных выступающих частей многоэтажных зданий.

В административных, жилых, общественных, производственных и складских зданиях внутренние пожарные краны устанавливаются преимущественно у входов внутри помещений или на площадках отапливаемых лестничных клеток, в вестибюлях, коридорах или проходах в наиболее заметных местах.

Если в помещении находится какое-либо оборудование, то при выборе мест для установки пожарных кранов следует учитывать расположение оборудования с тем, чтобы при принятой длине рукава у пожарного крана можно было, пользуясь проходами между оборудованием, обслуживать струями все необходимые точки.

Пожарные краны можно установить: в открытом виде (рис. 86), в нише или в шкафчике с остекленной дверцей. В производственных помещениях с наличием пыли краны устанавливаются в шкафчиках.

При установке крана дверцу шкафчика следует опломбировать, что облегчает контроль за состоянием крана и его оборудо-

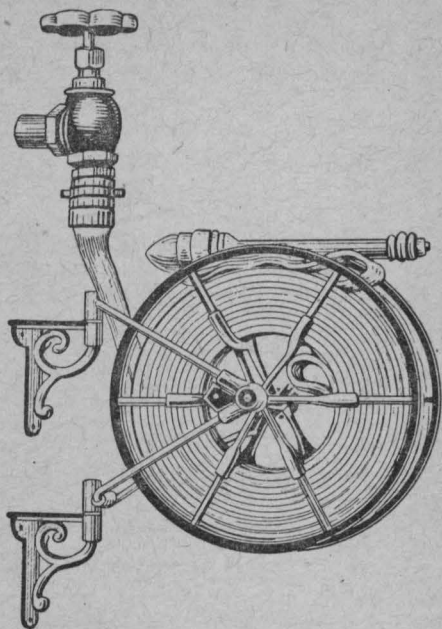


Рис. 86. Пожарный кран, установленный в открытом виде с рукавом на катушке



дования, так как при наличии пломбы можно быть уверенным, что кран находится в том порядке, при каком шкафчик был опломбирован.

Иногда требуется оборудовать внутренним краном неотапливаемое помещение при наличии внутреннего водопровода в соседнем отапливаемом помещении; тогда установку крана можно выполнить так, как это показано на рис. 87.

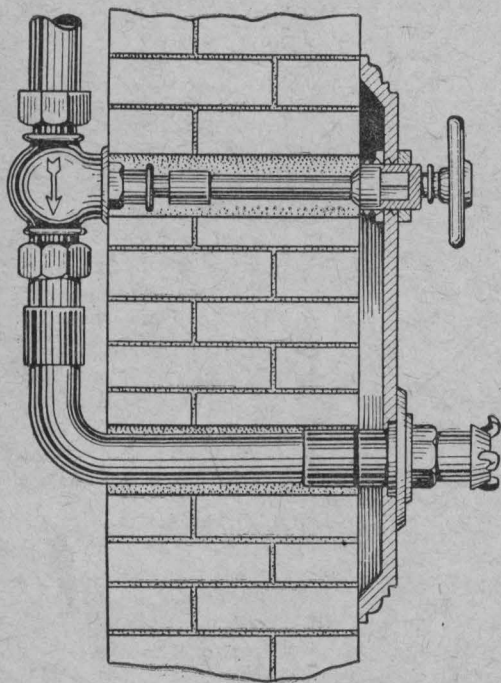


Рис. 87. Вывод внутреннего пожарного крана в неотапливаемое помещение

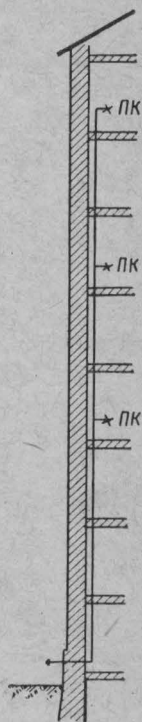


Рис. 88. Схема сухого противопожарного стояка

Такую же установку можно сделать и на наружной стене для подключения выкидных рукавов от передвижного пожарного насоса, установленного на гидрант, с целью увеличения напора воды во внутренней сети водопровода, что сократит время на прокладку рукавных линий снаружи внутрь здания.

Согласно ранее существовавшим нормам, в жилых зданиях высотой 8 этажей устанавливались сухие противопожарные стояки (рис. 88). Они располагаются в лестничных клетках каждой секции с размещением пожарных кранов на площадках через этаж (начиная с четвертого). Диаметр стояка должен быть не менее 65 мм.

Стояки имеют в цоколе дома или внутри лестничной клетки патрубок с гайкой для присоединения рукавов от пожарных насосов. Такое устройство сокращает время на прокладку рукавных линий и значительно снижает потери напора в линии.

### Спринклерное оборудование

Спринклерное оборудование предназначается для автоматического тушения пожара в самом начале его развития, с одновременной подачей сигнала пожарной тревоги.

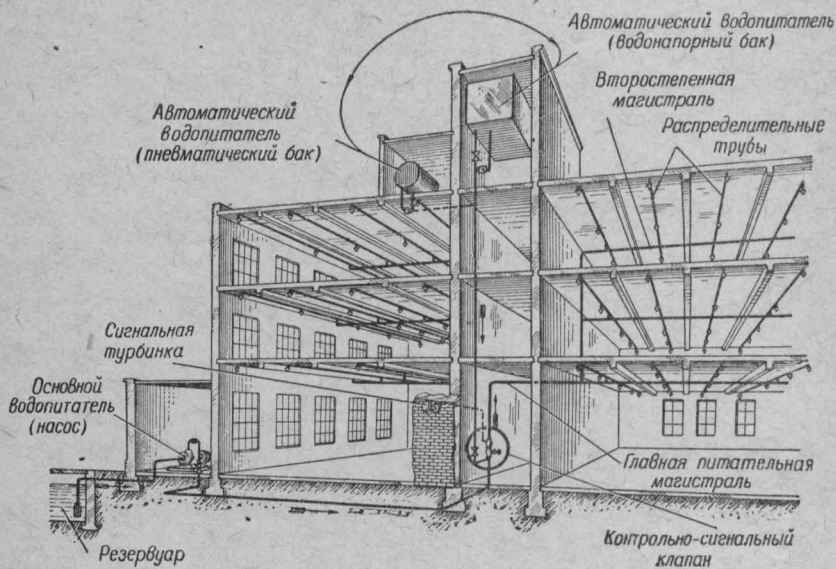


Рис. 89. Общая схема спринклерного оборудования

Спринклерное оборудование состоит из спринклеров, спринклерной сети, контрольно-сигнальных клапанов, сигнальных аппаратов и водопитателей.

Общая схема спринклерного оборудования показана на рис. 89. Устройство спринклерного оборудования сводится к следующему.

От основного водопитателя (насоса) по трубопроводу вода подается к автоматическому водопитателю — пневматической установке или водонапорному баку. Автоматический водопитатель соединен трубопроводом через контрольно-сигнальный клапан со спринклерной сетью.

Спринклерная сеть состоит из главной питательной магистрали, подающей воду от контрольно-сигнального клапана к отдельным помещениям здания, и питательных труб, ответвляющихся от главной питательной магистрали и подводящих

воду к распределительным трубам. Распределительные трубы размещены под потолком помещений и на них установлены спринклерные головки.

Спринклерные головки имеют отверстия, соединенные с распределительными трубами, закрытые в обычное время при помощи клапана и легкоплавкого замка.

При повышении температуры в помещении во время пожара легкоплавкий замок распадается и клапан отпадает, открывая выходное отверстие, через которое вода начинает поступать из

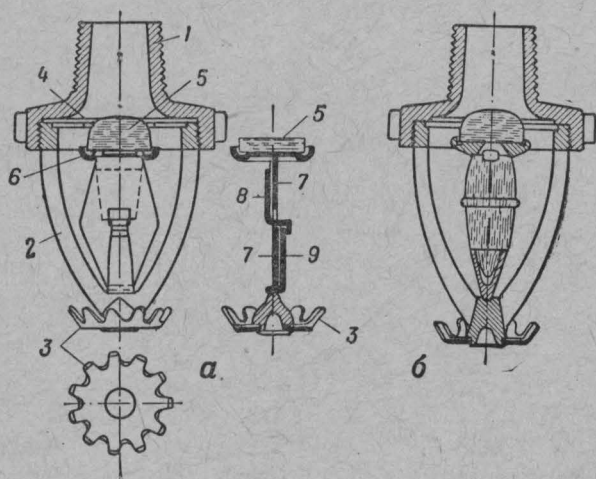


Рис. 90. Спринклерные головки:

*а* — с металлическим замком; *б* — со стеклянным замком; 1 — штуцер; 2 — рамка; 3 — розетка; 4 — диафрагма; 5 — стеклянный клапан; 6 — шайба; 7, 8, 9 — медные пластинки

распределительных труб в помещение. Поступающая под напором вода, ударяясь о розетку головки, разбрызгивается и орошает защищаемую головкой площадь помещения.

При вскрытии головки вода, двигаясь через контрольно-сигнальный клапан, приводит в действие сигнальную аппаратуру, при помощи которой подается сигнал пожарной тревоги.

В настоящее время применяются два типа спринклерных головок.

Наибольшее распространение получили спринклерные головки с металлическим замком.

Спринклерная головка с металлическим замком (рис. 90, *а*) состоит из бронзового штуцера 1 с резьбой для ввертывания в тройник распределительной трубы, кольца с рамкой 2, к которой прикреплена розетка 3, служащая для рассеивания струи. В диафрагме 4 отверстие закрыто стеклянным клапаном 5, сидящим на медной шайбе 6. Клапан плотно прижимается к от-

верстию диафрагмы замком, состоящим из трех медных пластинок 7, 8 и 9, спаянных легкоплавким припоем.

При повышении температуры до определенной величины припой расплавляется, замок распадается, стеклянный клапан отпадает, и вода начинает выливаться из отверстия диафрагмы, разбрызгиваясь о розетку.

Для обслуживания помещений с обычной температурой изготовляют замки с температурой плавления припоя  $72^{\circ}$ , для помещений с более высокой температурой — с температурой плавления 93, 141 и  $182^{\circ}$ .

Спринклерная головка другого типа выполняется со стеклянным замком (рис. 90, б). Клапан головки поддерживается стеклянным пустотелым капсюлем, наполненным специальной жидкостью. При повышении температуры до  $56^{\circ}$  жидкость расширяется и разрывает капсюль, вследствие чего клапан отпадает, открывая отверстие спринклера.

Изготовление такого замка стоит дороже, а поэтому спринклеры со стеклянным замком применяются только в помещениях, где имеются едкие пары или газы, способные разрушить металлический замок.

Спринклерное оборудование может состоять из одной или нескольких секций, каждая из которых обслуживается отдельным контрольно-сигнальным клапаном.

Применяются три системы спринклерного оборудования: водяная, воздушная и переменная.

*Водяная система* устанавливается в помещениях с постоянной температурой воздуха выше  $0^{\circ}$ . В такой системе вся спринклерная сеть заполнена водой под расчетным напором.

*Воздушная система* устанавливается в неотапливаемых помещениях, в которых постоянно или временно возможна температура ниже  $0^{\circ}$ . При этой системе спринклерная сеть выше контрольно-сигнального клапана заполнена сжатым воздухом.

При вскрытии спринклерной головки воздушной системы вначале должен выйти воздух, а затем будет поступать вода.

*Переменная система* спринклерного оборудования представляет собой сочетание воздушной и водяной систем. Она применяется в неотапливаемых помещениях, причем в зимнее время сеть заполняется воздухом, а в летнее время — водой.

Спринклеры размещаются из расчета: один спринклер на  $9 \text{ м}^2$  площади пола, а в помещениях с повышенной пожарной опасностью — на  $6 \text{ м}^2$  площади пола. Соответственно, расстояние между спринклерами должно быть не более  $3,7 \text{ м}$  в первом случае и  $2,5 \text{ м}$  — во втором.

В одну сторону от питательной трубы на распределительной линии рекомендуется устанавливать не более шести спринклеров.

Диаметр труб спринклерного оборудования определяется в зависимости от количества питаемых спринклеров по табл. 28.



**Диаметр труб спринклерного оборудования в зависимости  
от количества питаемых спринклеров**

Количество питаемых спринклеров . . . . .	3 (2)	5 (3)	9 (5)	18 (10)	28 (20)	46 (36)	80 (75)	150 (140)
Диаметр труб в мм	25	32	38	50	65	75	100	150

В этой таблице в графе „Количество питаемых спринклеров“ в скобках дано количество спринклеров для случаев, когда расчетный напор в сети незначителен.

Гидравлический расчет спринклерной сети производится в зависимости от расхода воды на отдельных участках при условии, что минимальный напор у самого высоко расположенного и наиболее удаленного от водопитателя спринклера должен быть 5 м.

Напор у контрольно-сигнального клапана должен обеспечить подачу воды в количестве, предусмотренном нормами (см. главу I).

Для сигнализации о начале работы спринклерной установки и контроля за ее исправностью в начале спринклерной сети каждой секции устанавливаются контрольно-сигнальные устройства с клапанами тарельчатого типа.

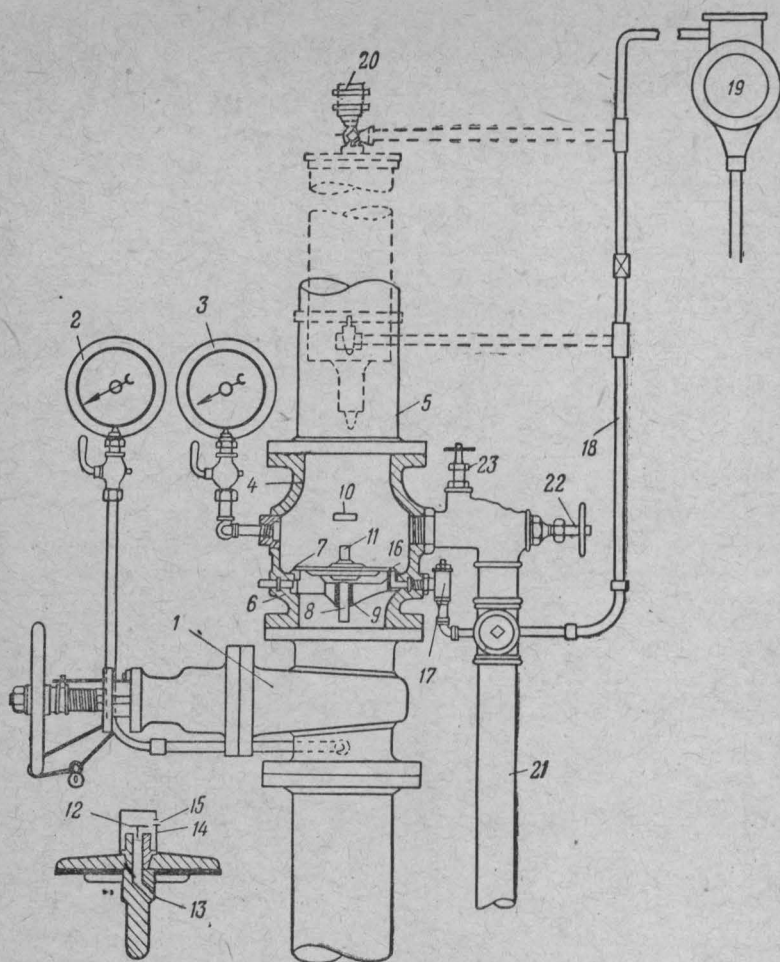
Водяной контрольно-сигнальный клапан (рис. 91) снабжен главным затворным вентилем 1, предназначенным для отключения спринклерной сети при ремонте, промывке, а также после пожара для замены сработавших спринклеров. В нормальное время вентиль находится в открытом положении.

Перед вентилем установлен манометр 2, показывающий давление в магистрали. Над вентилем располагается сигнальный клапан, отделяющий от магистрали главную питательную трубу 5 спринклерной сети. Внутри чугунного корпуса 4 на медном седле 6 сидит клапан 7 с резиновой прокладкой. Направляющий стержень 8 клапана ходит во втулке 9. Ход клапана ограничен упором 10 и верхней частью компенсатора 11.

Компенсатор состоит из небольшого конического обратного клапана 12, закрывающего отверстие канала 13 в теле основного клапана, соединяющее надклапанное пространство с подклапанным.

Сверху конический клапан 12 закрыт цилиндром 14 с отверстием 15. Клапан 12 открывается вверх и служит для выравнивания давления под и над клапаном 7. Небольшое снижение давления в спринклерной сети под клапаном 7 может произойти в результате незначительных утечек воды через неплотные соединения, что могло бы вызвать подъем клапана 7 и сигнал ложной тревоги.

В седле клапана 7 сделана проточка 16, соединяющая трубу 5 через кран 17 с сигнальным трубопроводом 18 диаметром 13 мм, идущим к сигнальной турбинке 19 или к электросигналу 20.



**Рис. 91.** Водяной контрольно-сигнальный клапан:

1 — главный затворный вентиль; 2 и 3 — манометры; 4 — корпус сигнального клапана; 5 — главная питательная труба спринклерной сети; 6 — седло; 7 — клапан; 8 — направляющий стержень клапана; 9 — втулка; 10 — упор; 11 — компенсатор; 12 — конический обратный клапан компенсатора; 13 — канал; 14 — цилиндр; 15 — отверстие; 16 — проточка; 17 — кран; 18 — сигнальный трубопровод; 19 — сигнальная турбинка; 20 — электросигнал; 21 — спускная труба; 22 — вентиль; 23 — пробковый кран

Давление под клапаном 7 определяется по манометру 3.

С правой стороны клапана присоединена спускная труба 21 диаметром 50 мм с двумя затворами: вентилем 22 диаметром 50 мм, предназначенным для выпуска воды из секции, и с пробковым краном 23 диаметром 13 мм, служащим для выпуска воды при контроле за действием сигнального устройства.

В нормальное время, когда вся сеть заполнена водой, клапан 7 под влиянием своей тяжести плотно сидит на седле, одновре-

менно закрывая проточку 16. Во время пожара при вскрытии спринклера давление над клапаном 7 уменьшится и давлением воды, поступающей от водопитателя, клапан 7 поднимется и пропустит воду в трубу 18 к сигнальным приборам 19 и 20, в результате чего последние подадут сигналы тревоги.

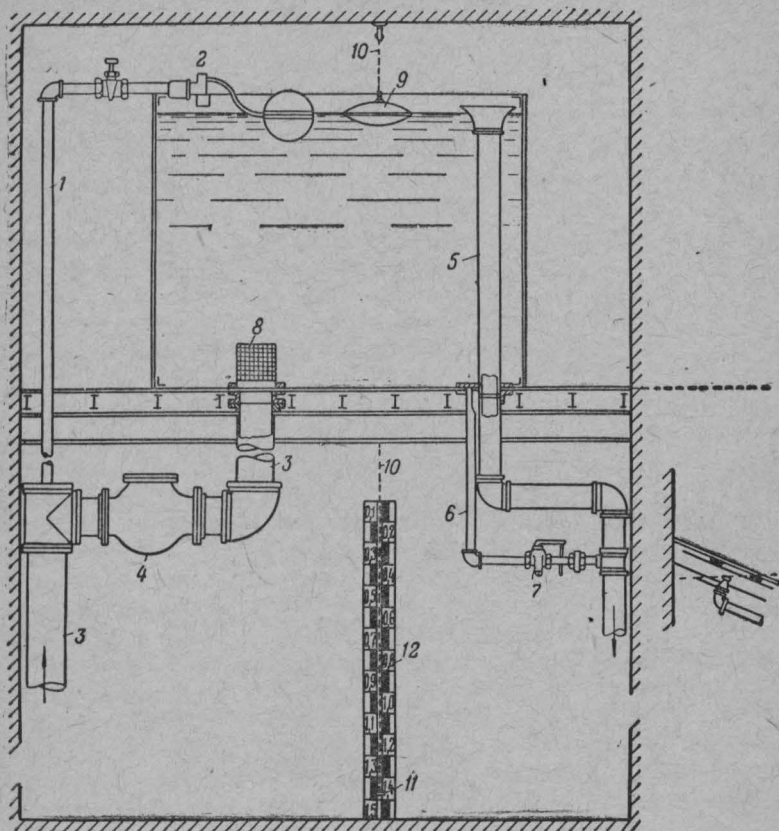


Рис. 92. Водонапорный бак:

1 — напорный трубопровод; 2 — поплавковый кран; 3 — расходный трубопровод; 4 — обратный клапан; 5 — сливная труба; 6 — грязевая труба; 7 — кран; 8 — сетка; 9 — поплавок; 10 — трос; 11 — указатель; 12 — рейка

В качестве автоматического водопитателя спринклерной сети, как было сказано выше, применяются водонапорный бак или пневматическая установка.

Автоматический водопитатель рассчитывается на подачу воды в течение 10 минут (до включения основного водопитателя — насоса).

Водонапорный бак устанавливается в надстройках над спринклерованным зданием или в отдельно стоящей башне.

Бак оборудуется: напорным трубопроводом 1 (рис. 92), на конце которого укреплен поплавковый кран 2; расходным трубо-

проводом 3 с сеткой 8 и обратным клапаном 4; сливной трубой 5 и грязевой трубой 6, отделяемой от сливной трубы краном 7; указателем уровня воды, состоящим из поплавка 9, соединенного тросом 10 с указателем 11, передвигающимся по рейке 12, и автоматического сигнала, соединенного с насосной установкой.

### Дренчерное оборудование

Дренчерное оборудование применяется главным образом для создания водяных завес, отделяющих одну часть здания от другой, или для защиты проемов, а также для орошения площадей.

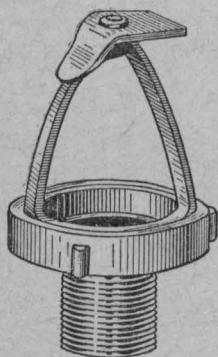


Рис. 93. Розетка дренчера для защиты вертикальных плоскостей

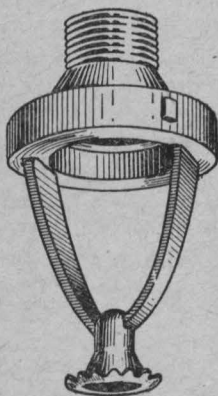


Рис. 94. Розетка дренчера для защиты горизонтальных плоскостей

Обычно дренчерное оборудование приводится в действие не автоматически, но иногда устраивают дренчерное оборудование с автоматическим пуском при помощи так называемых контролей.

Дренчер отличается от спринклера тем, что не имеет замка, закрывающего выходное отверстие.

Форма розетки дренчера принимается в зависимости от его назначения. Например, для защиты вертикальных плоскостей розетка устраивается в виде лопатки, направленной в сторону защищаемой площади (рис. 93), а если дренчер предназначен для орошения горизонтальных плоскостей, то форма розетки такая же, как и у спринклера (рис. 94).

В системах дренчерного оборудования для создания водяных завес, а также орошения вертикальных плоскостей с неавтоматическим пуском часто устраивают питание с двух сторон (рис. 95).



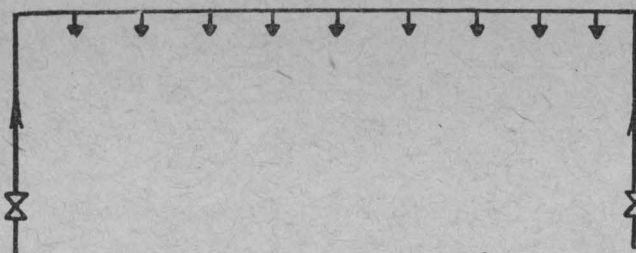


Рис. 95. Схема дренажной системы с питанием с двух сторон

Это делают для того, чтобы расход воды через дренажеры был более равномерным.

Дренажное оборудование для орошения горизонтальных площадей часто применяется в сушильных камерах и других подобных сооружениях.

Напор у наиболее невыгодно расположенного дренажера должен быть не менее 3 м. Диаметр отверстия дренажеров применяется различный: 12,7; 10; 8 и 6 мм.

В системах автоматически действующих дренажеров побудителем, приводящим в действие систему, служит автоматически действующий клапан, называемый контролем.

Конструкция контроля показана на рис. 96. Контроль соединяется с питательной трубой штуцером 1 и с разводящими трубами штуцером 2. Отверстие штуцера 1 закрывается клапаном 3, нижний шток которого упирается в замок 4. При повышении температуры замок распадается и клапан, опускаясь вниз, открывает доступ воды от штуцера 1 через штуцер 2 и разводящую сеть к дренажерам.

Схема дренажной системы с контролями показана на рис. 97. Одним контролем могут обслуживаться не более восьми дренажеров.

Автоматические дренажные системы применяются также группового действия. Побудителем здесь является спринклерная сеть со спринклерными головками, апуск воды в дренажную систему осуществляется при помощи клапана группового действия (рис. 98).

Клапан группового действия состоит из корпуса 1, в котором располагается дифференциальный клапан 2. Камера группового клапана А соединяется с магистральной линией от водопитателя и отделяется от дренажной сети малым диском клапана 2. Межклапанная камера Б сое-

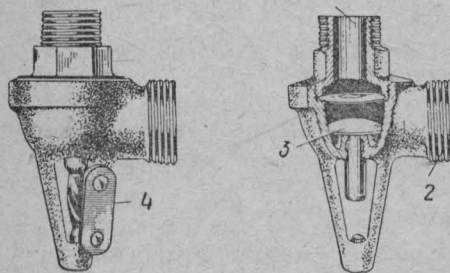


Рис. 96. Контроль:

1 и 2 — штуцеры; 3 — клапан; 4 — замок

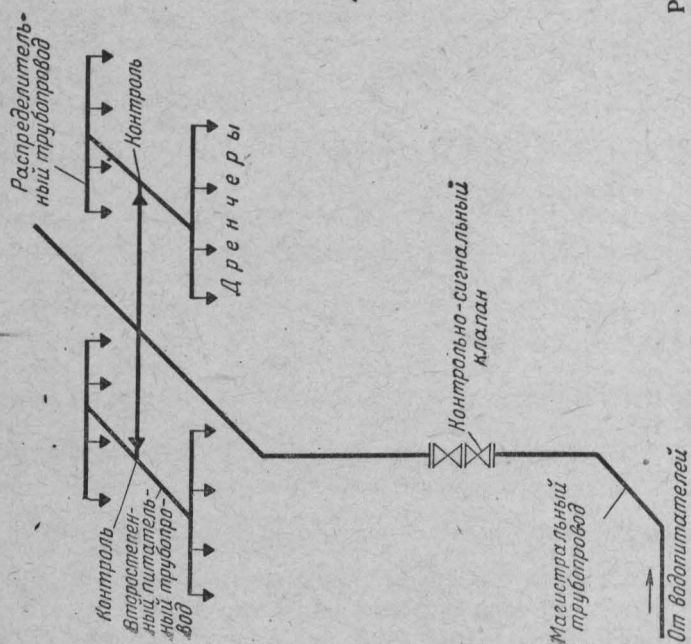


Рис. 97. Схема дренажной системы с контролями

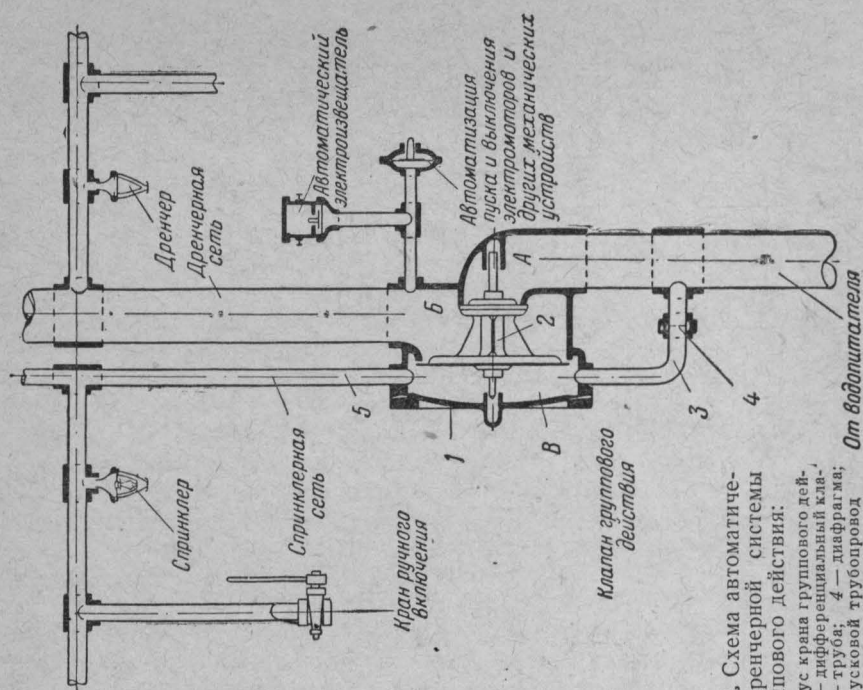


Рис. 98. Схема автоматической дренажной системы

группового действия:  
1 — корпус клапана группового действия; 2 — дифференциальный клапан; 3 — труба; 4 — диафрагма; 5 — пусковой трубопровод



ного запаса в запасных резервуарах, то при приемке следует установить наличие в резервуарах требуемого пожарного запаса воды и надежность постоянного его пополнения при израсходовании во время пожара. При этом в первую очередь необходимо обратить внимание, обеспечена ли бесперебойность подачи электроэнергии и достаточна ли мощность двигателей и производительность насосов для подачи расчетного количества воды.

При приемке запасных емкостей необходимо проверить, соответствует ли неприкосновенный запас воды на пожарные нужды расчетному объему, а также надежность неприкосновенности этого запаса.

### *Приемка насосной станции второго подъема и регулирующих емкостей*

Основным противопожарным требованием, предъявляемым к насосной станции второго подъема, является обеспечение подачи расчетного количества воды с необходимым напором, а поэтому следует проверить, будет ли обеспечена подача воды в любое время суток на внутреннее пожаротушение, а при пожаре и на полный расход для наружного пожаротушения.

Это лучше всего проверить путем испытания водопроводной сети на водоотдачу в часы максимального расхода на производственные и хозяйственные цели в пределах, требуемых по нормам расходов на нужды пожаротушения. Если такое испытание по каким-либо причинам произвести нельзя, то проверку можно осуществить, пользуясь характеристиками насосов и суточным графиком расхода воды.

При приемке насосной станции второго подъема следует проверить, обеспечивается ли заливка пожарных насосов (если она требуется при данной схеме водоснабжения), имеется ли сигнализация об уровне воды в запасных и регулирующих емкостях, предусмотрена ли телефонная связь с местной пожарной командой, соответствует ли требованиям норм помещение насосной станции, обеспечена ли бесперебойность подачи электроэнергии и имеются ли резервные пожарные агрегаты, если они предусмотрены нормами.

Необходимо проверить, сохраняется ли расчетный пожарный запас воды в водонапорных и пневматических баках, а также обеспечивается ли требуемый напор.

Наконец, следует проверить, имеется ли сигнализация, свидетельствующая о сохранении пожарного запаса воды в водонапорных баках. Если при пожаре водонапорная башня должна отключаться (при противопожарных водопроводах высокого давления), необходимо выяснить, как должно осуществляться это отключение.



## Приемка наружной водопроводной сети

При приемке наружной водопроводной сети следует:

- 1) установить правильность расположения колодцев с гидрантами в отношении расположения зданий и сооружений;
- 2) убедиться в правильности установки гидрантов в колодцах;
- 3) проверить глубину заложения труб (согласно данным проекта) промером от верха трубы до края люка колодца;
- 4) проверить возможность отключения отдельных участков сети при помощи задвижек из расчета, чтобы при их закрытии отключалось не более пяти гидрантов;

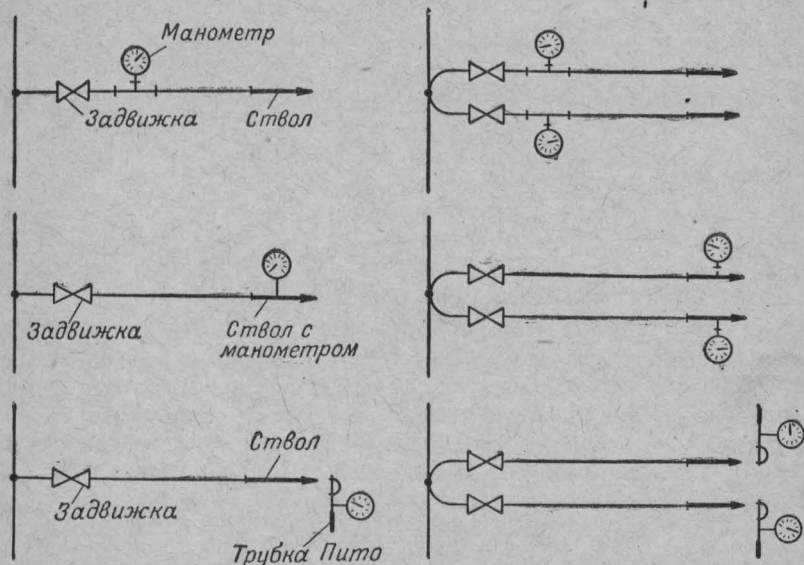


Рис. 100. Схема испытания водопровода

5) при наличии тупиковых линий проверить, предохранены ли эти линии от замерзания, в особенности в колодцах;

6) проверить сеть на водоотдачу на пожарные нужды в самых неблагоприятных участках в часы наибольшего водопотребления.

Проверять сеть на водоотдачу в водопроводах низкого давления надо в часы максимального расхода у наиболее невыгодно расположенных гидрантов, причем при максимальном расчетном пожарном расходе воды свободный напор на поверхности земли у гидрантов должен быть не менее 10 м. В отдельных особо неблагоприятных точках допускается снижение свободного напора до 7 м.

Для испытания на гидрант устанавливается стендер, к одному из штуцеров которого присоединяется заглушка с манометром, а к другому — водомёр с задвижкой и небольшой отрезок рукава. При помощи задвижки можно регулировать расход воды.

Если проектный полный расход будет больше производительности одного гидранта, то необходимо использовать несколько гидрантов.

Расход можно замерять также при помощи манометров, установленных у стендера или ствола, или при помощи трубки Пито (рис. 100). В этом случае расход определяется по табл. 29, 30 и 31.

Таблица 29

**Расход воды в л/сек по показаниям манометра, установленного у стендера в начале непрорезиненного рукава диаметром 65 мм, длиной 20 м**

Напор по манометру в м вод. ст.	Диаметр sprыска в мм			
	16	19	22	25
5	1,94	2,55	3,40	4,15
10	2,72	3,76	4,76	5,85
15	3,24	4,60	5,85	7,20
20	3,87	5,33	6,80	8,30
25	4,33	5,95	7,40	9,30
30	4,75	6,53	8,30	10,90
35	5,12	7,05	9,00	11,00
40	5,48	7,54	9,60	11,80
45	5,81	8,00	10,20	12,50
50	6,12	8,40	10,70	13,20

Таблица 30

**Расход воды в л/сек по показаниям манометра, установленного на стволе (рукав непрорезиненный диаметром 65 мм, длиной 20 м)**

Напор по манометру в м вод. ст.	Диаметр sprыска в мм			
	16	19	22	25
2,5	1,39	1,99	2,66	3,42
5,0	1,96	2,81	3,75	4,83
7,5	2,41	3,45	4,60	5,94
10	2,79	3,98	5,31	6,85
15	3,40	4,88	6,50	8,40
20	3,85	5,64	7,50	9,70
25	4,45	6,30	8,40	10,85
30	4,87	6,90	9,21	11,85
35	5,22	7,46	9,96	12,80
40	5,56	7,96	10,60	13,65
45	5,90	8,45	11,25	14,35
50	6,22	8,90	11,85	15,33

**Расход воды в л/сек по показаниям манометра трубки Пито  
конструкции ЦНИИПО**

Напор по манометру в м вод. ст.	Диаметр sprыска в мм				
	13	16	19	22	25
2	0,78	1,18	1,67	2,24	2,90
4	1,10	1,66	2,36	3,16	4,10
6	1,34	2,02	2,86	3,84	4,95
8	1,55	2,34	3,22	4,45	5,75
10	1,72	2,60	3,68	4,95	6,40
12	1,88	2,84	4,02	5,40	6,96
14	2,04	3,03	4,36	5,85	7,56
16	2,18	3,30	4,66	6,26	8,10
18	2,31	3,49	4,95	6,62	8,56
20	2,45	3,70	5,23	7,05	9,10
22	2,56	3,87	5,46	7,35	9,50
24	2,68	4,04	5,72	7,70	9,95
26	2,80	4,22	5,96	8,05	10,40
28	2,90	4,38	6,20	8,35	10,80
30	3,00	4,50	6,40	8,60	11,10
32	3,08	4,65	6,65	8,85	11,45
34	3,20	4,82	6,82	9,16	11,90
36	3,28	4,95	7,00	9,40	12,20
38	3,36	5,08	7,18	9,65	12,50
40	3,44	5,22	7,40	9,90	12,85
42	3,56	5,38	7,60	10,20	13,25
44	3,62	5,48	7,75	10,40	13,50
46	3,71	5,60	7,92	10,60	13,70
48	3,78	5,70	8,10	10,80	14,05
50	3,86	5,84	8,26	11,10	14,40
52	3,93	5,94	8,42	11,30	14,60
54	4,02	6,06	8,60	11,50	14,90
56	4,10	6,18	8,75	11,70	15,20
58	4,16	6,28	8,90	11,90	15,50
60	4,22	6,40	9,10	12,10	15,75
62	4,32	6,52	9,21	12,35	16,05
64	4,36	6,60	9,35	12,50	16,25
66	4,46	6,73	9,50	12,70	16,60
68	4,50	6,80	9,62	12,90	16,75
70	4,56	6,90	9,80	13,10	17,00

Проверку сети на водоотдачу в водопроводах высокого давления можно произвести двумя способами.

*Первый способ.* От гидрантов прокладывают линии к зданию, причем стволы помещают, как указано в нормах (Н-102—51).

Расход можно замерять у штуцеров стендера при помощи водомеров или у sprысков при помощи трубки Пито. Длина рукавных линий должна быть равна 100 м. Число линий зависит от нормы расхода воды на пожар, с расходом на одну линию 5 л/сек.

Чтобы отобрать указанный расход от гидрантов, у них устанавливают водомеры и задвижки; регулируя задвижки, можно точно установить потребный расход.

Если манометры, установленные около гидранта, будут показывать  $T + 25$  м, где  $T$  — высота здания до конька крыши, то водопровод надо считать удовлетворяющим своему назначению.

Недостаток этого способа состоит в том, что рукава со стволами приходится поднимать до конька крыши.

*Второй способ.* Рукавные линии от гидрантов прокладываются по поверхности земли, что облегчает производство испытаний. Величину расхода от гидранта  $q$  в этом случае можно определить путем следующего расчета.

Напор у гидранта при расположении ствола на уровне конька крыши здания определяется по формуле

$$H_r = sq^2 + T = s5^2 + T;$$

$$s = \frac{H_r - T}{25}.$$

При расположении ствола на земле имеем

$$H_r = sq_x^2,$$

откуда после подстановки величины сопротивления получаем

$$H_r = \frac{H_r - T}{25} q_x^2$$

и, следовательно,

$$q_x = \sqrt{\frac{25H_r}{H_r - T}} = 5 \sqrt{\frac{H_r}{H_r - T}}.$$

Так как  $H_r = 25,5 + T$ , получим

$$q_x = 5 \sqrt{\frac{25,5 + T}{25,5 + T - T}} = 5 \sqrt{1 + \frac{T}{25,5}}.$$

Величины расходов и напоров у гидрантов, соответствующие проектным данным (Н-102—51) для водопроводов высокого давления, приведены в табл. 32.

Таблица 32

**Величины расходов и напоров у гидрантов для водопроводов высокого давления**

Высота здания до конька крыши в м	Напор у гидранта в м вод. ст.	Расход из ствола со спрыском диаметром 19 мм при располо- жении его на уровне земли в л/сек
0	25,5	5,0
5	30,5	5,5
10	35,5	5,9
15	40,5	6,3
20	45,5	6,7
25	50,5	7,0
30	55,5	7,4
35	60,5	7,7
40	65,5	8,0



## Приемка внутреннего противопожарного водопровода

При приемке внутреннего противопожарного водопровода следует проверить:

- 1) правильность расстановки пожарных кранов;
- 2) исправность пожарных кранов и задвижек;
- 3) возможность выключения отдельных частей внутренней сети из расчета, чтобы при выключении одного участка выходило из строя не более пяти кранов;
- 4) возможность отключения внутренней сети от наружной;
- 5) достаточность напора при расчетном расходе воды.

При наличии обводной задвижки, установленной около водомера, необходимо проверить легкость доступа к ней и ее открытия.

При наличии насоса — повысителя давления, включаемого во время пожара, следует проверить возможность подхода к нему в любое время и пуска его в течение не более 5 минут.

Проверку на водоотбор необходимо произвести у наиболее невыгодно расположенных кранов.

Определение величины расхода и напора можно произвести следующими способами:

1) К пожарному крану присоединяют водомер и по показаниям последнего определяют расход из спрыска, а затем по величине диаметра спрыска и расходу находят по табл. 17 напор у спрыска; учитывая потери напора в рукаве, определяют напор у крана.

2) К пожарному крану присоединяют патрубок с манометром и определяют напор у крана, а затем по напору находят расход, с учетом потерь напора в рукаве.

3) Вместо рабочего ствола к рукаву присоединяют ствол с манометром; по напору находят по табл. 17 расход и, учитывая потери напора в рукаве, определяют напор у крана.

4) Измеряют объем воды, налитой из ствола в мерный бак за определенный промежуток времени, и затем определяют расход по формуле

$$q = \frac{w}{t},$$

где  $q$  — расход в л/сек;

$w$  — объем налитой в бак воды в л;

$t$  — время наполнения в секундах.

Напор у спрыска находят по расходу в табл. 17 и с учетом потерь напора в рукаве определяют напор у крана.

5) По показаниям манометра на трубке Пито при помощи табл. 31 определяют расход на стволе.

## Эксплуатация водопроводов

Эффективность работы системы водоснабжения в значительной степени зависит от правильной ее эксплуатации.

С точки зрения пожарной охраны эксплуатация противопожарных водопроводов сводится к контролю и наблюдениям

за работой основных сооружений водопровода, с тем чтобы была выполнена основная задача — обеспечение бесперебойной подачи воды в требуемых количествах и под требуемым напором.

Для выполнения этой задачи в первую очередь необходимо следить за работой следующих водопроводных сооружений.

*Занасные и регулирующие емкости.* Производятся наблюдения за сохранностью пожарного запаса воды.

*Насосные станции.* Определяется возможность быстрого пуска пожарных насосов и производится их периодическое испытание на пуск в работу.

*Водопроводная сеть.* Проверяется исправность колодцев, задвижек и гидрантов, возможность их быстрого нахождения в зимнее время, принимаются меры для предупреждения замерзания гидрантов.

Периодически производится отбор воды из гидрантов в количестве, предусмотренном нормами.

*Внутреннее водоснабжение.* Ведется наблюдение за исправностью пожарных кранов и их оборудования, доступностью подхода к ним и достаточностью напора и расхода воды на внутреннее пожаротушение.

Для обеспечения правильной эксплуатации внутренних пожарных кранов следует:

а) каждый кран снабдить исправным облегченным или нормальным рукавом с гайками и стволом; рукав и ствол размещать на стенной рукавной катушке (в металлической корзине) или в шкафчике под пломбой;

б) в производственных помещениях с наличием пыли пожарный кран, рукав к нему и ствол заключить в специальный шкафчик с плотно закрывающимися дверцами;

в) все оборудование пожарных кранов (рукава, стволы, гайки) постоянно содержать в чистоте; рукав должен быть, как правило, примкнутым к крану, а ствол примкнутым к рукаву; поверхность резиновых прокладок гаек необходимо периодически натирать мелом;

г) над каждым пожарным краном вывесить табличку с надписью „Пожарный кран № . . . “ или „П. К. № . . . “; если кран заключен в шкафчик, надпись делается на дверце шкафчика;

д) ежедневно проверять исправность пожарных кранов осмотром (без разъединения гаек) и не реже одного раза в квартал проверять действие крана с пуском воды, но при этом предварительно отсоединять рукав.

Для проверки кранов с пуском воды целесообразно применять специальную заглушку, соединенную с манометром, что позволит одновременно установить величину напора воды в пожарном кране.

Гидравлическое испытание рукавов внутренних пожарных кранов нужно производить один раз в год, при этом испыты-

вать рукава, как правило, на 4—5 ат. На время испытания краны снабдить другими проверенными на годность рукавами.

После испытания рукава пожарных кранов накатывать на стенные рукавные катушки (укладывать в металлические корзины) по новому сгибу.

При эксплуатации гидрантов с целью быстрого использования их при пожаре необходимо:

а) место расположения каждого гидранта на территории военного городка обозначить табличкой, окрашенной в красный цвет, с надписью белой краской „Пожарный гидрант № . . . “; на табличке указать цифрой расстояние от центра гидранта до таблички в метрах; табличку прибивать строго против гидранта на стену ближайшего здания на высоте 1,8—2 м; в тех случаях, когда ближе чем на 10 м от гидранта зданий нет или исключена возможность поместить табличку на стене здания, табличку прибивать к специально вкопанному столбу;

б) в колодцах гидрантов ленинградского типа обязательно устанавливать направляющие футляры из досок квадратного сечения 18 × 18 см (внутренний размер); футляр должен стоять прочно и строго вертикально над клапанной коробкой;

в) в зимнее время крышки гидрантов постоянно очищать от снега, а гидранты надежно утеплять.

Проверка исправности гидрантов производится один раз в неделю, при этом обращается внимание на следующее:

а) исправность крышки колодца гидранта, а в гидрантах ленинградского типа, кроме того, направляющего футляра;

б) наличие свободного подъезда к гидранту;

в) состояние и надежность утепления гидрантов (в зимнее время);

г) отсутствие воды в колодце гидранта (при наличии воды производить откачку).

В летний период один раз в месяц и, кроме того, перед утеплением гидрантов на зиму следует производить проверку гидрантов с пуском воды.

Результаты проверок гидрантов нужно заносить в ведомость пожарного наряда, выявленные недостатки устранять силами пожарной команды, а в необходимых случаях через квартирно-эксплуатационные органы воинской части.

При использовании водопроводной сети для пожаротушения необходимо знать:

а) какое количество пожарных насосов можно установить на том или другом участке сети (т. е. возможную величину водоотбора);

б) как более рационально использовать то количество воды, которое можно получить от водопровода (т. е. как расставить насосы, расположить рукавные линии и какие использовать sprыски).

Определение водоотбора можно произвести следующим способом.

На гидрант, из которого желательно произвести отбор воды, устанавливают стендер, к одному штуцеру которого присоединяют заглушку с манометром, а к другому — отрезок трубы диаметром 65 или 76 мм, длиной 0,5 м с полугайкой на одном конце.

Отбор воды ведут путем вылива ее из штуцера через присоединенный к нему отрезок трубы. При этом замечают показания манометра, по которым определяют расход воды, пользуясь формулой

$$Q = p \sqrt{H}, \quad (88)$$

где  $Q$  — расход воды в л/сек;

$p$  — проводимость стендера (величины проводимости приведены в табл. 33);

$H$  — давление в м водяного столба.

В том случае, когда необходимо произвести отбор большого количества воды, можно на стендере просверлить отверстие, к которому присоединить манометр, а к обоим штуцерам присоединить отрезки труб и, определяя показания манометра, пользуясь формулой (88), определить расход воды.

Таблица 33

Значения величин проводимости  $p$  стендера  
(протарировано ЦНИИПО)

Тип стендера	Характеристика работы стендера	Среднее значение проводимости
Новый облегченный (алюминиевый)	1 патрубок диаметром 65 мм	10,5
	1 патрубок диаметром 76 мм	16,6
	2 патрубка диаметром 65 мм	22,9
Старого образца (чугунный)	1 патрубок диаметром 65 мм	9,3
	2 патрубка диаметром 65 мм	19,9

Расход воды можно также определить путем измерения объема поступающей воды при помощи мерного бака и определения при помощи секундомера времени, за которое бак наполнится водой. В этом случае пользуются формулой

$$Q = \frac{w}{t},$$

где  $Q$  — расход воды из патрубка в л/сек;

$w$  — объем воды в мерном баке в л;

$t$  — время заполнения бака в секундах.



## Г Л А В А IV

### ЕСТЕСТВЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИХ ДЛЯ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

#### § 1. ЕСТЕСТВЕННЫЕ ОТКРЫТЫЕ ВОДОЕМЫ

При отсутствии на объекте противопожарного водопровода тушение пожара может производиться при помощи передвижных насосов из естественных открытых водоемов, находящихся вблизи объекта.

Естественными водоемами могут быть реки, ручьи, озера, пруды и моря. Для того чтобы эти водоемы были доступны для использования в любых условиях, необходимо принять ряд мер, позволяющих использовать водоем с минимальной затратой времени и сил и получить максимальный эффект во время тушения пожара.

Прежде всего к водоемам должны быть устроены хорошие подъезды.

Подъезды к водоемам для пожарных автомобилей должны иметь ширину не менее 6 м. При глинистых и пылевидных грунтах подъезды должны быть укреплены шлаком или гравием, допускающим проезд автомобилей, и иметь уклоны, обеспечивающие естественный отвод поверхностных вод.

К водоемам, являющимся основным источником противопожарного водоснабжения и расположенным в отдалении от основных дорожных магистралей объекта, должны устраиваться тупиковые дороги с петлевыми объездами или с площадками для разворота автомобилей размером не менее  $12 \times 12$  м.

Если водоем расположен вдоль основных дорожных магистралей и если на водоем будет устанавливаться не больше одной машины, площадка может быть устроена длиной не менее 10 м при ширине не менее 3 м у водоема и 6 м у дороги.

Довольно часто берега естественных водоемов бывают неудобны для установки в них передвижных пожарных насосов, поэтому приходится устраивать искусственные сооружения, обеспечивающие удобства для забора воды и установки насосов.

Перед тем как выбрать тот или иной тип такого сооружения, необходимо знать:

а) глубину водоема в любое время года (горизонт высоких и низких вод);

- б) рельеф берега и качество грунта в месте забора воды;
- в) горизонт ледостава, толщину льда и наличие шуги;
- г) качество воды в отношении взвешенных частиц и илистых наносов по дну водоисточника.

Сооружениями, обеспечивающими удобство забора воды из водоема, могут быть: облицованный берег, эстакада, береговой колодец с самотечной линией, открытая траншея, водозабор с выносным всасывающим трубопроводом.

### Облицованный берег

Облицовку берега можно делать у водоемов, глубина воды в которых у берега не менее 1 м и где есть возможность подъезда автомобилей непосредственно к откосу. Облицовывать берег можно камнем (рис. 101) или деревом (рис. 102).

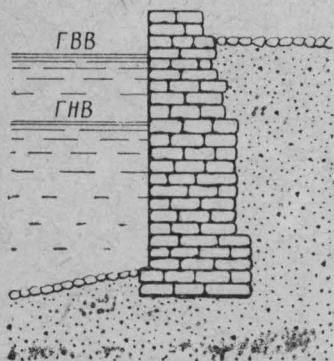


Рис. 101. Берег, облицованный камнем

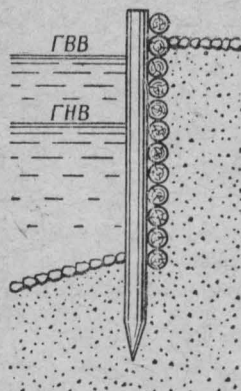


Рис. 102. Берег, облицованный бревнами

Каменная кладка ведется на цементном растворе 1:4.

Для устройства деревянной облицовки забивается ряд свай на расстоянии 1—1,5 м друг от друга и со стороны берега зашивается стенка из досок, бревен или подтоварника.

На уровне площадки должен быть уложен упорный брус или стенка высотой не менее 20 см, преграждающая движение автонасоса в сторону водоисточника.

### Эстакада (пирс)

Устройство эстакады не сложно (рис. 103). Забивается ряд свай диаметром 10—20 см на расстоянии 150—200 см друг от друга. На них укладываются насадки из бревен диаметром 20—24 см, соединенные со сваями шипами и скрепленные скобами. По насадкам через 50—80 см укладываются балки

диаметром 16—18 см, по которым настилаются пластины или 5-см доски.

Эстакада ограждается перилами. В сторону водоема, в конце эстакады, укладывается упорный брус  $15 \times 20$  см. Ширина эстакады должна быть не менее 3,5 м.

Мостовая часть эстакады должна быть расположена не выше 5 м над уровнем наинизшего стояния воды в водоеме.

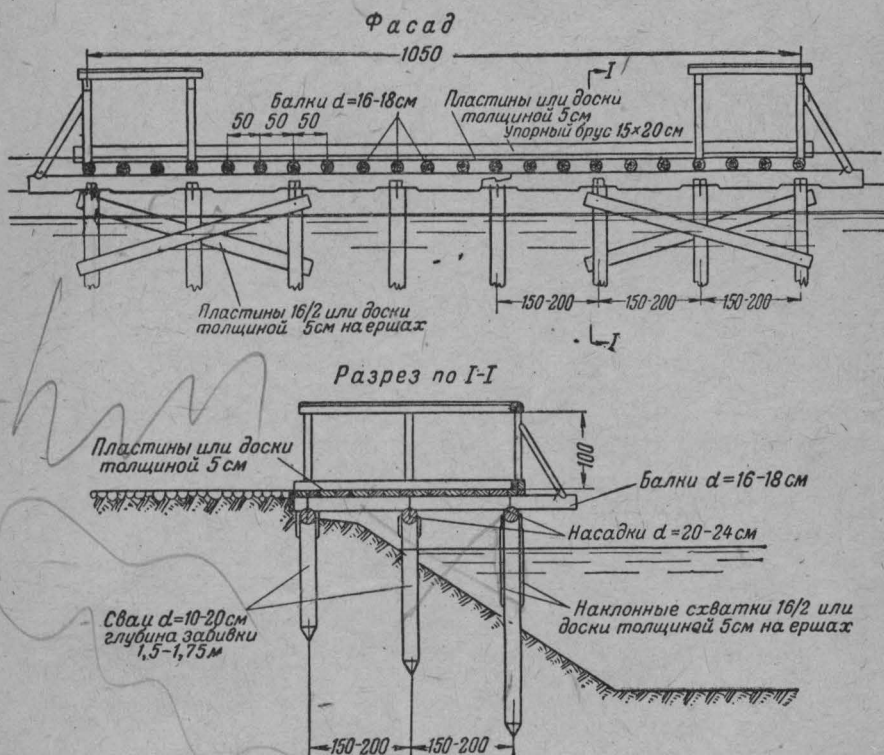


Рис. 103. Эстакада

### Береговой колодец с самотечной или сифонной линией

Одним из лучших водозаборных сооружений является береговой колодец с самотечной линией, в особенности в холодных районах, так как данное сооружение не требует устройства в холодное время года утепленных прорубей.

Сооружение состоит из водоприемника (оголовка), самотечной линии и берегового колодца (рис. 104).

При неблагоприятных геологических условиях и большом заглублении устройство самотечных линий сложно и дорого. В таких случаях может оказаться целесообразным применение сифонных труб, работающих под вакуумом (рис. 105).

Сифонные трубы укладываются на значительно меньшей глубине, чем самотечные.

Глубина укладки их должна быть ниже уровня промерзания грунта.

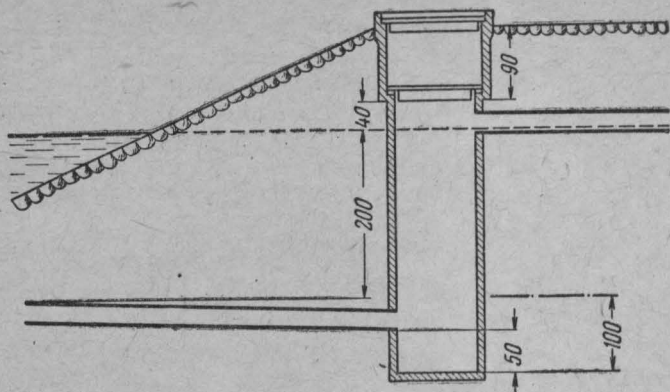


Рис. 104. Береговой колодец с самотечной линией

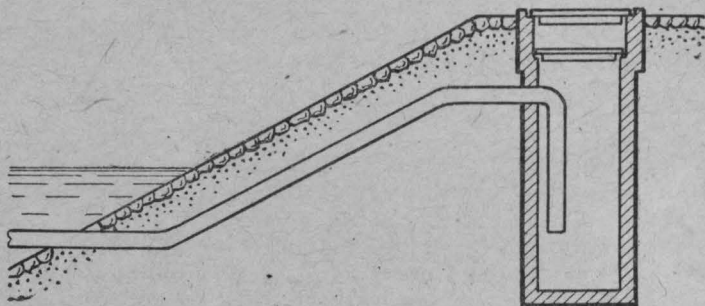


Рис. 105. Береговой колодец с сифонной линией

### *Водоприемники (оголовки)*

Водоприемное отверстие оголовка должно обеспечивать поступление воды со скоростью  $0,2—0,3 \text{ м/сек}$ .

При устройстве водоприемника следует учитывать условия работы его в период ледовых явлений. Водоприемник должен быть предохранен от заноса илом, песком или мусором.

К водоприемникам устраиваются подъезды с расчетом обеспечения проезда автомобилей в любое время года и в любую погоду. В зимнее время подъезды должны регулярно очищаться от снега.

### *Самотечные линии*

Самотечные линии предназначаются для подвода воды от водоприемника в береговой колодец.

Самотечные линии могут выполняться из чугунных, стальных, бетонных, асбоцементных и деревянных труб.



Самотечные линии должны укладываться без резких поворотов как в плане, так и в вертикальной плоскости, способствующих отложению наносов и затрудняющих очистку и промывку труб.

Сечение самотечной трубы принимается из расчета, чтобы скорость движения воды была в пределах 0,9—1,6 м/сек. При таких скоростях движения воды будет меньше осадков взвешенных частиц в трубе.

Наиболее простым способом укладки самотечных труб является укладка их в открытом котловане, при котором часть водоема, где должна быть уложена самотечная линия, изолируется перемычками. Полученный таким образом котлован осушается путем водоотлива.

### Сифонные линии

Сифонные линии укладывают с непрерывным подъемом к береговому колодцу, где имеется устройство для откачивания воздуха.

Отсасывание воздуха из сифонных труб необходимо при пуске сифона в работу. Отсасывание воздуха производится вакуум-насосом из перевальной точки сифона.

Сифонная линия должна быть герметична. Общая высота подъема воды за счет сифона не должна превышать 5 м.

### Береговые колодцы

Береговые колодцы могут устраиваться из дерева, кирпича, камня или бетонных колец. Дно колодца должно быть ниже входа в него самотечной линии не менее 1 м.

Для утепления колодца необходимо устроить в верхней его части две крышки, между которыми в холодное время года помещают какой-либо утеплитель (мох, стружку, солому и т. п.).

Материал, предназначенный для утепления, лучше всего поместить в мешок и перевязать веревкой накрест, для удобства удаления его при пользовании колодцем.

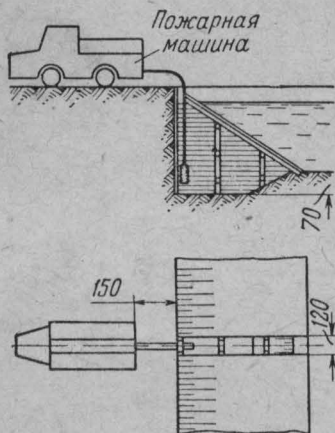


Рис. 106. Водозаборное сооружение в виде открытой траншеи

### Открытые траншеи

В теплых районах можно рекомендовать водозаборное сооружение в виде открытой траншеи (рис. 106), подводящей воду из водоема к месту, удобному для установки передвижных насосов. Откосы траншеи могут быть ограждены камнем; со стороны места забора воды должна устраиваться вертикальная стенка, защищенная каменной кладкой или деревом.

## Водозабор с выносным всасывающим трубопроводом

Для устройства водозабора с выносным всасывающим трубопроводом (рис. 107) от водоема прокладывается в земле всасывающая линия к месту, удобному для установки насоса, где она заканчивается стояком с гайкой. Расстояние от стояка до водоема

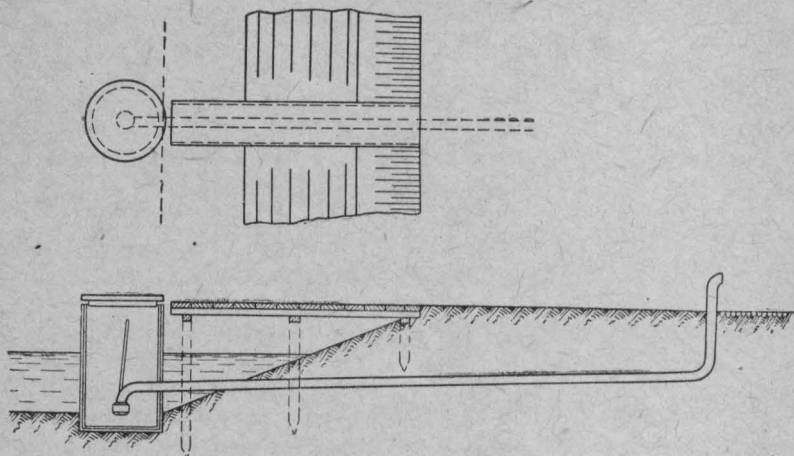


Рис. 107. Водозабор с выносным всасывающим трубопроводом

должно быть таким, чтобы потери напора и разница высот наименьшего уровня воды в водоеме и оси насоса составляли не более 5 м.

В холодных районах трубопровод должен укладываться ниже уровня промерзания грунта, а стояк с гайкой необходимо помещать в утепленном колодце. В теплых районах трубопровод может прокладываться по поверхности земли.

## Сохранение необходимого запаса воды в естественных открытых водоемах

В практике довольно часто встречаются водоемы настолько мелкие, что не представляется возможным без опасности попадания песка или ила в насос получить из них воду. Для использования мелких водоемов необходимо место приема воды углубить с таким расчетом, чтобы глубина котлована была, по крайней мере, не менее 1 м (рис. 108).

За искусственно углубленным котлованом необходимо постоянно следить, чтобы его не заносило песком и илом, а также чтобы он не зарастал водорослями, для чего дно котлована рекомендуется вымостить камнем и со стороны течения воды оградить рядом деревянных свай.

Лучшим способом оборудования водоприемника является устройство приемка, закрывающегося крышкой. Верх приемка должен располагаться ниже наименьшего уровня воды в водоеме.

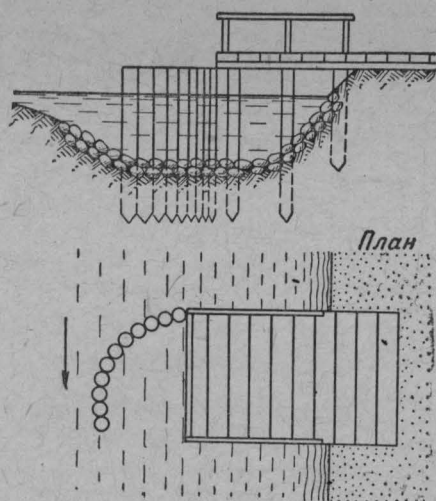


Рис. 108. Искусственно углубленный котлован с ограждением от наносов

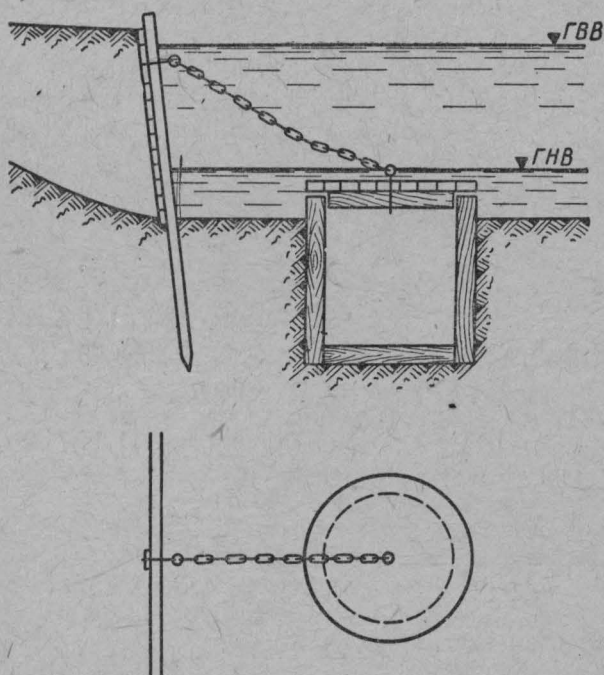


Рис. 109. Прямок с крышкой

Крышка предохраняет приямок от заноса его илом и открывается только во время забора воды (рис. 109).

В холодных районах открытые водоемы зимой покрываются толстым слоем льда, что ухудшает условия эксплуатации водоема, так как сокращает полезный объем воды в нем и усложняет забор ее.

Для уменьшения толщины льда на поверхности водоема и сохранения в нем необходимого количества воды в незамерзшем состоянии необходимо утеплить водоем. Для утепления можно использовать снег, пористый лед, мох, солому, опилки, торф, лист и т. п.

Утепление водоема снегом можно начать при слое льда толщиной 5 см и больше, в зависимости от временных нагрузок, которые должен выдержать лед.

Лед толщиной 5 см выдерживает одного человека с инструментом. Снег собирается с прилегающей к водоему территории и укладывается рыхлым слоем на лед. Толщина слоя снега зависит от климатических условий района и от толщины льда, покрывающего водоем.

При недостаточном количестве снега его можно заменить имеющимися местными утепляющими материалами: мхом, соломой, опилками, торфом, листьями, хвоей и т. п.

Весной слой утеплителя должен быть убран во избежание загрязнения водоема.

### Утепление проруби

Для быстрого получения воды из открытого водоема в зимнее время необходимо вырубить прорубь и утеплить ее, для чего можно на прорубь установить щит-крышку (рис. 110).

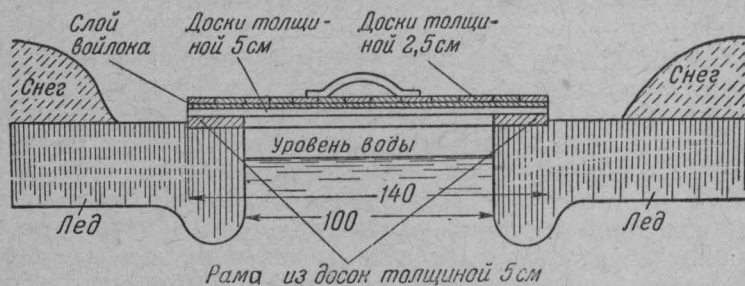


Рис. 110. Щит-крышка

Щит изготавливается из двух рядов досок, с прокладкой между ними слоя войлока в конверте из толя. Толщина досок нижнего слоя 5 см, верхнего — 2,5 см. Верхний слой досок укладывается поперек нижнего слоя. Щит сколачивается плотно, без щелей, поэтому лучше применять доски с фугованными кромками или



с соединениями в четверть. Щит укладывается на раму из досок толщиной 5 см, которая вмораживается в лед. Сверху крышка дополнительно утепляется снегом или каким-либо другим теплоизоляционным материалом.

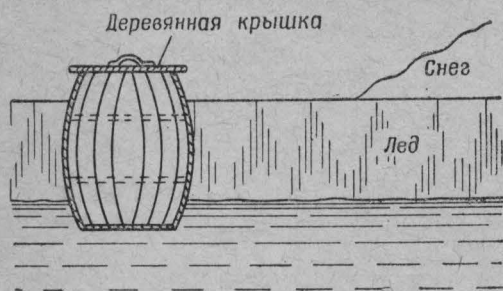


Рис. 111. Водоприемник из бочки

Вместо щита-крышки можно вставить в прорубь небольшую пустую бочку. Ее опускают дном вниз на глубину ниже слоя льда на 20—25 см (рис. 111). Пространство между бочкой и льдом забивают снегом и поливают водой. Бочку закрывают крышкой, с боков и сверху утепляют снегом или навозом, опилками и т. п.

При использовании водоема дно бочки выбивают ломом и в прорубь вставляют всасывающий рукав.

Место расположения проруби должно быть указано вехой или указателем с надписью „Пожарная прорубь“. Дорога и площадка около проруби повседневно должны очищаться от снега.

## § 2. СБОР АТМОСФЕРНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

### Плотины для создания водохранилищ

При наличии около объекта балок (оврагов), по которым постоянно или периодически наблюдается протекание поверхностной воды (ручьи или сток атмосферных вод), могут быть построены водохранилища.

Для создания водохранилища можно рекомендовать устройство земляной или деревянной плотины.

При выборе типа плотины необходимо учесть местные возможности в отношении наличия материалов и квалификации рабочих. Например, для сооружения деревянной плотины требуется лесоматериал и более квалифицированная рабочая сила, чем при возведении земляной плотины.

Количество воды, собирающейся в водохранилище, в особенности во время паводка, может достигнуть значительно больших размеров, чем предусмотрено расчетом при сооружении плотины, а поэтому для выпуска из водохранилища излишней воды необходимо устроить водосброс. Водосбросы располагаются в теле плотины или на берегу.

Отметка водосброса должна назначаться на уровне постоянного наивысшего горизонта воды.

В земляных плотинах водосбросы рекомендуется устраивать в стороне от плотины, чтобы избежать ее размывания. В деревянных плотинах в этом нет необходимости, так как они допускают переливание воды через гребень плотины.

### Земляные плотины

В поперечном сечении низконапорная земляная плотина имеет форму неравносторонней трапеции.

Верхний откос (со стороны водохранилища) необходимо делать более пологим.

Коэффициент откоса плотины при высоте напорного горизонта до 4 м рекомендуется принимать в зависимости от качества грунта тела плотины согласно табл. 34, предложенной кандидатом технических наук Р. Т. Слободяном.

Таблица 34

Зависимость коэффициента откоса от качества грунта

Наименование грунта тела плотины	Коэффициент откоса	
	верхний откос	нижний откос
Суглинок тяжелый . . . . .	2,00	1,50
Суглинок пылевидный и песок крупнозернистый . . . . .	2,50	2,00
Супесь, лёсс и песок разномзернистый . . . . .	2,75	2,25
Песок мелкозернистый . . . . .	3,00	2,50

Под коэффициентом откоса имеется в виду  $\text{ctg } \alpha$ , где  $\alpha$  — угол наклона откоса к горизонту.

Ширина плотины по гребню определяется из условий устройства дороги через плотину.

Если дорога через плотину не нужна, ширина гребня плотины может быть равной не менее 2 м.

Минимальное превышение гребня плотины над максимальным горизонтом воды в водоеме следует принимать равным 0,5 м.

Место расположения плотины необходимо выбирать в наиболее узкой части балки, ниже ее расширенной части, или, если имеется возможность, ниже соединения нескольких балок.

Тип земляной плотины принимается в зависимости от местных условий. При устройстве водохранилищ можно рекомендовать плотины:

- 1) из однородных не фильтрующих или слабо фильтрующих грунтов без экранирующих устройств (рис. 112);
- 2) с вертикальным глинистым ядром (рис. 113);

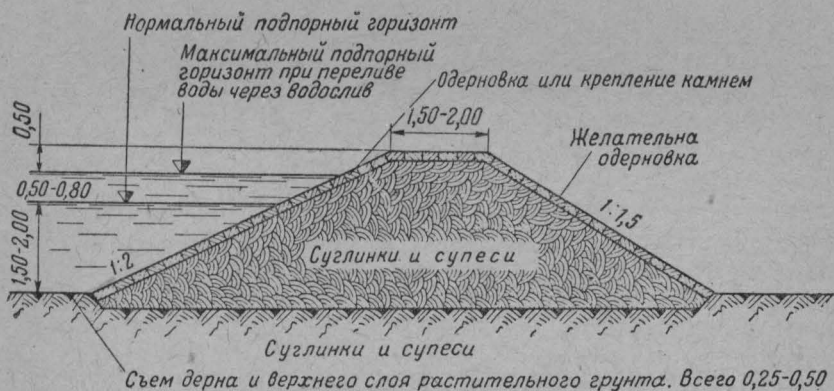


Рис. 112. Поперечное сечение земляной плотины из однородного не фильтрующего или слабо фильтрующего грунта



Рис. 113. Поперечное сечение земляной плотины из водопроницаемых грунтов с вертикальным глинистым ядром

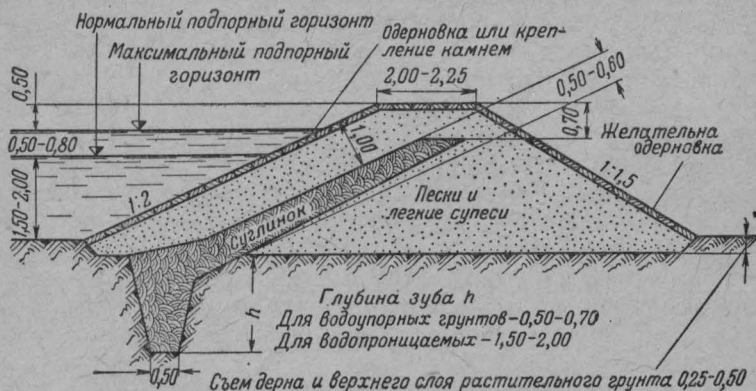


Рис. 114. Поперечное сечение земляной плотины из водопроницаемых грунтов с наклонным глинистым экраном

- 3) с наклонным глинистым экраном (рис. 114);
- 4) с продольными плетнями (рис. 115).

Простейшими являются плотины из однородных не фильтрующих или слабо фильтрующих грунтов. При отсутствии таких грунтов следует применять экранирующие устройства из глинистых материалов.

Лучшим грунтом для устройства плотины из однородных материалов могут быть: супеси (не илеватые), легкие суглинки, разнозернистые пески с примесью глинистых частиц.

Плотина с ядром или экраном выполняется из водоупорного и водопроницаемого грунтов. Первый идет на устройство ядра или экрана, а второй — на оборудование тела плотины.

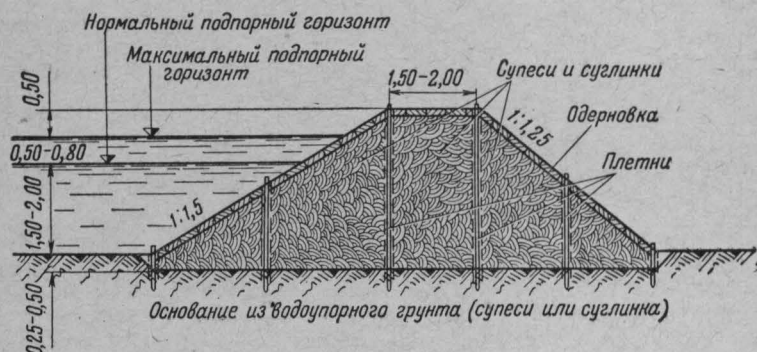


Рис. 115. Поперечное сечение земляной плотины из водоупорных грунтов с продольными плетнями

Для предохранения экрана от промерзания его следует засыпать слоем песка толщиной не менее 1 м в зависимости от климатических условий.

Ядро или экран плотины врезается в грунт основания зубом для плотного соединения с ним плотины.

При основании плотины на водоупорных грунтах глубина зуба принимается 0,5—0,7 м, а при фильтрующем основании — 1,5—2,0 м.

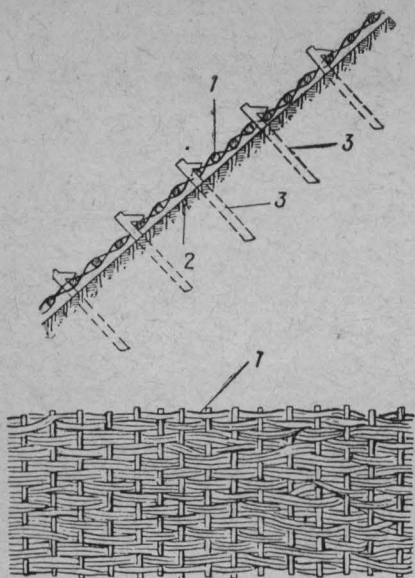
Назначение зуба — предупредить фильтрацию воды под телом плотины.

Плотина из однородных грунтов на водопроницаемых основаниях, как и плотины с ядром и экраном, должны выполняться с зубом. Зуб может устраиваться из суглинка, глины или шпунтовых свай.

Крепление напорного откоса плотины следует осуществлять в виде мощения или каменной наброски, а при отсутствии камня крепление осуществляется в виде плетня в расстилку или выстилки из хвороста (рис. 116 и 117).

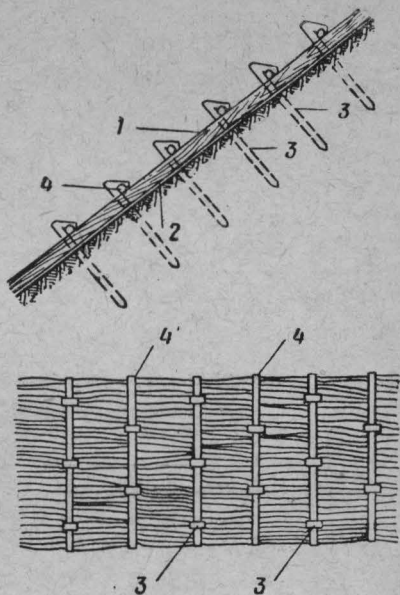
Низовой откос плотины покрывается слоем растительной земли толщиной 0,2—0,3 м и дерном, а при отсутствии дерна засеивается травой.





**Рис. 116.** Крепление напорного откоса земляной плотины плетнем в расстилку:

1 — плетни; 2 — солома; 3 — суковатые колья



**Рис. 117.** Крепление напорного откоса земляной плотины выстилкой из хвороста:

1 — хворост; 2 — солома; 3 — колья; 4 — жерди

Если по гребню плотины проходит дорога, она должна быть замощена, асфальтирована или гудронирована.

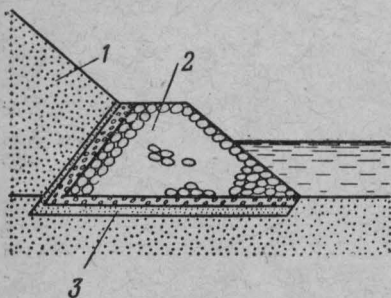
Для устранения размыва низового откоса плотины фильтрационным потоком желательно устраивать дренаж, например, в виде призмы из каменной наброски (рис. 118).

Дренаж можно не устраивать, когда основание плотины состоит из сильно водопроницаемых грунтов или низовая часть плотины возведена из крупнозернистого материала (крупного песка, щебня или галечника).

Возведение тела плотины производится слоями толщиной 10—20 см.

Уплотнение грунта имеет большое значение для монолитности, водонепроницаемости, прочности и устойчивости плотины.

Уплотнение грунта тела плотины производится самоходными или прицепными катками, а также гусеничными тракторами. Наиболее эффективным является каток весом 3 т, но можно применять и более легкие катки.



**Рис. 118.** Дренажная призма из каменной наброски:

1 — тело плотины из песчаного грунта; 2 — дренажная призма; 3 — обратный фильтр

Для надежного сопряжения тела плотины с основанием и берегами обязательно удаление растительного слоя вместе с корнями деревьев и кустарника.

### Плотины из каменной наброски

Плотины из каменных материалов без применения вяжущих веществ являются весьма экономичными сооружениями там, где на месте имеется камень и где существуют благоприятные геологические условия.

Основание для набросных плотин должно быть более плотным, чем для земляных плотин.

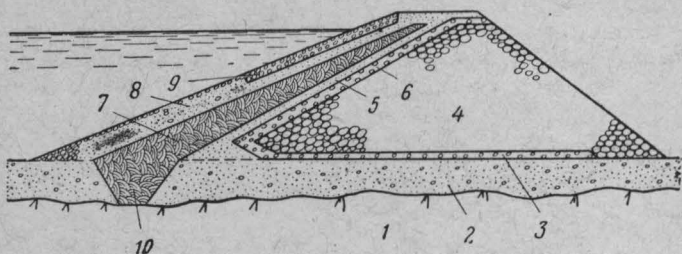


Рис. 119. Набросная плотина с глиняным экраном:

1 — скала; 2 — наносы; 3 — слой щебня; 4 — наброска; 5, 6 — песчаный и гравийный слои обратного фильтра; 7 — экран из глины или суглинки; 8 — песчаный защитный слой; 9 — отмостка; 10 — глиняный зуб

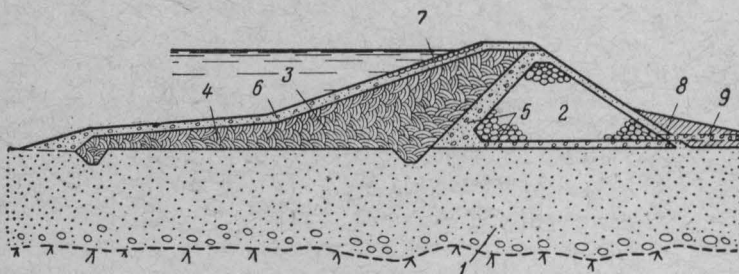


Рис. 120. Плотина смешанного типа:

1 — илстые пески; 2 — наброска; 3, 4 — экран и понур из суглинки; 5 — обратный фильтр из смеси гравия, гальки и крупного песка; 6 — защитный слой из смеси песка и гравия; 7 — отмостка; 8 — пригрузка отвальным грунтом; 9 — дренаж

Таковыми основаниями могут быть скала, покрытая небольшим слоем наносов, или плотные глинистые грунты.

Набросные плотины могут быть трех видов: с тонкими глиняными экранами (рис. 119), смешанного типа (рис. 120) и с деревянными экранами (рис. 121).

Плотины с тонкими экранами следует применять на устойчивых скалистых основаниях или на скале, покрытой небольшим слоем наносов, и при наличии на месте постройки грунтов для экрана, обладающих достаточной водонепроницаемостью (глины, тяжелые суглинки).

В случае менее прочных оснований, дающих заметную осадку, а также при выполнении экрана из более водопроницаемых грунтов (легких суглинков, тяжелых супесей) следует устраивать плотины смешанного типа.

Толщина тонких экранов должна быть не менее 0,5 м. Верх экрана выводится на 0,5 м выше наиболее высокого уровня воды. От промерзания экран защищается слоем песка или естественной смеси песка с гравием толщиной не менее толщины уровня промерзания грунта.

По контакту экрана и наброски устраивается обратный фильтр, состоящий из трех слоев (сверху вниз): разнозернистого песка, смеси крупного песка и гравия и смеси крупного гравия, гальки и мелкого камня. Толщина слоев обратного фильтра 0,25—0,40 м.

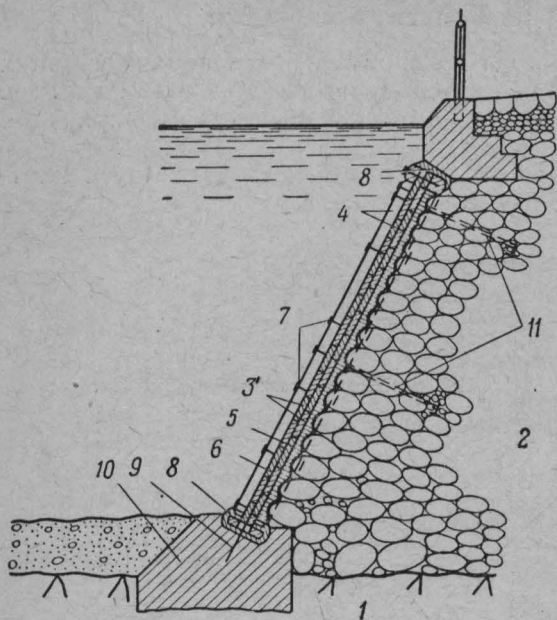


Рис. 121. Деревянный экран:

1 — скала; 2 — сухая кладка; 3 — два ряда досок; 4 — брусчатые сжимы; 5 — бетонная штукатурка; 6 — прокладка толя; 7 — сжимные болты; 8 — заливка битумом; 9 — металлический лист толщиной 2—4 мм; 10 — упор из бетонной кладки; 11 — анкеры

При толщине экрана больше 2—3 м (плотины смешанного типа) по контакту экрана и наброски переходный слой можно выполнять однослойным из смеси гравия и гальки или щебня толщиной 0,3—0,5 м.

В лесных районах экономически выгодно выполнять экраны из дерева. Конструкция деревянного экрана показана на рис. 121. Он состоит из двух слоев просмоленных досок толщиной 5 см с прокладкой толя между ними. Через 1,5—2,0 м доски сжимаются парными брусчатыми сжимами. Последние поверху и внизу соединяются обвязкой из брусьев.

Внизу экран опирается на упорный бетонный блок, который несколько заглубляется в основание. Соединение экрана с упорным блоком делается шарнирным при помощи металлического листа толщиной 2—4 мм. Лист нижним концом заделывается в кладку блока, а верхний конец листа запускается между рядами досок экрана. Контактный шов между нижней обвязкой экрана и блоком заливается бетонно-песчаной массой.

Перед сооружением экрана поверхность сухой кладки по верхнему откосу выравнивается тощим цементным раствором.

В процессе сооружения экрана зазоры между поверхностью откоса и экраном заливаются цементным раствором. С телом плотины экран связывается посредством анкеров.

Камень, идущий внаброску, должен быть подручного размера, весом 10—100 кг. При механизации работ возможно применять и более крупные камни.

Для уменьшения осадки насыпи следует при производстве работ стремиться к получению максимально плотного тела плотины. Для этого при возведении наброски необходимо заполнять пустоты между крупными камнями более мелкими камнями, карьерной мелочью и гравием, не допуская образования отдельных прослоек из мелких материалов. Полезно производить разравнивание камней вручную при помощи ломов с тем, чтобы отдельные камни заняли в наброске устойчивое положение. Внаброску следует употреблять камни различных размеров — это позволяет сделать тело плотины более плотным.

### Водосбросные сооружения

Самым простым водосбросным сооружением является водосбросный канал с отмошкой порога на уровне подпорного горизонта воды. Водосбросный канал сооружается в стороне от плотины (рис. 122). Поперечный разрез канала определяется по расходу воды, которую необходимо сбросить во время паводков.

В поперечном разрезе канал обычно выполняется в виде трапеции с коэффициентом откоса 1,5.

Откосы и дно канала вымощиваются камнем.

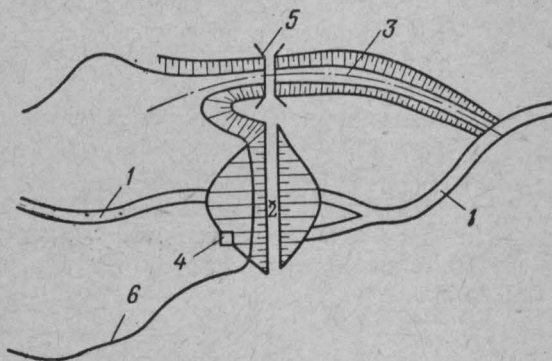


Рис. 122. Схема водосбросного канала:  
1 — русло реки; 2 — плотина; 3 — канал; 4 — донный водоспуск; 5 — проезжий мост; 6 — линия уреза

### Расчет водосбросного канала

Живое сечение канала  $\omega$ , необходимое для пропуска максимального расхода, находят по формуле

$$\omega = \frac{Q}{v}.$$

По формуле для трапециoidalного сечения  $\omega = (b + mh)h$  подбирают ширину канала по дну  $b$  и глубину воды в нем  $h$  ( $m$  — коэффициент откоса).



Глубина  $h$  может быть принята равной 0,8 от максимальной высоты подъема воды в водохранилище выше подпорного горизонта.

Гидравлический радиус живого сечения канала определяют по формуле

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{(b + mh)h}{b + 2h\sqrt{1+m^2}},$$

где  $\chi$  — смачиваемый периметр канала.

Определяют уклон канала при заданной скорости  $v$  и соответствующем коэффициенте шероховатости для одежды канала  $n$ .

$$i = \frac{n^2 v^2}{R^{\frac{4}{3}}}.$$

Для каменной одежды  $v = 2,5$  м/сек и  $n = 0,025$ .

Входное отверстие канала рассчитывается по формуле

$$Q = mb\sqrt{2g}H^{\frac{3}{2}},$$

где  $Q$  — расход воды в м<sup>3</sup>/сек;

$b$  — ширина входного отверстия (средняя ширина трапеции) в м;

$H$  — возвышение паводкового уровня воды в водохранилище над порогом водосброса в м;

$m$  — коэффициент водослива.

Для водосливов с широким порогом  $m = 0,321$ .

Зная расход воды во время паводков и допускаемое повышение уровня воды, можно определить ширину входного отверстия канала

$$b = \frac{Q}{m\sqrt{2g}H^{\frac{3}{2}}}.$$

Подставив значение  $m = 0,321$  и  $g = 981$ , получим

$$b = \frac{Q}{1,24H\sqrt{H}}.$$

Ширина входного отверстия по дну  $b_1$  будет равна

$$b_1 = b - mh.$$

Между входным сечением с шириной по дну  $b_1$  и нормальным сечением канала с шириной  $b$  устраивается сопрягающий

(переходной) участок с переходом от одной ширины к другой. Длина  $l$  этого участка может быть найдена из выражения

$$\frac{v^2}{2g\varphi^2} = H + il - h,$$

где  $\varphi = 0,85$ .

**Пример.** Требуется рассчитать водосливный канал трапециoidalной формы с коэффициентом откоса  $m = 1,5$ , при расходе  $Q = 4 \text{ м}^3/\text{сек}$  и с допускаемым повышением уровня  $H = 1 \text{ м}$ .

Решение. Необходимая площадь живого сечения канала

$$\omega = \frac{Q}{v} = \frac{4}{2,5} = 1,6 \text{ м}^2.$$

Примем глубину воды в канале  $h = 0,8 \text{ м}$ . Ширину канала по дну находим по формуле

$$\omega = (b + mh) h.$$

Подставляя значения, получим

$$1,6 = (b + 1,5 \times 0,8) 0,8,$$

откуда  $b = 0,8 \text{ м}$ .

Гидравлический радиус живого сечения канала определяем по формуле:

$$R = \frac{\omega}{\chi},$$

откуда

$$\chi = b + 2h \sqrt{1 + m^2} = 0,8 + 2 \times 0,8 \sqrt{1 + 1,5^2} = 3,68;$$

$$R = \frac{1,6}{3,68} = 0,43 \text{ м}.$$

Необходимый уклон канала определяем по формуле

$$i = \frac{n^2 v^2}{R^{\frac{4}{3}}}.$$

Отсюда

$$i = \frac{0,025^2 \times 2,5^2}{0,43^{\frac{4}{3}}} = 0,012.$$

Находим ширину входного отверстия (среднюю ширину трапеции)

$$b = \frac{Q}{1,42H\sqrt{H}} = \frac{4}{1,42 \times 1 \sqrt{1}} = 2,8 \text{ м}.$$

Ширина входного отверстия по дну равна

$$b_1 = 2,8 - 1,5 \times 0,8 = 1,6 \text{ м}.$$

Длину переходного участка в начале канала находим из выражения

$$\frac{v^2}{2g\varphi^2} = H + il - h.$$

Подставляем

$$\frac{2,5^2}{2 \times 9,81 \times 0,85^2} = 1 + 0,012l - 0,8,$$

откуда

$$l = 20 \text{ м}.$$

## Приближенный расчет объема земляной плотины

Довольно часто требуется до составления проекта плотины знать объем земляных работ. Для приближенного расчета объема плотины можно рекомендовать формулу, предложенную профессором В. Дворяшиным (Военно-инженерный журнал № 10 за 1951 г.)

$$v = KF_{\text{макс}}l, \quad (89)$$

где  $F_{\text{макс}}$  — площадь поперечного сечения плотины в  $\text{м}^2$  в месте наибольшей высоты ее (рис. 123);

$l$  — длина плотины по гребню в  $\text{м}$ ;

$K$  — коэффициент, зависящий от отношения наибольшей высоты плотины  $h$  к длине ее гребня  $l$ .

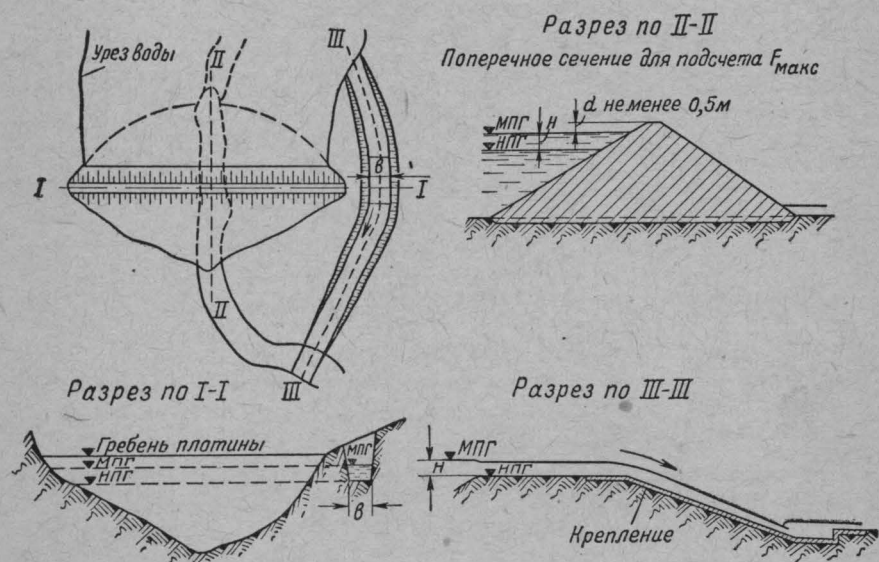


Рис. 123. Схема узла сооружений, состоящего из плотины и водосброса в обход ее:

$d$  — превышение гребня плотины над горизонтом воды в водохранилище;  $H$  — высота переливающегося слоя в начале водосброса; МПГ — максимальный подпертый горизонт воды; НПГ — нормальный подпертый горизонт воды;  $\theta$  — ширина водосброса

Величина  $K$  для обычных русел, приближающихся по своему сечению к параболическим, определяется по табл. 35.

Таблица 35

Величина  $K$  для обычных русел

$\frac{h}{l}$	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2
$K$	0,37	0,43	0,48	0,52	0,57	0,63	0,67	0,72	0,77	0,82

Или  $K$  может быть определено из выражения (предложение автора)

$$K = 0,32 + 2,5 \frac{h}{l}. \quad (90)$$

Для малых русел (шириной до 10 м и глубиной до 1 м) и широкой поймы, почти горизонтальной на большой длине, коэффициент  $K$  примерно равен 0,5. Для ящикообразных пойм, когда максимальная высота плотины  $h$  не меняется на большей части ее длины  $l$ , коэффициент  $K$  доходит до 0,7—0,8.

Объем земляных работ по водосбросу принимается в пределах 20—40% от объема тела плотины.

### Деревянные плотины

Деревянные водосливные плотины представляют собой конструкции с одной, двумя и более поперечными стенками.

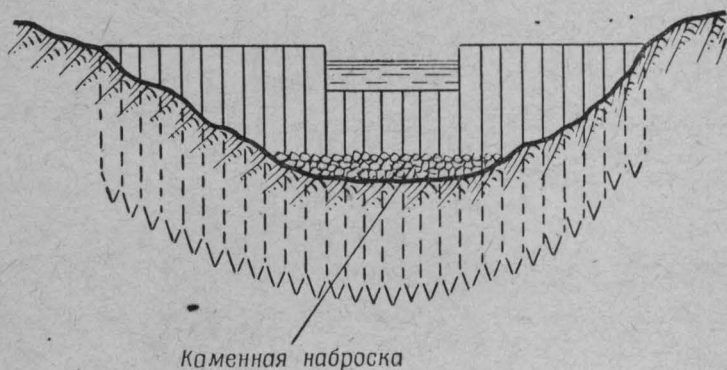


Рис. 124. Плотина из деревянных шпунтовых свай

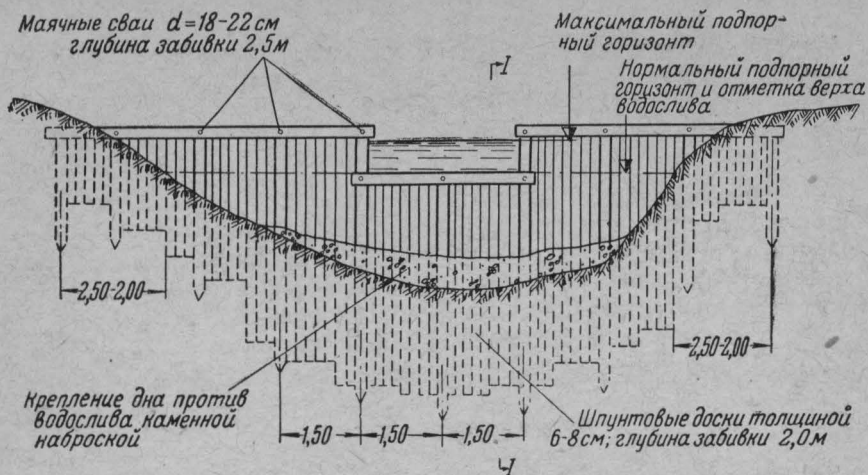
Поперечные стенки должны быть запущены в дно и берега русла водостока не менее чем на 2,0—2,5 м, чтобы вода, фильтрующаяся под плотиной, не могла размывать грунт и тем самым подвергнуть плотину опасности разрушения.

Деревянная плотина может быть выполнена из шпунтовых свай, забитых в виде рядов, как показано на рис. 124.

В береговой части русла шпунтовые стенки должны возвышаться над подпорным горизонтом воды на 0,5 м, чтобы предохранить от размыва береговые откосы русла. Средняя часть плотины служит водосливом, ввиду чего отметка стенки в этой части должна быть на уровне нормального подпорного горизонта.

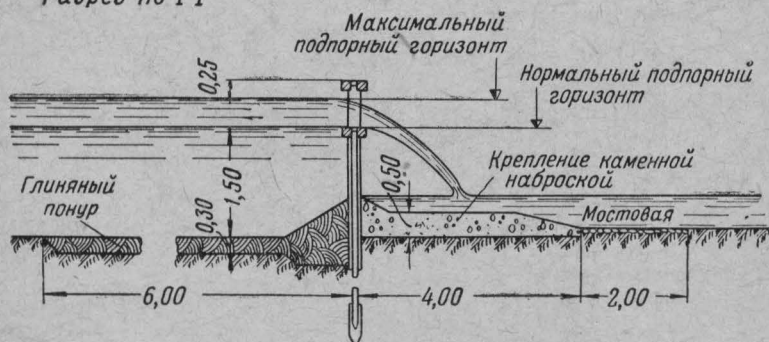
Для предотвращения подмыва плотины с низовой стороны должно быть устроено каменное крепление (наброска или мощение) длиной 6 м.



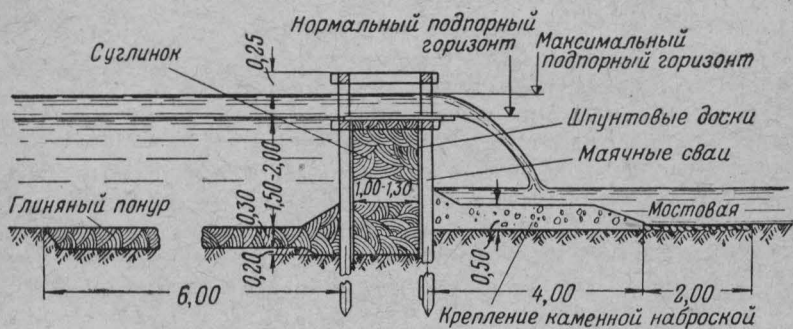


Фасад плотины с однорядной шпунтовой стенкой

Разрез по I-I



Поперечный разрез плотины с однорядной шпунтовой стенкой



Плотина с двойной шпунтовой стенкой (поперечный разрез)

Рис. 125. Типы деревянных плотин

Впереди шпунтового ряда должен быть выполнен глинистый понур на длину 6—8 м.

Для напора до 1,5 м плотины могут выполняться с одним рядом шпунтовых досок толщиной 6—8 см с маячными сваями диаметром 18—22 см через 1,5 м. Маячные сваи забивают в грунт на глубину 2,5 м, а шпунтовые доски на глубину 2 м (рис. 125).

Для напора в 1,5—2 м применяется устройство двухрядных дощатых плотин. Расстояние между шпунтовыми стенками должно приниматься не менее половины величины напора. Промежуток между двумя стенками заполняется грунтом. Поверх шпунтовых стенок должны укладываться насадки.

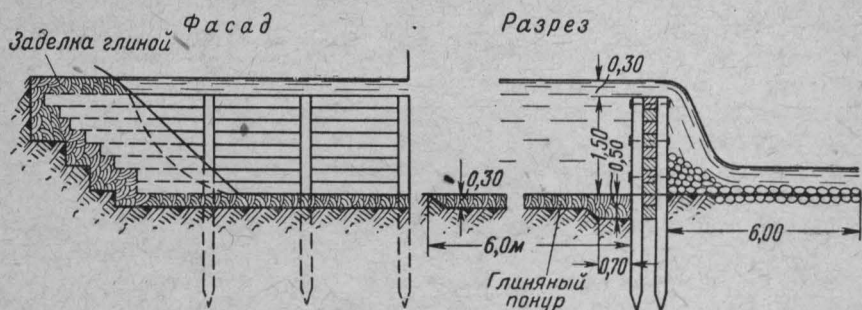


Рис. 126. Деревянная водосливная плотина из горизонтально уложенных брусьев

В плотных грунтах плотины можно выполнять в виде поперечной стенки из горизонтально уложенных брусьев (рис. 126).

Брусья связываются в одно целое сваями, забитыми с обеих сторон стенки, скрепленными между собой болтами. Сваи должны быть забиты в грунт не менее 2 м.

### Наблюдение за плотиной и водоемом

Для обеспечения нормальной эксплуатации водоемов необходимо повседневное наблюдение за ними и за состоянием целостности плотин. Особенно тщательно надо проводить наблюдение за плотиной и водоемом:

- а) весной — в период прохода весенних вод;
- б) летом — в период ливневых паводков;
- в) осенью — в период ледостава, когда могут быть повреждены отдельные элементы плотины.

При наблюдении за плотинами следует обращать внимание:

- а) на надежность тела плотины и водоспусков;
- б) исправное состояние земляных откосов;
- в) фильтрацию воды у подошвы плотины с низовой стороны и особенно на фильтрацию с выносом грунта, угрожающую аварией;
- г) своевременный сброс излишней воды, поступающей в водоем сверх допускаемого нормального горизонта;

д) наличие угрозы затопления гребня земляной плотины, ведущего неминуемо к размыву плотины;

е) состояние свай, деревянных частей плотины, подверженность их загниванию;

ж) повреждение каменной кладки, фашинного покрытия, одерновки и др.

Замеченные повреждения и неисправности плотины и водослива должны немедленно устраняться.

Перед началом снеготаяния необходимо провести следующие работы:

а) очистить от снега гребень и откосы земляной плотины, водослив и подходы к сваям;

б) произвести околку льда: около свай во избежание выдергивания их поднимающимся льдом; с откосов земляной плотины в местах, где лед, примерзший к ним, поднимаясь вместе с водой, может разрушить одежду откосов; с ряжей, затворов и других деревянных частей на расстоянии 0,2—0,3 м;

в) расколоть лед перед плотиной в целях предупреждения образования ледяного затора, который может вызвать повреждение плотины.

Перед наступлением половодья и до окончания его устанавливается дежурство на плотине с целью наблюдения и быстрой ликвидации начавшегося повреждения сооружений, чтобы не допустить его развития до тех размеров, когда уже никакие меры не смогут принести пользы.

При подготовке плотины к зиме необходимо произвести следующие работы:

а) исправить земляные откосы плотины;

б) исправить береговые откосы вблизи плотины;

в) исправить водосливы;

г) устранить просачивание воды у подошвы плотины с низовой стороны;

д) исправить гребень плотины, нарастить его до установленного горизонта;

е) заменить сгнившие и поврежденные деревянные части плотины;

ж) ликвидировать оползни.

Для выполнения перечисленных работ рекомендуются следующие способы:

а) щели в деревянных конструкциях заделываются и проконопачиваются паклей;

б) трещины в каменных конструкциях заделываются цементным раствором;

в) трещины в земляных насыпях заделываются песчано-глинистым грунтом с тщательной утрамбовкой;

г) вымоины исправляются заброской гравелистым грунтом с примесью глины;

д) вымоины, образовавшиеся ниже сливного пола, заполняются крупным камнем.

## Сбор атмосферных вод

Сбор атмосферных вод, выпадающих в виде дождя, производится обычно в небольшие резервуары — цистерны, устраиваемые в земле.

Устройство для сбора атмосферной воды обычно состоит из водосборной площадки, фильтра и цистерны. В качестве водосборных площадок могут быть использованы крыши строений.

Водосборная площадка, устраиваемая на поверхности земли, представляет собой спланированный участок с уклоном в сто-

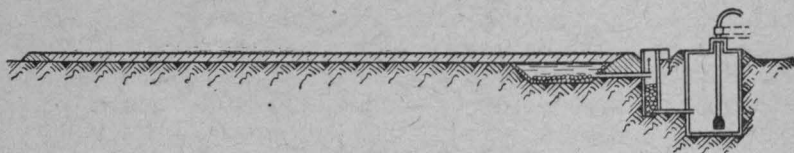


Рис. 127. Водосборная площадка для сбора атмосферных вод

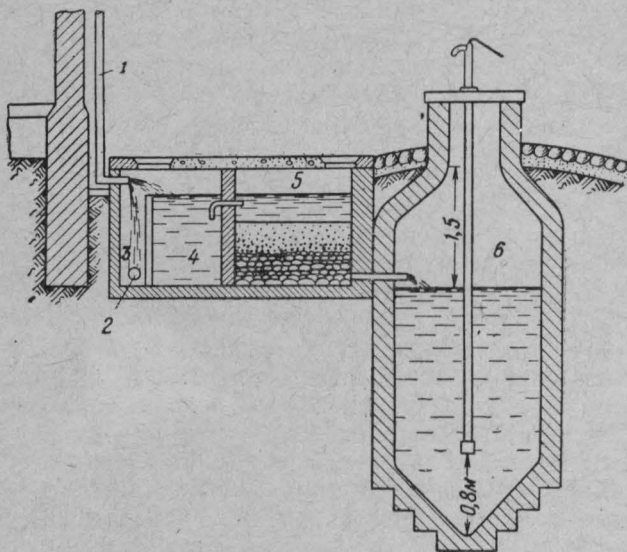


Рис. 128. Схема сбора атмосферных вод с крыш:

1 — водосточная труба; 2 — канализационная труба; 3 — сбросная камера;  
4 — отстойник; 5 — фильтр; 6 — цистерна

рону водосборной цистерны и огражденный от окружающей территории валиками (рис. 127). Вода с площадки сначала стекает в фильтр, а затем в цистерну. Количество собранной воды по отношению к выпавшей будет зависеть от водопроницаемости площадки, ее уклона и интенсивности выпадения атмосферных осадков. Для увеличения собираемого количества воды рекомендуется водосборную площадку покрывать слоем глины толщиной 15 см, с втрамбованным в ее поверхность щебнем.

Сбор воды с крыш показан на рис. 128.



### § 3. ПОДЗЕМНЫЕ ИСТОЧНИКИ

При отсутствии открытых естественных водоемов для пожаротушения могут быть использованы подземные источники. Забор воды из таких источников непосредственно передвижными пожарными насосами возможен только тогда, когда вода залегает на глубине 5—6 м от поверхности земли и приток ее будет достаточным для получения необходимых пожарных струй.

Простейшим сооружением для добывания подземных вод является шахтный колодец. Дно колодца остается открытым, а боковые стены закрепляются деревянным срубом, кирпичной или каменной кладкой, или бетонными кольцами.

Наличие подземных вод и уровень их залегания можно определить путем пробного бурения. При отсутствии бурового инструмента определение наличия подземных вод можно рекомендовать путем опроса местных жителей и учета наружных признаков.

Наружными признаками, по которым можно предполагать, что в данном месте есть подземные воды, служат:

- а) болота, расположенные на склонах обследуемой местности;
- б) сосредоточенная густая зеленая растительность, особенно во время засухи;
- в) частое появление туманов и большое количество мошек над каким-либо местом;
- г) мох, осока и другие растения, любящие влажную почву;
- д) проталины и наледи в зимнее время и др.

Способ производства работ по устройству колодца зависит исключительно от характера грунта, в котором приходится копать колодец.

Постройка колодца производится одновременно с углублением шахты. Только в плотных глинистых и каменистых грунтах можно углубиться в землю на 2 м, не опасаясь обвалов, и начать сборку венцов сруба, кирпичную кладку или установку бетонных колец в открытой шахте. Дальнейшее же углубление шахты и наращивание стен колодца выполняются различными способами в зависимости от характера грунта и материала стен шахты.

Для устройства *колодца с деревянным срубом* необходимо иметь пригодный для этой цели лес. Обычно для сруба применяется сосновый лес, а также лиственница, ольха и дуб. Лес для рубки колодца должен браться не свежесрубленный, а заготовленный за 5—6 месяцев до постройки колодца. На изготовление сруба идут бревна толщиной 15—22 см, причем кругляк сечением 20—22 см распиливают на пластины.

Если сруб рубится из круглых бревен, то сторону бревна, обращенную внутрь колодца, затесывают на плоскость.

В нижней части бревна выбирают паз, соответствующий окружности нижележащего бревна. Концы сруба соединяются в углах в лапу, а по длине — друг с другом — вставными ши-

пами (рис. 129). Шипы изготовляют высотой от 3 до 13 см и шириной 3—7 см, края шипа закругляют. Размещать их в срубе надо в шахматном порядке.

Сруб должен быть выведен строго по отвесу; обтеска его стен с внутренней стороны должна давать совершенно ровную поверхность. Сруб собирают на земле и на всех его венцах проставляют порядковые номера.

Когда шахта колодца отрыта настолько, что дальнейшее углубление становится опасным из-за возможности обвалов, приступают к постановке сруба в отрытой шахте.

После этого продолжают дальнейшее углубление шахты с одновременным наращиванием сруба.

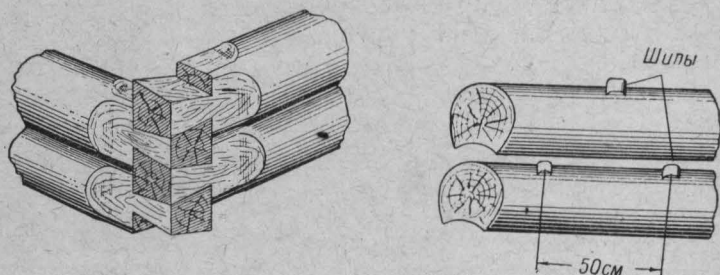


Рис. 129. Рубка углов сруба в косую лапу (слева) и сопряжение венцов в срубе шипами (справа)

Эта операция может выполняться двумя способами:

- 1) наращиванием сруба снизу по мере углубления шахты;
- 2) наращиванием сруба сверху и опусканием собранной части сруба в шахту по мере ее заглубления.

Первый способ применяется при плотных глинистых и каменистых породах. При этом способе шахту постепенно углубляют, причем землю осторожно и равномерно выбирают по четырем сторонам колодца на глубину от одного до четырех венцов сруба и затем подводят один за другим очередные венцы. Для предупреждения перекосов и отрыва венцов друг от друга стенки сруба по мере их сборки расширяют досками. Чтобы предупредить сдвиг собранных венцов, сруб через 4—6 рядов опирают на два венца, рубленых из более длинных бревен, а концы их заводят примерно на полметра в углубления, сделанные в стенках шахты. Грунт из шахты удаляют при помощи бадьи и ворота или каким-либо более механизированным способом.

Первый способ наращивания сруба нельзя применять при сыпучих или мягких грунтах. При наличии таких грунтов применяют второй способ.

Второй (спускной) способ состоит в том, что сруб опускают в шахту постепенно, наращивая его сверху новыми венцами и подрывая землю под нижними.

Сруб постепенно опускается и занимает свое место в шахте благодаря собственному весу и при помощи дополнительной нагрузки, накладываемой на сруб.

Для предотвращения перекоса и деформации сруба венцы его по мере сборки обшиваются тесом.

Особенно затруднительно устройство колодцев в мелкопесчаных, насыщенных водой грунтах (плывунах).

В этом случае, когда сруб доходит до плавунa, опускание сруба прекращают, а нижнюю часть колодца делают путем забивки шпунтовых досок, врытых к стенкам сруба (рис. 130).

Под защитой шпунта производят выборку грунта до желаемой глубины. Шпунт применяют из 5-см досок. Шпунтовый ряд должен плотно примыкать к стенкам шахты колодца и укрепляться внутри рамами.

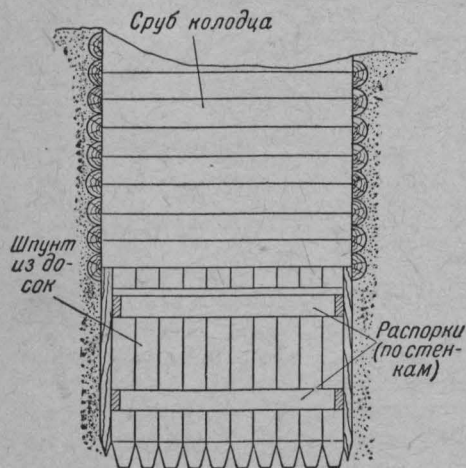


Рис. 130. Устройство нижней части колодца из шпунта при плавунaх

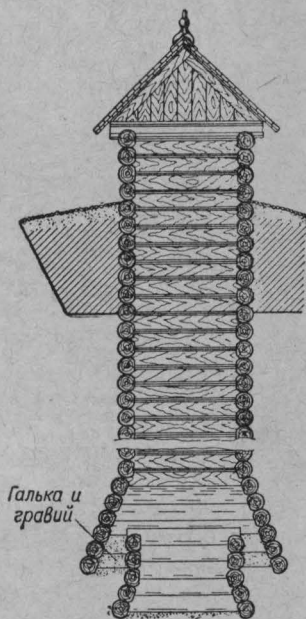


Рис. 131. Колодец с деревянным срубом

Для обеспечения опускания сруба, а также при маломощном водоносном слое нижняя часть сруба выполняется в виде шатра, шире верхней части сруба на 0,5—0,8 м.

При этом работу ведут следующим образом.

Шахту закладывают размером, соответствующим нижнему наиболее широкому венцу шатра. Как только при углублении шахты в ее стенках начнут появляться трещины и выпльвы грунта, земляные работы приостанавливают; выравнивая дно, выкладывают на нем нижнюю шатровую часть сруба и затем переходят к опусканию его описанным выше способом, наращивая сверху венцами нормального размера. На наклонные стенки шатровой части сруба ложится наплавляющая из проходимого пласта земля, которая своим весом помогает погружению сруба.

Чтобы вода в колодце была свободна от мелкого взвешенного песка, необходимо дно засыпать галькой или крупным гравием или вставить еще малый шатер, стенки которого отстоят от внешнего шатра на 0,25 м. В промежутки между стенками шатров засыпать гальку и гравий (рис. 131).

Сруб и водоносный слой углубляют с таким расчетом, чтобы глубина воды в колодце была не менее 1 м.

Более долговечный колодец можно устроить из *бетонных* или *железобетонных колец*. Кольца изготовляют путем набивания специальных форм бетонной массой, состоящей из одной части цемента, двух-трех частей песка и двух-четырех частей мелкого щебня или гравия. Соотношение частей принимают в зависимости от марки цемента.

Толщина стенок кольца принимается равной 10 см, высота кольца 0,7 м при диаметре кольца 1 м. Изготовленные кольца после заливки должны оставаться 4 дня на месте изготовления, а после истечения этого срока могут храниться на складе. Бетонные кольца можно считать готовыми к использованию по истечении 30 дней.

Устройство колодца из бетонных колец осуществляют опускным способом. Копают шахту на глубину, при которой в данном грунте можно производить работу без креплений, не опасаясь обвала стенок. Затем на круглой деревянной раме (ноже), оборудованной по всей окружности угловым железом, опускают на дно шахты первое кольцо, на которое устанавливают последующие.

Из внутренней части кольца изпод ножа выбирают грунт. Собранные кольца под действием собственного веса постепенно опускаются в шахту.

По мере погружения нижних колец колодец наращивают сверху новыми кольцами, пока нижнее кольцо не войдет в водоносный слой (рис. 132).

Каждое кольцо сажают на слой жирного цементного раствора и, кроме того, соединяют с нижним кольцом скобами, концы которых заделывают в стенки колец на цементном растворе. Для обеспечения поступления воды в колодец в нижнем кольце можно устраивать по стенкам колодца отверстия. Это достигается путем закладки в бетон деревянных пробок, которые после затвердевания бетона выбивают.

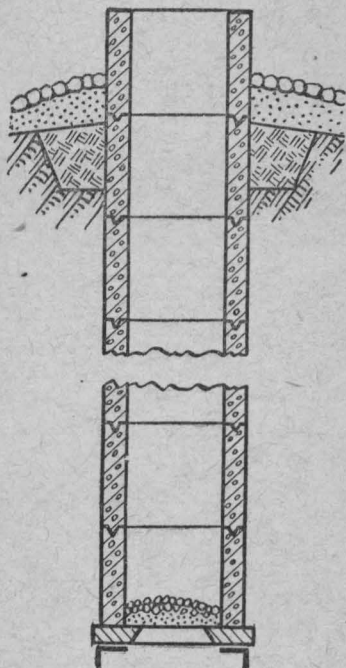


Рис. 132. Колодец из бетонных колец



Хорошим материалом для постройки колодца может служить также кирпич (клинкер), доведенный при обжиге до спекания. Колодец обычно выполняется диаметром 1 м, с толщиной стенки от 0,5 до 1,5 кирпичей.

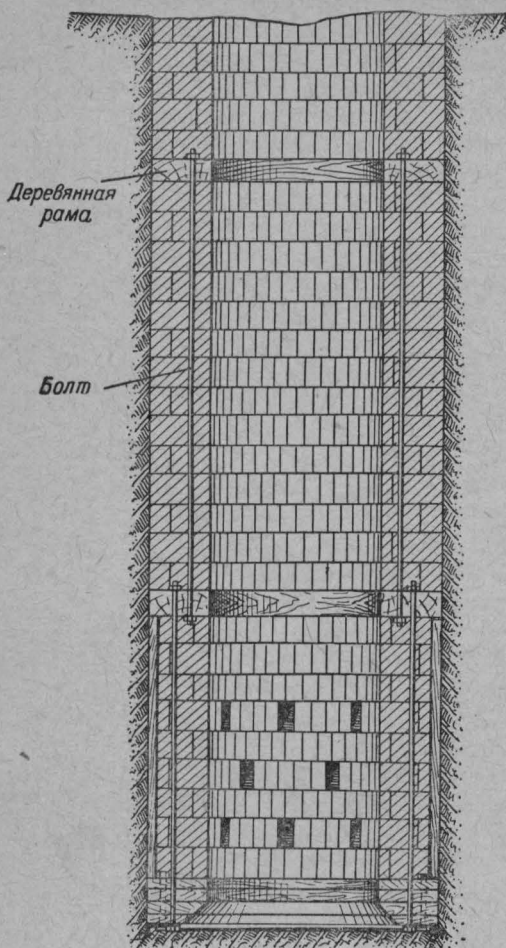


Рис. 133. Кирпичный колодец

Способ устройства кирпичного колодца тот же, что и бетонного. Колодец строится на круглой деревянной раме с ножом из углового железа.

Кладку стен ведут на цементном растворе 1:4. Постепенно выбирая из-под рамы грунт и наращивая кладку стен, достигают водоносного слоя.

Для предохранения кирпичной кладки от разрыва во время ее постройки через каждые 1,5 м закладывают промежуточные деревянные рамы и стягивают их друг с другом и с основной рамой железными болтами (рис. 133).

В подводной части колодца на высоте до уровня залегания вод делаются отверстия для прохода воды.

Дно колодца покрывают слоем гравия или щебня.

Во всех видах колодцев для того, чтобы в колодец не попадала вода с поверхности земли и из почвы и не загрязняла колодец, вокруг верхней его части устраивают глиняный замок глубиной 1—2 м, толщиной 0,3—0,7 м. Замок выполняется из мятой, плотно утрамбованной глины.

Стенки сруба кольца выводят на 0,7—1,0 м выше уровня земли. Если воду из колодца забирают непосредственно передвижным насосом (при глубине залегания воды не глубже 5 м), около уровня земли делают в срубе отверстие для опускания всасывающего рукава.

При залегании уровня воды в колодце глубже 5 м, а также при недостаточном количестве ее для обеспечения работы на-

соса, подъем воды можно производить ведрами или другими водоподъемными установками. Вода в таких случаях подается на поверхность земли и хранится в нужном количестве в специально оборудованных для этой цели водоемах.

Устройство колодцев требует довольно большой затраты труда и средств. Кроме того, в условиях военного времени полевое водоснабжение должно осуществляться в кратчайший срок, а поэтому в первую очередь необходимо использовать ключи, если они имеются поблизости от объекта.

*Ключами* называют грунтовые воды, выходящие на поверхность земли. Различают два вида ключей:

1) когда грунтовые воды выходят на поверхность земли на ровном месте под действием некоторого напора в подземном потоке, через трещины в грунте, настиляющем водоносный слой (восходящие ключи);

2) когда грунтовые воды, протекая по подстилающему слою водонепроницаемого грунта, встречаются на своем пути овраг или крутой обрыв и, выходя на поверхность, стекают по его склону (нисходящие ключи).

В первом случае, при восходящем ключе, устье ключа расчищают и углубляют. В углублении устанавливают сруб, бетонное или кирпичное кольцо. Пространство между стенками углубления в земле и срубом (бетонным кольцом) забивают глиной. На дно получаемого таким образом резервуара насыпают гравий слоем 10—15 см.

Необходимо, чтобы в резервуаре был устроен сток воды несколько ниже уровня, на который данный ключ может поднять воду. Это нужно для того, чтобы вода в резервуаре была проточной.

Кроме того, если не будет стока воды, то ключ под влиянием веса находящейся в резервуаре воды может „уйти“, найдя выход на поверхность земли в другом месте.

Размеры резервуара в плане определяют в зависимости от величины водопоступления и мощности ключа. При небольшом количестве подаваемой ключом воды надо устраивать резервуар, по емкости обеспечивающий необходимый запас воды.

Большие резервуары зимой необходимо предохранять от замерзания.

Ключи с малым резервуаром обычно не замерзают, так как температура подземной воды не бывает зимой ниже  $+5$ ,  $+7^{\circ}\text{C}$ .

При нисходящем ключе устраивают резервуар на пути водяного потока. Ключевые воды входят в резервуар не через дно, как при восходящих ключах, а сбоку — через верхний его край или через специальное окно, проделанное в одной из стенок. Резервуар вкапывают в скос склона с обращенным навстречу потоку ключей воды окном. При нисходящих ключах дно резервуара должно быть из кирпича или бетона.

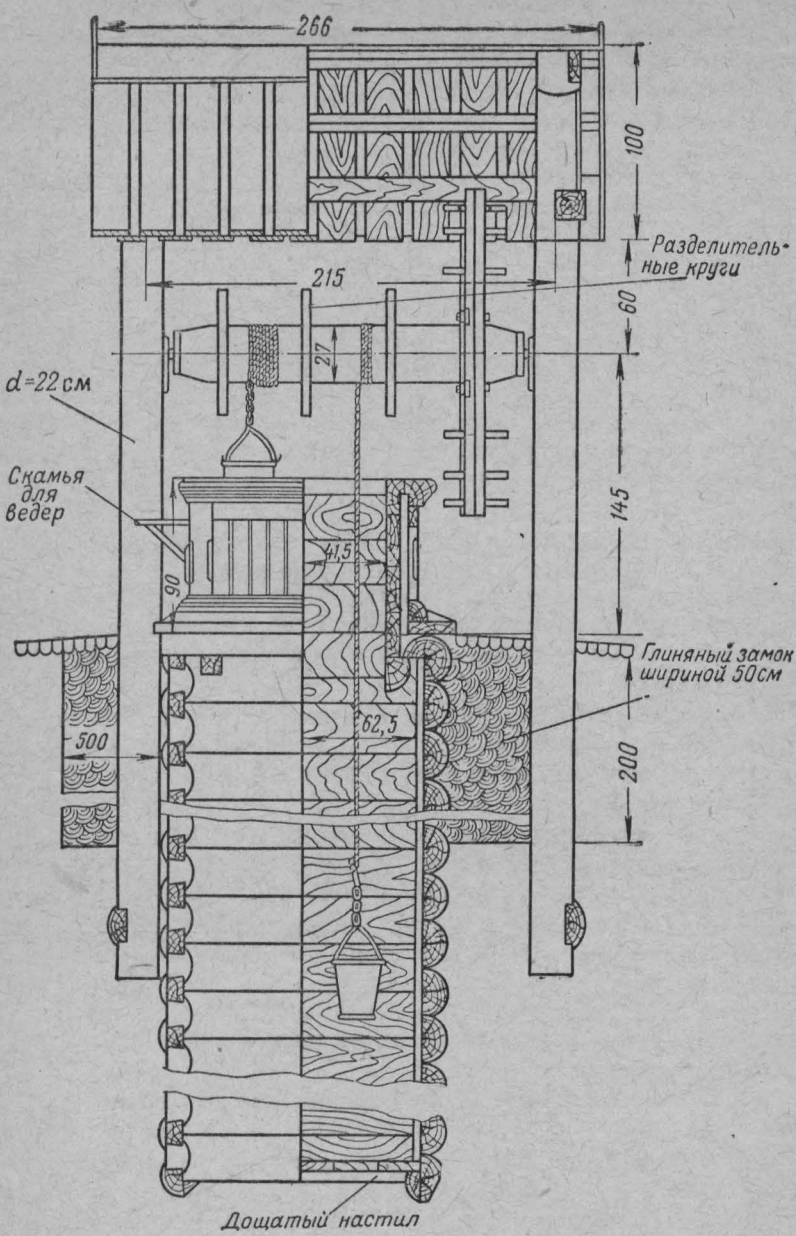


Рис. 134. Подъем воды при помощи ворота

## § 4. ВОДОПОДЪЕМНЫЕ УСТАНОВКИ

Для подъема воды из шахтных колодцев они оборудуются водоподъемными установками.

Выбор типа водоподъемной установки зависит от глубины колодца, его производительности, от количества воды, которое требуется получить, а также от обеспеченности объекта энергией.

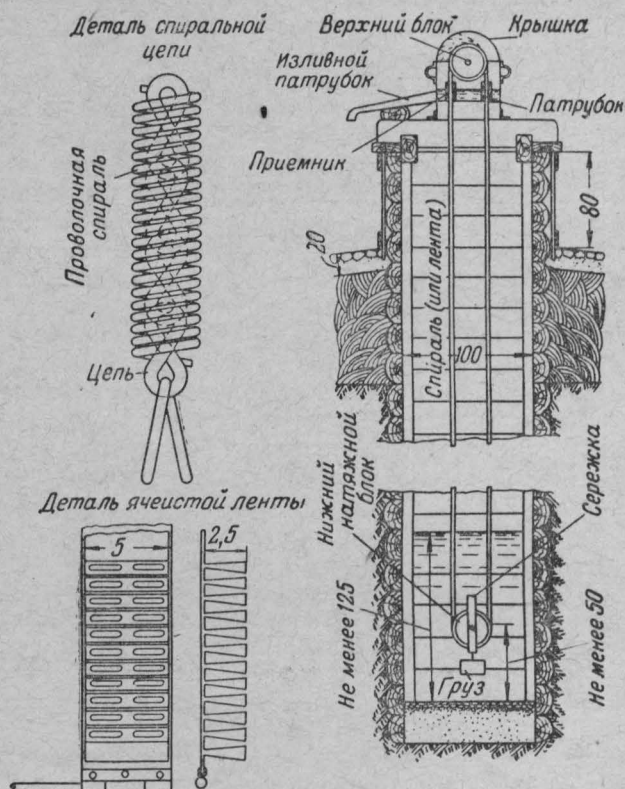


Рис. 135. Оборудование колодца спиральным (или ленточным) водоподъемником (спиральная цепь или счетная лента может быть заменена веревкой с крупными витками)

При отсутствии на объекте электрической энергии подъем воды может осуществляться ручным способом, при помощи ветродвигателя или двигателя внутреннего сгорания.

Подъем воды ручным способом ведрами при помощи ворота показан на рис. 134.

Ячеистоленточный водоподъемник служит для подъема воды из шахтных колодцев глубиной до 25 м.

Водоподъемник состоит из водоприемника с приводом, ячеистой ленты и натяжного устройства (рис. 135).



Водоприемник, принимающий воду из ленты, состоит из коробки с откидной крышкой. В коробке закреплен блок, на который надета ячеистая лента. На вал блока надета малая шестерня, входящая в зацепление с большой шестерней, закрепленной на приводном валу, на который надет шкив для механического двигателя или рукоятка для ручного привода. На дне коробки в местах прохода ленты имеются два патрубка. К коробке прикреплен изливной патрубок для стока поднятой воды.

Ячеистая лента, изготовленная из оцинкованного железа, состоит из двух лент, скрепленных между собой; одна из них — тяговая — воспринимает растягивающие усилия, возникающие при работе водоподъемника, а другая, собранная в виде складок, с вырезанными отверстиями (ячейками), служит рабочей частью для подъема воды. Лента изготавливается отдельными звеньями длиной 1—4 м. Скрепляя отдельные звенья, можно получить требуемой длины ленту в виде замкнутого кольца. Лента надевается на блок водоприемника и опускается в воду. Внизу, в воде, лента натягивается при помощи натяжного устройства, состоящего из блока, к которому серьгами прикреплен груз.

При вращении верхнего блока перекинутая через него лента приводится в движение, проходит через воду в колодце, где вода затопляет ячейки ленты и удерживается от вытекания во время подъема ее из колодца пленкой поверхностного натяжения.

При обходе лентой верхнего блока под действием развивающейся центробежной силы вода выбрасывается с ленты в приемник и стекает по изливному патрубку.

Для нормальной работы водоприемника глубина воды в колодце должна быть 1,25—1,50 м, чтобы натяжной блок был погружен в воду на глубину 0,6—1,0 м.

Производительность водоподъемника при ручном приводе составляет 60 л/мин, а при механическом — 120 л/мин.

При высоте подъема воды до 10 м для работы с ручным приводом достаточно одного человека, а при высоте подъема до 25 м необходимы два человека.

Коэффициент полезного действия в зависимости от высоты подъема равен 0,6—0,8.

Устройство *спирального водоподъемника* такое же, как и ленточного, с той лишь разницей, что вместо ленты через блоки перекидывается спираль, надетая на цепь (см. рис. 135).

Вода, заполняя промежутки между цепью и витками спирали, поднимается вместе со спиралью в силу поверхностного натяжения.

*Подъем воды всасывающе-нагнетательным насосом* показан на рис. 136.

Насос устанавливают внутри колодца на высоте 5—6 м от уровня воды и крепят к стенке колодца. К нижней части насоса присоединяют всасывающую трубу, имеющую на конце всасывающий клапан с сеткой. От насоса сверху идет нагнетательная труба в бак. Насос приводят в действие лебедкой, расположенной

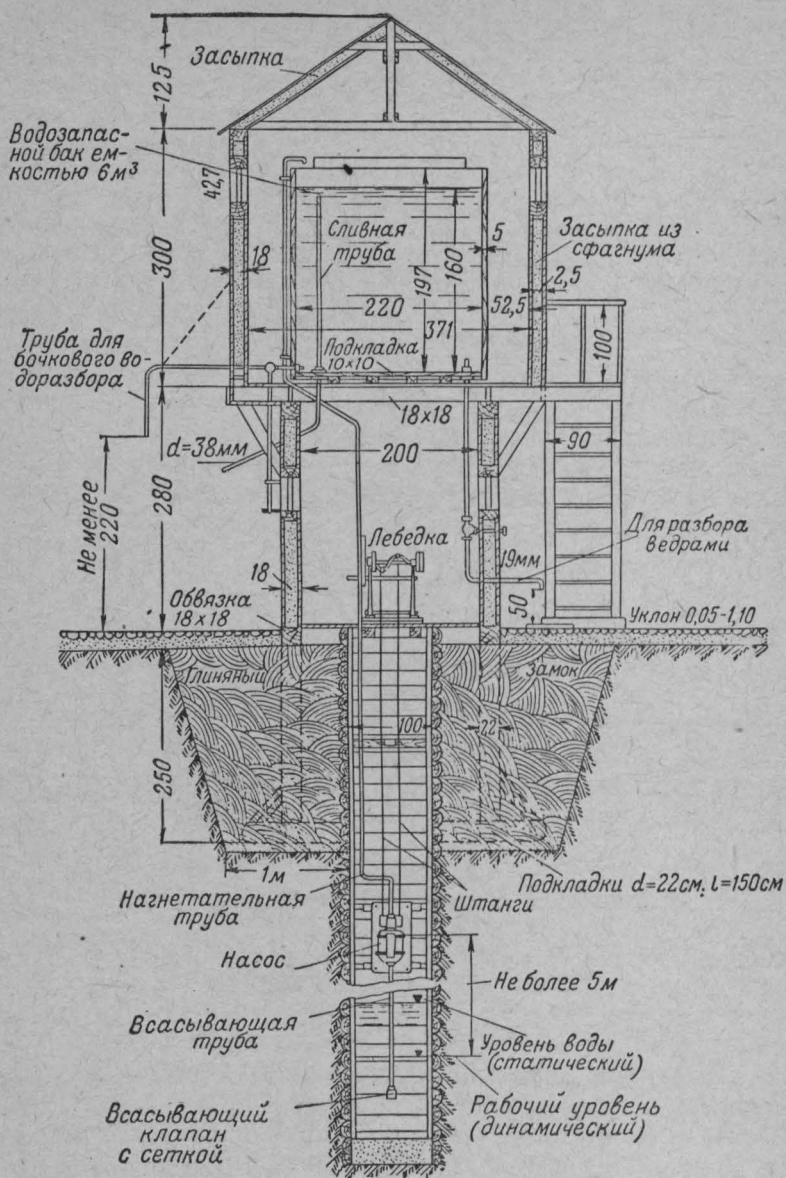


Рис. 136. Оборудование шахтного колодца всасывающе-нагнетательным насосом

наверху колодца, при помощи металлических штанг, передающих движение поршням насосных цилиндров. Штанги для предотвращения изгиба проходят через направляющие рожки, установленные на стенке колодца. Лебедка может приводиться в действие вручную или от двигателя.

Среднечасовая производительность поршневого насоса двойного действия с вертикальным цилиндром при работе одного человека составляет  $1 \text{ м}^3$ , при работе двух человек —  $1,5 \text{ м}^3$ .

Полная высота подъема (в том числе и высота всасывания  $3 \text{ м}$ ) при работе одного человека  $8 \text{ м}$ , при работе двух человек —  $15 \text{ м}$ .

При высоте подъема более  $15 \text{ м}$  необходимо переходить на механический привод; при этом может быть достигнута высота подъема до  $25 \text{ м}$  с производительностью около  $2 \text{ м}^3/\text{час}$ .

### § 5. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ТАРАН

В § 9 главы II рассмотрен гидравлический удар как вредное явление, действующее разрушительно на водопроводную сеть. Но это вредное явление может быть использовано для подъема воды путем устройства так называемого *гидравлического тарана*, действующего на принципе гидравлического удара.

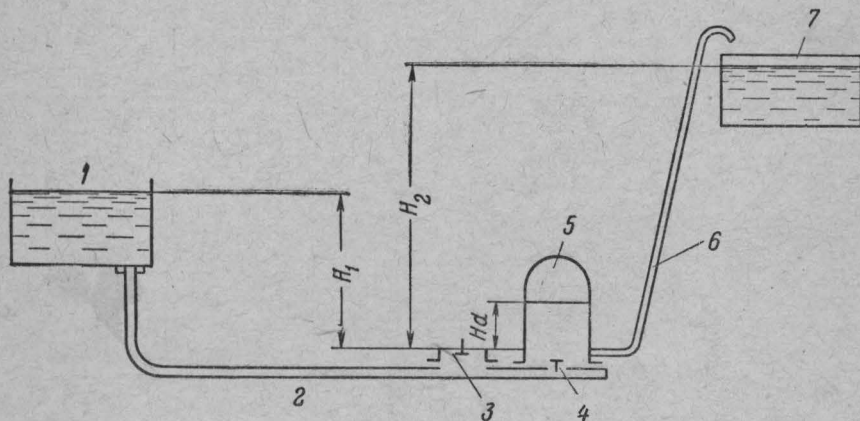


Рис. 137. Схема таранной установки:

1 — водоисточник; 2 — питательная труба; 3 — ударный клапан; 4 — напорный клапан; 5 — воздушный коллапс; 6 — нагнетательная труба; 7 — водонапорный бак

Гидравлический таран — это устройство, объединяющее в себе двигатель и насос, в котором для подъема воды использовано значительное возрастание давления при гидравлическом ударе.

Таранное оборудование состоит из следующих элементов (рис. 137): водоисточника 1, находящегося выше таранной установки не менее чем на  $1 \text{ м}$ ; питательной трубы 2, соединяющей водоисточник с таранной установкой; ударного клапана 3; напорного клапана 4; воздушного коллапса 5; нагнетательной трубы 6, подающей воду в водонапорный бак 7.

В качестве водоисточника может быть использован ключ или какой-либо другой источник, позволяющий расположить таран ниже уровня воды не менее чем на 1 м. Кроме того, необходимо, чтобы часть воды из тарана могла поступать еще в наиболее пониженные точки по отношению к таранной установке.

Принцип работы таранной установки заключается в следующем.

Вода, поступающая из водоисточника 1 по питательной трубе 2, выходит через ударный клапан 3, который при определенной скорости движения воды будет закрыт и движение воды остановится, в результате чего произойдет гидравлический удар. За счет повышения давления при гидравлическом ударе напорный клапан 4 откроется и пропустит воду в воздушный колпак 5, откуда по нагнетательной трубе 6 вода поступит в водонапорный бак 7. После того, как часть воды поступит в воздушный колпак, сжимая воздух в нем до определенного давления, клапан 4 закроется, так как в клапанной коробке давление упадет, и ударный клапан 3 снова откроется, пропуская воду наружу.

При достижении определенной скорости клапан 3 движением воды снова будет закрыт и снова произойдет гидравлический удар, за счет которого вода через воздушный колпак и нагнетательную трубу опять поступит в водонапорный бак.

Таким образом, ударный и напорный клапаны автоматически будут попеременно то открываться, то закрываться, и при каждом открытии напорного клапана в воздушный колпак будет поступать вода, которая под давлением сжатого воздуха в воздушном колпаке будет поступать по нагнетательной трубе в водонапорный бак.

Сила удара тарана регулируется весом ударного клапана; если вес клапана увеличить, то сила удара будет больше, но частота ударов уменьшится; при уменьшении веса клапана, наоборот, сила удара будет меньше, а частота ударов увеличится.

Количество ударов тарана в минуту может быть от 50 до 100. Вода, выходящая через клапанную коробку тарана, идет на создание работы по подъему воды. При этом от 40 до 90% воды (от общего количества) выходит через ударный клапан без использования, а поэтому таранная установка может быть применена только в том случае, когда источник дает значительно большее количество воды, чем это требуется для потребления.

Таким образом, энергия потока с большим расходом и меньшим давлением превращается в энергию с меньшим расходом под большим давлением. Отношение этих энергий называется коэффициентом полезного действия установки:

$$\eta = \frac{qH_2}{QH_1},$$

где  $q$  — расход, подающийся в напорный бак;

$Q$  — расход, идущий по питательной трубе от источника;



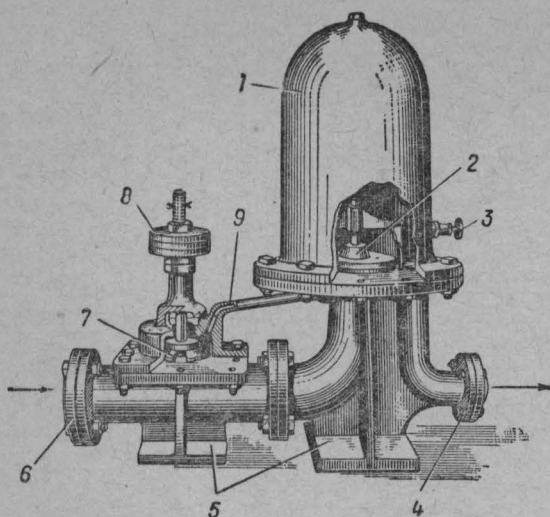


Рис. 138. Гидравлический таран:

1 — воздушный колпак; 2 — напорный клапан; 3 — вентиль воздушного клапана; 4 — нагнетательная труба; 5 — станина тарана; 6 — подводящая труба; 7 — ударный клапан; 8 — регулировочные грузы; 9 — воздушная трубка

$H_1$  — напор от водосточника;

$H_2$  — напор нагнетания.

Воздух в воздушном клапане необходимо периодически пополнять, так как он растворяется в воде и убывает.

Общий вид тарана показан на рис. 138.

Трубопроводы и таран должны быть установлены с таким расчетом, чтобы они в зимнее время не замерзали. Общий вид таранной установки показан на рис. 139.

Питательная труба таранной установки должна быть не менее 10—14 м.

Профессором М. М. Флоринским рекомендуется для ориентировочного расчета таранной установки ряд формул.

Длина питательной линии определяется по формуле

$$L = H_2 + 0,63 \frac{H_2}{H_1}.$$

Если  $\frac{H_2}{H_1}$  не более 10, то

$$L \approx 5H_2 \div 8H_2.$$

Тогда длину трубы принимают равной

$$L = H_2 + H_1.$$

Диаметр питательной трубы в метрах можно ориентировочно определить по формуле

$$D = 2,1 \sqrt{Q - q},$$

где  $Q$  и  $q$  выражены в  $\text{м}^3/\text{сек.}$

Количество воды  $q_1$ , вытекающей через ударный клапан, равно

$$q_1 = Q - q = \frac{H_2}{H_2 + \xi H_1} Q \text{ м}^3/\text{сек.}$$

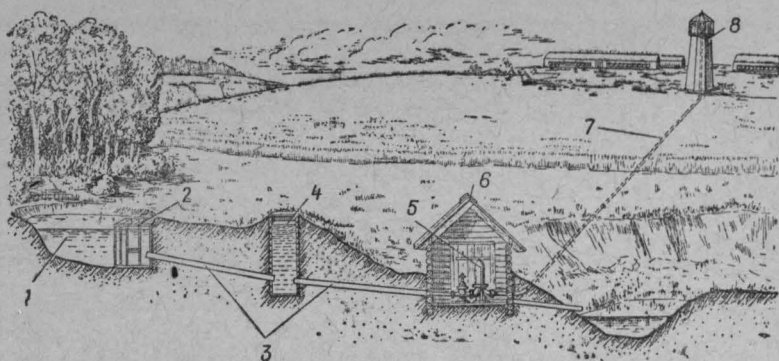


Рис. 139. Общий вид таранной установки:

1 — водоисточник; 2 — фильтр; 3 — подводная труба; 4 — запасный колодец; 5 — таран; 6 — будка для тарана; 7 — нагнетательная труба; 8 — водонапорная башня

Число ударов ( $n$ ) клапана в минуту определяют по формуле

$$n = \frac{268H_1}{vL},$$

где  $v$  — скорость в питательной трубе ( $v \approx 1$  м/сек).

Диаметр нагнетательной трубы принимается равным 0,5 диаметра питательной трубы или  $3,3 \sqrt{q}$ , где  $q$  выражено в м<sup>3</sup>/сек.

Питательная труба должна подводиться к тарану без резких поворотов, с непрерывным и равномерным уклоном.

Приемный конец питательной трубы должен иметь сетку, а около тарана устанавливается задвижка.

Производительность тарана зависит от количества притекающей к нему воды, высоты падения и подъема воды и длины питательной трубы.

Гидравлический таран ТГ-1, выпускаемый заводами сельскохозяйственного машиностроения, подает в сутки, в зависимости от условий установки, от 5 до 40 м<sup>3</sup> воды, при высоте падения от 1 до 10 м и высоте нагнетания до 80 м.

Пуск тарана производится следующим образом: открывают запорные задвижки на питательной и нагнетательной линиях; нажимая рукой, открывают несколько раз ударный клапан, пока он не начнет работать.

Чтобы остановить работающий таран, следует придержать ударный клапан в закрытом положении или перекрыть питательный трубопровод.

## Г Л А В А V

### ИСКУССТВЕННЫЕ ПОЖАРНЫЕ ВОДОЕМЫ

Искусственные водоемы имеют большое значение в общей системе водоснабжения. Они являются неотъемлемой частью ряда систем водопровода. Но еще большее значение они имеют в системе безводопроводного водоснабжения.

*Искусственные водоемы для объектов Советской Армии в системе противопожарного водоснабжения имеют решающее значение.*

Даже при наличии противопожарного водопровода искусственные пожарные водоемы в условиях военного времени крайне необходимы для пожаротушения, особенно при разрушении водопроводных сетей и сооружений в результате воздушного налета или артиллерийского обстрела противника.

Кроме того, пожарные водоемы найдут широкое применение на объектах, возводимых в максимально короткие сроки, где оборудовать противопожарный водопровод нет возможности, а часто и нет особой необходимости.

#### § 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПОЖАРНЫХ ВОДОЕМАХ

Согласно противопожарным нормам строительного проектирования промышленных предприятий и населенных мест (Н-102—54), осуществление противопожарного водоснабжения из водоемов или резервуаров с подачей воды мотопомпами или автонасосами допускается для предприятий с площадью территории не более 20 га, с категорией производства Г и Д, со зданиями I, II и III степеней огнестойкости и с пожарным расходом воды на наружное пожаротушение 10 л/сек и менее, а также для населенных мест с количеством жителей не более 5000 человек.

Кроме того, согласно этим нормам противопожарное водоснабжение из водоемов или резервуаров организуется для удаленных зданий, к которым подведены тупиковые линии водопроводов длиной более 200 м.

Емкость водоемов и резервуаров, обслуживающих соответствующие здания и сооружения объектов, определяется согласно нормам расхода воды на 3 часа тушения пожара, предусмотренного для данных зданий и сооружений.

Размещение водоемов и их количество обуславливаются следующими:

а) при наличии на объекте автонасосов радиус обслуживания одного водоема принимается равным 200 м;

б) при наличии мотопомп радиус обслуживания принимается равным 100—150 м в зависимости от типа мотопомпы;

в) при наличии ручных пожарных насосов радиус обслуживания может быть принят не более 75—100 м.

Конструкция и месторасположение водоемов зависят:

а) от качества грунта и наличия грунтовых вод;

б) имеющихся материалов;

в) удобства подъезда к водоемам и радиуса действия их в отношении обслуживаемых зданий;

г) удобства наполнения водоема водой;

д) климатических условий данного района.

Расстояние от края водоема до ближайшего здания должно быть не менее 15 м, а для хранилищ с боеприпасами не менее 50 м.

Эти расстояния необходимо соблюдать для того, чтобы при возможном разрушении здания обломки его не падали в водоем. Кроме того, всегда необходимо иметь некоторое безопасное расстояние между пожарными машинами, стоящими у водоема, и горящим зданием.

При этом для грунтовых водоемов, располагаемых поблизости от каменных зданий с подвальными помещениями, особенно если фундаменты последних не подтоплены грунтовыми водами, необходимо исходить из следующих условий: если горизонт грунтовых вод лежит ниже подошвы фундамента (рис. 140, а) на величину  $h_b > 3B$ , то следует от подошвы фундамента до края водоема отложить величину

$$L \geq 2(H + 3B),$$

где  $h_b$  — расстояние от подошвы фундамента до горизонта грунтовых вод;

$B$  — ширина фундамента;

$H$  — высота фундамента.

При стоянии горизонта грунтовых вод на глубине  $h_b < 3B$  (рис. 140, б) расстояние от водоема до подошвы фундамента следует принимать

$$L \geq 2(H + h_b).$$

Перед тем как выбрать тип и конструкцию водоема, необходимо произвести исследование грунта путем пробных шурфов.

При исследовании грунта следует выяснить:

а) качество грунта;

б) трудность разработки;

в) водопроницаемость;

г) наличие грунтовых вод;

д) глубину промерзания.



Лучшими грунтами для открытых грунтовых водоемов являются глинистые, суглинистые и супесчаные.

Для устройства закрытых водоемов допускаемое напряжение на грунт не должно быть менее  $1 \text{ кг/см}^2$ .

При наличии грунтовых вод, расположенных близко от поверхности земли ( $0,5\text{—}1,5 \text{ м}$ ) и имеющих малоизменяющийся уровень в течение года, целесообразно устраивать открытые

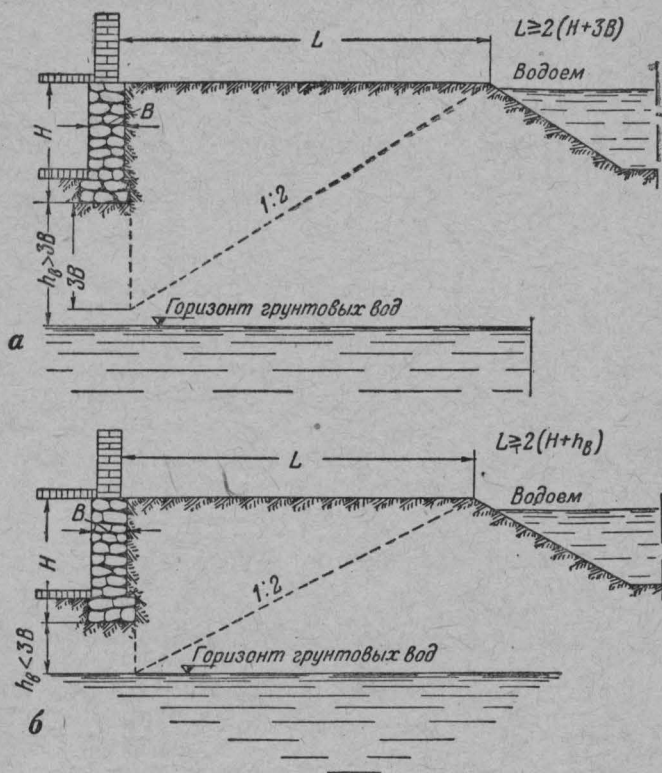


Рис. 140. Определение расстояния водоема от здания:

а — при величине  $h_g > 3B$ ; б — при величине  $h_g < 3B$

водоемы с наполнением за счет грунтовых вод. Во всех остальных случаях стояния грунтовых вод желательно выбирать место для водоема с уровнем грунтовых вод ниже дна водоема.

При выборе типа и конструкции водоема следует также учитывать наличие материалов.

Искусственные пожарные водоемы могут быть грунтовые; деревянные; каменные (кирпичной или бутовой кладки); бетонные или железобетонные.

## § 2. ГРУНТОВЫЕ ВОДОЕМЫ

### Конструкция водоемов

Грунтовые водоемы могут быть открытого и закрытого типа и, в зависимости от водопроницаемости грунта, с гидроизоляционной одеждой и без нее.

По очертанию в плане водоемы могут быть квадратной, прямоугольной и круглой формы.

Ограждающими поверхностями грунтовых водоемов служат непосредственно земляные откосы и дно с устройством в случае необходимости гидроизоляционных облицовок (одежд).

Откосы водоемов следует назначать в зависимости от характера грунта, в котором устраивается водоем, согласно данным, приведенным в табл. 36.

Таблица 36

Коэффициент откоса водоемов в зависимости от характеристики грунта

Характеристика грунта	Коэффициент откоса
Крупно- и среднезернистые плотные пески, плотнслежавшийся строительный мусор, чернозем и культурный слой	1,75
Те же грунты, но неплотно слежавшиеся, а также мелкозернистые пески и супеси . . . . .	2,00
Плотные (не насыпные) глины, суглинки (в том числе и лёссовидные) при отсутствии на откосах специального защитного слоя . . . . .	1,50
Глины и суглинки мало плотные (насыпные) неоднородные при наличии специального защитного слоя . . . . .	2,00

При определении полезного объема водоема необходимо учитывать испарение воды, фильтрацию ее, промерзание и частичное заиливание водоема в зависимости от местных климатических условий, рода грунта, одежды и др.

При подборе размеров водоема следует учитывать, что, во-первых, водоемы обычно наполняют не до краев, а оставляют запас от уровня воды до верхней бровки откоса не менее 0,5 м и, во-вторых, что зимой часть воды расходуется на образование ледяного покрова и поэтому не может быть использована для тушения пожара.

Следовательно, полезная емкость водоема будет всегда несколько меньше полной емкости, причем оставление запаса в 0,5 м дает уменьшение емкости на 20—30%, а вследствие образования ледяного покрова толщиной 50—60 см уменьшение емкости достигает 30—40% полной емкости водоема.

Общее уменьшение полезной емкости от совместного влияния обеих указанных причин может достигать 50—70% полной емкости водоема.

Снижение полезной емкости вследствие оставления запаса от уровня воды до поверхности необходимо учитывать всегда. Вопрос же о величине и необходимости учета снижения емкости на образование ледяного покрова следует решать в зависимости от климатических условий месторасположения водоема. Кроме того, следует учитывать возможность снижения толщины льда путем наращивания пористого льда сверх обычного уровня воды в водоеме.

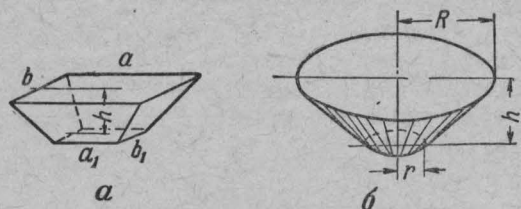


Рис. 141. Схема водоема:  
а — прямоугольной формы; б — круглой формы

Глубина водоема принимается от 2 до 3,5 м. Объем водоема подсчитывается по следующим формулам:

а) при прямоугольной форме в плане (рис. 141, а):

$$V = \frac{h}{6} [ab + (a + a_1)(b + b_1) + a_1b_1],$$

где  $a$  и  $b$  — длина и ширина водоема поверху;  
 $a_1$  и  $b_1$  — длина и ширина водоема понизу;  
 $h$  — глубина водоема;

б) при квадратной форме, когда  $b = a$ :

$$V = \frac{h}{6} [a^2 + (a + a_1)^2 + a_1^2]$$

или

$$V = \frac{h}{3} (a^2 + aa_1 + a_1^2);$$

в) при круглой форме в плане (рис. 141, б):

$$V = \frac{\pi h}{3} (R^2 + Rr + r^2),$$

где  $R$  — радиус поверху;  
 $r$  — радиус понизу;  
 $h$  — глубина водоема.

В табл. 37 и 38 даны конструктивные размеры водоемов различных объемов, причем размеры поверху даны не в плоскости зеркала воды, а в плоскости поверхности земли на 0,5 м выше горизонта воды в водоеме.

Таблица 37

**Конструктивные размеры водоемов для различных объемов воды**  
(форма прямоугольная и квадратная в плане при различных  
заложениях откосов)

Объем воды в м³	Общий объем водоема в м³	Глубина в м		Размеры в плане в м		Коэффициент откоса
		воды	водоема	понизу	поверху	
50	86	2	2,5	1,7×1,7	9,2×9,2	1,5
50	86	2	2,5	2×1,4	9,5×8,9	1,5
75	121	2,5	3,0	1,3×1,3	10,3×10,3	1,5
75	133	2	2,5	1,7×1,7	11,7×11,7	2
75	122	2	2,5	4×2	11,5×9,5	1,5
100	158	2	2,5	3,9×3,9	11,4×11,4	1,5
100	169	2	2,5	2,7×2,7	12,7×12,7	2
100	155	2,5	3	2,2×2,2	11,2×11,2	1,5
100	191	2,5	3	1,2×1,2	13,2×13,2	2
150	225	2	2,5	6×5	13,5×12,5	1,5
150	227	2	2,5	9×3	16,5×10,5	1,5
150	235	2	2,5	4,4×4,3	14,4×14,3	2
150	222	2,5	3	3,7×3,7	12,7×12,7	1,5
150	238	2,5	3	2,2×2,2	14,2×14,2	2
200	290	2	2,5	6,8×6,8	14,3×14,3	1,5
200	290	2	2,5	16,5×2,0	23×9,5	1,5
200	310	2	2,5	6×6,5	16×15,5	2
200	302	2,5	3	5,2×5,2	14,2×14,2	1,5
225	320	2,5	3	5,5×5,5	14,5×14,5	1,5
250	351	2,5	3	6×6	15×15	1,5
250	380	2	2,5	7×7	17×17	2
250	357	2	2,5	8×8	15,5×15,5	1,5
250	373	2,5	3	5×4,2	17×16,2	2
300	446	2	2,5	12×5	22×15	2
300	417	2,5	3	7×7	16×16	1,5
300	428	2	2,5	9,1×9,1	16,6×16,6	1,5

Таблица 38

**Конструктивные размеры водоемов для различных объемов воды**  
(форма круглая в плане при различных заложениях откосов)

Объем воды в м³	Общий объем водоема в м³	Глубина в м		Радиус круга в м		Коэффициент откоса
		воды	водоема	понизу	поверху	
25	40	2	2,5	0,9	3,4	1
50	77	2	2,5	1,8	4,3	1
50	81	2	2,5	1,2	4,9	1,5
75	109	2	2,5	2,4	4,9	1
75	117	2	2,5	1,8	5,6	1,5
100	146	2	2,5	3,0	5,5	1
100	150	2	2,5	2,4	6,1	1,5
100	155	2,5	3	1,6	6,1	1,5
100	164	2,5	3	0,8	6,8	2
100	161	2	2,5	1,8	6,8	2



Объем воды в м <sup>3</sup>	Общий объем водоема в м <sup>3</sup>	Глубина в м		Радиус круга в м		Коэффициент откоса
		воды	водоема	понизу	поверху	
150	212	2	2,5	3,9	6,4	1
150	221	2	2,5	3,3	7,1	1,5
150	220	2,5	3	2,4	6,9	1,5
150	228	2,5	3	1,6	7,6	2
150	236	2	2,5	2,8	7,8	2
200	272	2	2,5	4,6	7,1	1
200	287	2	2,5	4,1	7,8	1,5
200	279	2,5	3	3,1	7,6	1,5
200	293	2,5	3	2,3	8,3	2
200	299	2	2,5	3,5	8,5	2
250	340	2	2,5	5,3	7,8	1
250	356	2	2,5	4,8	8,5	1,5
250	349	2,5	3	3,7	8,2	1,5
250	367	2,5	3	3,0	9,0	2
250	369	2	2,5	4,2	9,2	2
300	405	2	2,5	5,9	8,4	1
300	421	2	2,5	5,4	9,1	1,5
300	420	2,5	3	4,3	8,8	1,5
300	426	2,5	3	3,5	9,5	2
300	433	2	2,5	4,8	9,8	2

В целях сокращения объема земляных работ котлован для водоема заглубляется с таким расчетом, чтобы вынутую землю можно было использовать на образование обвалования высотой 1—1,25 м. При этом следует учитывать качество грунта в отношении водонепроницаемости: если водоем отрывается в грунте маловодопроницаемом и не требует дополнительной гидроизоляционной одежды, то имеется прямой смысл использовать вынутый грунт для обвалования. Если же грунт водопроницаемый, то наращивать из него обваловку не имеет смысла, так как устойчивость обваловки значительно труднее сохранить; кроме того, встретятся дополнительные затруднения при устройстве водозаборных сооружений.

Наивысший горизонт воды в грунтовых водоемах должен находиться на расстоянии не меньше 0,5 м от бровки обвалования. Ширина подошвы обвалования должна быть не менее 2,5 м.

Устройство грунтовых водоемов допускается во всех грунтах, за исключением лёссовидных. Утечка воды из водоема признается допустимой, если она не превышает 5% в сутки от общего объема водоема.

В тех случаях, когда утечка воды будет превышать 5% в сутки от общего объема воды в водоеме, необходимо устраивать дополнительную гидроизоляционную одежду.

Водоемы без защитной одежды можно устраивать лишь в следующих случаях:

1) когда дно и откосы водоема выполнены в малопроницаемом грунте (глина, суглинок), утечка воды из водоема не превышает 5% в сутки от общего объема;

2) при залегании грунтовых вод неглубоко от поверхности земли и достаточном их поступлении в любое время года.

В последнем случае надо учитывать возможные колебания горизонта грунтовых вод в различные периоды года, имея в виду, что таким же колебаниям будет подвергаться и горизонт воды в водоеме.

Водоемы с наполнением за счет грунтовых вод выгодно устраивать при следующих условиях:

1) при неглубоком залегании грунтовых вод (до 0,5—1,5 м) и постоянстве этого горизонта в течение года;

2) при достаточно водоупорных грунтах, не требующих сложного и большого водоотлива, или при возможности производить работы по устройству котлована без водоотлива.

### Типы гидроизоляционной одежды

В тех случаях, когда потери воды из водоема на фильтрацию в сутки будут превышать 5% от общего объема, следует проводить мероприятия, сокращающие фильтрацию воды.

При выборе способа борьбы с фильтрацией необходимо учитывать:

- 1) эффективность мероприятия;
- 2) наличие материалов;
- 3) качество грунта, в котором выполнен водоем;
- 4) стоимость проводимых мероприятий.

Для сравнения эффективности гидроизоляционных работ рассмотрим различные типы одежд (по данным академика А. Н. Костякова), которые по сравнению с неукрепленным каналом дают следующее сбережение воды (в процентах):

Глиняная одежда слоем 9 см . . . . .	48
Жирный бетон (1:4) слоем 2,5 см . . . . .	75
Жирный бетон слоем 8 см . . . . .	95
Густая нефть (18 л на 1 м <sup>2</sup> ) . . . . .	50
Густая нефть (13 л на 1 м <sup>2</sup> ) . . . . .	27
Жидкая нефть (13 л на 1 м <sup>2</sup> ) . . . . .	7

Эти данные получены на песчаном суглинке, через который до укладки гидроизоляционной одежды просачивался в течение суток слой воды высотой около 22 см.

Кроме применения перечисленных видов одежд, сокращение фильтрации воды может быть достигнуто осолонцеванием грунта. Осолонцевание в ряде грунтов приводит к полной водонепроницаемости грунта.

При рассмотрении экономических показателей следует учитывать, что, по данным В. А. Шкарупо (на основании четырехлетних опытов Украинского института гидротехники и мелио-

рации), наиболее дешевым видом одежды является осолонцевание грунта.

В табл. 39 приведена сравнительная стоимость различных типов одежды водоемов.

Таблица 39

Сравнительная стоимость различных типов одежды водоемов

Вид одежды	Стоимость на 1 м <sup>2</sup> в руб.	Срок службы	Потери воды в м <sup>3</sup>
Без одежды . . . . .	—	—	15,5
Бетонная . . . . .	4	10 лет	0
Деревянная . . . . .	5	5 "	0
Глинобетон . . . . .	1,23	5 "	6
Нефтяное . . . . .	0,90	4 года	8
Осолонцевание грунта . . . . .	0,69	Больше 5 лет	0

Из таблицы видно, что, как мы говорили выше, наиболее экономичным способом борьбы с фильтрацией является осолонцевание грунта. Но из этого не следует, что во всех случаях этот способ будет наиболее приемлемым, так как метод осолонцевания нуждается в ряде уточнений применительно к почвенным и водным условиям, имеющимся в СССР.

Кроме того, в условиях объектов Советской Армии выбор типа одежды чаще всего зависит от наличия соответствующих материалов и квалификации рабочих.

### *Искусственный кольматаж*

Искусственный кольматаж применяется главным образом в слабых суглинках и супесчаных грунтах. В песчаных грунтах этот способ не дает надлежащего эффекта.

Искусственный кольматаж заключается в следующем.

Жирную глину растворяют в воде до состояния жидкого теста, с таким расчетом, чтобы не было нерастворившихся кусков. Полученный раствор выливают в водоем, предварительно залитый водой, причем рекомендуется равномерно распределять раствор по всей толще воды, для чего шестами размешивать раствор в воде.

Эффект кольматажа заключается в том, что мельчайшие частицы глины, постепенно осаждаясь из воды на дно и откосы, заполняют пустоты между более крупными частицами грунта. В результате утечка воды уменьшается или почти прекращается. Операцию вливания в водоем глиняного раствора необходимо повторять несколько раз до получения нужного результата.

Одежда из глины или суглинков применяется в песчаных и других грунтах, где искусственный колымаж не дает надлежащего эффекта, и при наличии вблизи места постройки водоема глины и суглинков.

Для защитного слоя лучшими грунтами являются суглинки с включением песка и гравия; худшими грунтами, но все же пригодными к использованию, являются жирные глины, тяжелые суглинки, супеси. При применении жирной глины необходимо добавлять к ней небольшое количество мелкого гравия.

Толщину защитного слоя следует назначать от 10 до 30 см, учитывая характер грунта, дальность его доставки и возможность тщательного уплотнения.

Перед укладкой грунта в защитную одежду дно и откосы котлована должны быть спланированы, смочены водой и уплотнены трамбовками.

Грунт, предназначенный для защитной одежды, разравнивается на подготовленной поверхности ровным слоем, толщиной (в рыхлом состоянии) от 7 до 14 см. Все комки разбиваются, а все крупные включения — камни, щепа, корни и др. — удаляются. Затем грунт увлажняется распыленной струей из ствола или лейки.

Увлажнение грунта производят до состояния его пластичности, т. е. когда грунт при сжатии в руке принимает любую форму. Следует избегать как недоувлажнения, так и переувлажнения грунта.

Трамбование грунта можно производить ручными трамбовками весом 10—15 кг. Уплотнение грунта следует считать законченным тогда, когда грунт будет представлять собой совершенно однородную массу и когда при последующих ударах по нему трамбовкой он не будет уже уплотняться, а будет лишь выпираться в сторону.

Следует помнить, что надлежащий эффект можно получить только в том случае, если грунт будет достаточно тщательно утрамбован и в нем не будет неплотностей.

Исходя из этого, следует при общей толщине одежды в 10—15 см устраивать ее в два слоя по 5—7,5 см (в уплотненном состоянии), а при толщине в 20—30 см — в три слоя по 7—10 см. (В рыхлом состоянии в первом случае потребуются укладка слоя в 7—10 см, а во втором — 10—14 см.)

На откосах грунт следует трамбовать специальными трамбовками (рис. 142), нормально к откосу, укладывая его в виде отдельных лент на примерную высоту 0,8—1,0 м.

Для предохранения защитной одежды от растрескивания и размывания следует на откосы уложить слой щебня или крупного песка и втрамбовать его в одежду.



При эксплуатации водоема нельзя допускать высыхания одежды, так как при высыхании она дает трещины. В случае устройства для водозабора траншей, трубы или ямы их стенки также следует обложить глиной или суглинком (рис. 143).

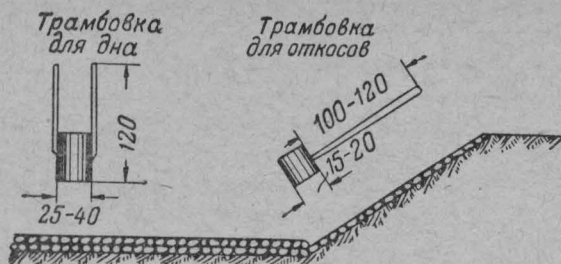


Рис. 142. Типы ручных трамбовок

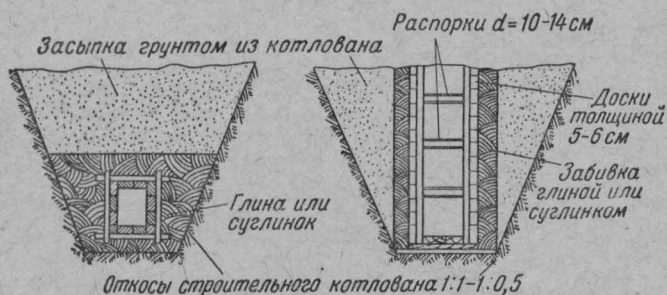


Рис. 143. Изоляция водозаборных устройств

### Осолонцевание грунта

Сущность осолонцевания грунта заключается в следующем. Если вытеснить из почвы поглощенный кальций (путем промывания раствором поваренной соли или хлористого аммония) и пропускать через нее воду, то через непродолжительное время начинается все возрастающее падение фильтрации и, наконец, почва почти вовсе перестает пропускать воду. Эффект осолонцевания получается почти во всех грунтах, за исключением чистого песка. Но и в чистом песке можно достичь уплотнения за счет осолонцевания, если в песок ввести небольшое количество ила.

Перед осолонцеванием поверхность откоса и дна тщательно взрыхляется мотыгой или лопатой на глубину около 8 см, все комья разбиваются, корни и растительные остатки удаляются.

Подготовленная поверхность поливается раствором поваренной соли при помощи распыленной струи. Количество соли берется от 3 до 5 кг на 1 м<sup>2</sup> поверхности. Соль растворяют в воде из расчета 1,5—2 кг на ведро воды. Для растворения соли сле-

дует брать мягкую воду, не имеющую в своем составе большого количества соединений кальция. Лучше всего применять дождевую воду.

Поливка раствором во всех случаях должна быть равномерной без утечки раствора, для чего поливка обычно производится в несколько приемов.

В случае близости грунтовых вод для осолонцевания вместо поваренной соли следует применять каустическую соду.

После того как грунт полит раствором соли, нужно дать ему немного подсохнуть, а затем утрамбовать его поверхность с подсыпкой сухого грунта (песка или другого грунта, слоем 8—10 см).

При устройстве водоемов в песках одежду откосов и дна можно устраивать из засолонцеванного привозного грунта.

Осолонцевание привозного грунта, предназначенного для одежды, производят в стороне, а затем откосы и дно водоема покрываются осолонцеванным грунтом слоем толщиной не более 10 см и тщательно утрамбовываются.

Можно также осолонцевание песка производить и на месте, для чего в песок вводится сухой растертый суглинистый грунт в количестве до 6 кг на 1 м<sup>2</sup> поверхности, после чего производится поливка соленым раствором.

Подготовленный водоем заливают водой и следят за понижением горизонта воды в нем.

В течение первых двух суток в грунте происходит процесс вытеснения кальция натрием. В это время частицы грунта еще не успевают набухнуть и возможна некоторая утечка. Затем фильтрация уменьшается, и водоем может быть сдан в эксплуатацию.

### *Нефтевание грунта*

Перед нефтеванием откосов и дна водоема их поверхность взрыхляют мотыгой или лопатой на глубину 8—10 см, растительные и другие включения удаляют. Грунт должен быть влажным, но не мокрым. Для нефтевания лучше применять более тяжелые остатки нефти, которые предварительно нагревают до температуры 140—150° и затем поливают ими подготовленную поверхность. Норма расхода нефти или ее остатков — 10—12 л на 1 м<sup>2</sup> поверхности. Для того чтобы грунт пропитался более равномерно, поливку следует проводить в 2—3 приема. После поливки поверхность дна и откосов водоема засыпают сухим грунтом слоем 2—4 см и тщательно утрамбовывают.

### *Одежда из асфальтобетона*

Асфальтобетон представляет собой смесь битума, заполнителя и инертных материалов (щебня или гравия). В качестве заполнителя применяется асфальтовый порошок, портландцемент, известковый или мраморный порошок.

Подбор заполнителя и инертных материалов, а также сорта битума и его дозировки производится в заводских лабораториях, а поэтому для выполнения работ лучше получать готовый асфальтобетон с имеющихся поблизости заводов.

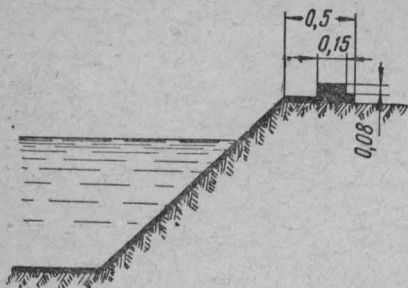


Рис. 144. Схема асфальтобетонной одежды

Основные требования, которые надо соблюдать при выборе состава асфальтобетона:

1) битум желательно применять тугоплавкий, марки не ниже III;

2) в качестве заполнителя желательно применять асфальтовый порошок;

3) инертные материалы не должны содержать примеси грязи и пыли;

4) содержание битума должно быть не ниже 8—10% по весу смеси.

Смешение инертных материалов, битума и заполнителей производится в разогретом виде в специальных установках.

Дно и откосы водоема перед укладкой на них асфальтобетона необходимо тщательно спланировать, интенсивно смочить и утрамбовать. В случае слабых грунтов, могущих вызвать осадку при замачивании, водоем желательно заполнить водой и продержат в залитом состоянии не менее суток.

В дно и откосы водоема необходимо втрамбовать щебенку. Лишь после тщательной подготовки поверхности дна и откосов можно приступить к укладке асфальта. Асфальтобетон следует наносить не менее как в два слоя по 2,5—3,0 см каждый. Работу по укладке асфальта следует начинать со дна и затем идти по откосам вверх, асфальтируя полосы по периметру котлована шириной не более 1,0 м.

Работу желательно проводить без перерывов так, чтобы асфальт не успевал застывать. При стыковании двух полос после перерыва в работе край остывшей полосы, имеющей неправильную форму, следует обрезать, смазать горячим битумом и лишь после этого укладывать примыкающую полосу. При невыполнении этого мероприятия в стыках полос останется шов, через который будет большая утечка воды.

Вокруг водоема следует устроить берму из асфальта шириной не менее 0,5 м и, кроме того, пояс высотой 0,08 м и шириной 0,15 м (рис. 144).

После окончания или при перерывах в работе следует предохранять асфальтобетон от непосредственного воздействия солнечных лучей, а также от повреждений до полного остывания асфальтобетона.

## Одежда из бетона

При наличии на месте постройки цемента и инертных материалов, а также в случае затруднения с транспортом глины и суглинка можно защитную одежду выполнить из бетона.

Толщину бетонной одежды следует назначать 7—12 см. Расход цемента для бетонной одежды не должен превышать 200—250 кг на 1 м<sup>3</sup> бетона в зависимости от марки цемента, при условии тщательного производства работ с последующей затиркой цементом поверхности бетона (железнением).

Подготовка котлована перед устройством защитного слоя выполняется так же, как и для асфальтобетонной одежды.

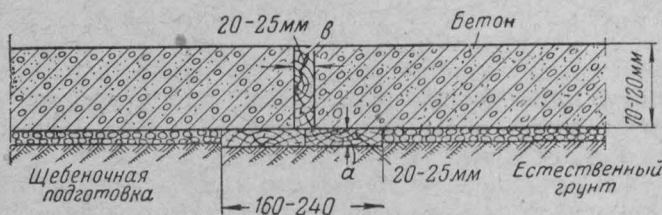


Рис. 145. Шов в бетонной одежде

Для предотвращения растрескивания бетонной одежды, в особенности в местах соединения дна и откосов и в местах соединения самих откосов, следует разделять ее на отдельные плиты размерами от 3 до 7 м в стороне. Швы осуществляются при помощи двух досок *а* и *в* толщиной 20—25 мм, соединенных гвоздями перпендикулярно друг другу, как показано на рис. 145. Ширина доски *а*, укладываемой по откосу и по дну водоема, 16 см. Доска, стоящая ребром, должна иметь ширину, равную толщине бетонной одежды. Доска *а* заглубляется в щебеночную подготовку.

Устройство бетонной одежды производится в следующем порядке.

Прежде всего бетонируют дно водоема, а затем откосы. Бетонировку следует вести так, чтобы каждая из плит была выполнена без перерыва в работе. Бетонировку откосов необходимо начинать снизу и вести ее горизонтальными слоями, укладываемыми на всю ширину отдельной плиты. Уложенный, но еще не затвердевший бетон следует защищать от высыхания, покрывая его слоем мокрого песка.

Заполнение водоема может быть осуществлено не ранее чем через три дня после окончания бетонных работ.

Если утечка воды из водоема будет больше, то необходимо в заполненный водой водоем ввести раствор порошкообразной жирной глины. Глина, введенная в воду, заполняет поры в бетоне, и последний становится более водонепроницаемым.



## Водозаборные устройства

При выборе типа водозаборных устройств следует учитывать, что пожарные машины должны подъезжать к бровке откоса водоема не ближе чем на 1,5 м, так как от давления машины может произойти обрушение откоса водоема. Необходимо также иметь в виду, что длина всасывающих рукавов не должна превышать 8 м. Кроме того, следует учитывать, сколько машин должно быть одновременно установлено на водоем.

Для полного использования объема водоема в месте забора воды должен быть устроен приямок глубиной около 0,7 м, защищенный от засасывания взвешенных в воде частиц.

В холодных районах желательно устраивать такое водозаборное устройство, которое обеспечивало бы забор воды без дополнительного устройства утепленных прорубей. Можно рекомендовать, например, водозаборное устройство в виде выносного колодца с самотечной линией. Это устройство при утеплении колодца обеспечивает забор воды без устройства утепленной проруби и, кроме того, позволяет утеплить полностью водоем при помощи наращивания пористого льда или покрытия водоема по корке льда какими-либо утепляющими материалами.

В районах, где нет необходимости в утеплении водоема, более рационально устраивать водозаборные устройства в виде открытых траншей, эстакады или непосредственно по откосу.

### Производство работ по устройству грунтового водоема

До начала работ следует выбрать тип водоема. Выбор зависит главным образом от характера грунта и вида гидроизоляционной одежды. Поэтому в первую очередь следует для определения характера грунта на месте, где намечено устройство водоема, отрыть шурф (яму) глубиной, равной глубине будущего водоема. Сечение шурфа должно быть не менее 1×1 м. Стенки шурфа должны ограждаться.

Когда будет выбран тип водоема и определен его объем, необходимо определить конструктивные его размеры, что можно произвести путем расчета по формулам или воспользоваться для этого табл. 37 и 38.

Согласно полученным размерам следует произвести разбивку водоема в натуре, для чего на месте расположения водоема намечают колышками верхние и нижние линии бровок откосов.

Отрывка водоема производится в следующем порядке.

Сначала отрывается траншея шириной 1,0—1,5 м и глубиной 1,0 м. Дно траншеи делается с уклоном в сторону колодца (шурфа). Это необходимо для стекания в шурф грунтовых вод, которые при помощи насоса должны откачиваться из шурфа.

Дальше разработка выемки ведется в порядке, указанном на рис. 146. Каждый ярус делается с уклоном в сторону траншеи (I и V).

Когда выемка грунта из водоема в основном будет закончена, должны быть защищены откосы; при этом необходимо выдерживать заданные заложения откосов.

После планировки дна и откосов приступают, если в этом есть необходимость, к устройству гидроизоляционной одежды.

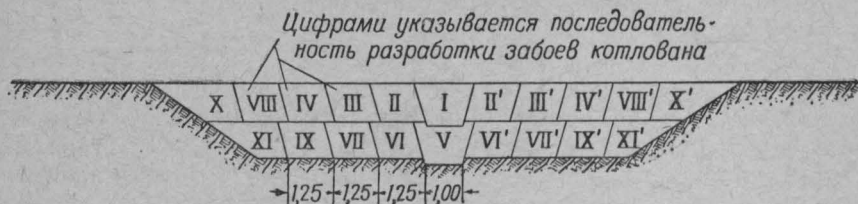


Рис. 146. Последовательность разработки забоев в грунтовом водоеме

### Эксплуатация открытых грунтовых водоемов

После окончания постройки и сдачи водоема в эксплуатацию эскиз его с основными характеристиками и размерами (размеры понизу и поверху, глубина, коэффициент откоса, тип водозаборного устройства, типы гидроизоляционной одежды, качество грунта, положение грунтовых вод и др.) должен храниться соответствующим порядком, так как эти данные необходимы при эксплуатации водоема для принятия правильных решений при ремонте, пополнении водоема водой, определении запаса воды в водоеме и для других вопросов эксплуатации.

При наполнении водоема водой следует избегать повреждения откосов и дна. Для этого непосредственный удар струи в первый момент следует направлять на деревянный щит, специально уложенный на дно водоема, а затем налив производить струей, направленной в воду, а не по откосу.

Для наблюдения за горизонтом воды в водоеме должна быть установлена рейка. Деления на рейке желательно указывать в объемных единицах. Нуль рейки должен соответствовать дну водоема.

По рейке следует вначале ежедневно, а затем в зависимости от понижения уровня один-два раза в неделю вести наблюдение за утечкой воды из водоема.

При оплывании или разрушении откосов водоема следует немедленно ремонтировать их.

При работе водоемов в зимних условиях нужно создать над нормальным горизонтом воды искусственный ледяной покров толщиной не менее 25 см, по которому уложить слой утеплителя толщиной в зависимости от климатических условий данного района. В качестве утеплителя лучше всего употреблять снег или пористый лед, полученный путем поливания распыленной струей ледяного покрова при достаточно низкой температуре воздуха.

Для утепления можно также применять солому, костру, стружки, опилки, лист, хвою, мох и другие теплоизолирующие материалы. Весной утепляющий материал необходимо своевременно удалить.

### § 3. ДЕРЕВЯННЫЕ ВОДОЕМЫ

Деревянные водоемы могут устраиваться в местах, богатых лесом. Выполняются они из сосны или лиственницы. Рекомендуется дерево пропитывать креозотом или просмаливать. Водоемы могут устраиваться с каркасными или рублеными стенами, а также бочкового типа. Водоемы с каркасными или рублеными стенами выполняются подземного типа с дополнительной гидроизоляцией из глины.

Деревянные водоемы обладают малой теплопроводностью. В отдельных случаях водоемы бочкового типа могут быть установлены непосредственно на поверхности земли.

#### Деревянные водоемы с каркасными стенами

Место для установки водоема выбирается с таким расчетом, чтобы дно водоема размещалось выше уровня грунтовых вод. Порядок выполнения работ следующий.

Отрывается котлован нужного размера, дно которого должно быть тщательно спланировано. На дно котлована укладывается и утрамбовывается слой глины толщиной 15—20 см. По этому слою укладывается нижняя обвязка каркаса из бревен диаметром 18—20 см (рис. 147). До верхнего края бревен обвязки втрамбовывается глина. На обвязку устанавливаются стойки из бревен диаметром 16—18 см на расстоянии 1,5—2,0 м друг от друга, и по ним выполняется верхняя обвязка из бревен диаметром 20—22 см. Стойки с обвязкой соединяются при помощи шипов и скрепляются скобами.

Дно водоема застилается досками. С наружной стороны каркас обшивается 5-см шунтовыми досками с одновременной трамбовкой слоя глины толщиной 30 см. Доски прибивать гвоздями не нужно, так как они будут плотно прижаты грунтом к каркасу.

По верхней обвязке укладывается настил из подтоварника диаметром 7—8 см и смазывается глиной слоем 5 см. По образке укладывается утепление из шлака или грунта толщиной, в зависимости от климатических условий, примерно 40—60 см, которое для гидроизоляции от поверхностных вод покрывается слоем глины толщиной 15 см.

Для большей устойчивости водоем сверху покрывается дерном. Вокруг водоема устраивается канавка для отвода поверхностной воды.

Лаз (люк) выполняется из бревен или досок, с двумя съемными крышками, между которыми в холодное время года поме-

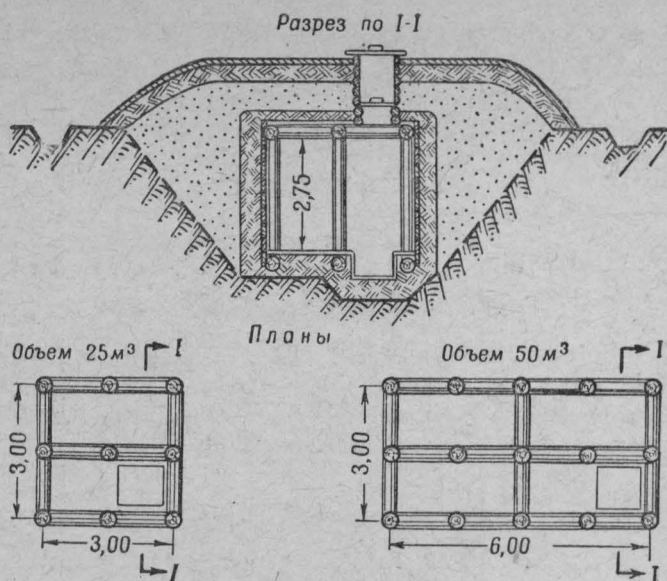


Рис. 147. Деревянные водоемы с каркасными стенами (объем 25 и 50 м³)

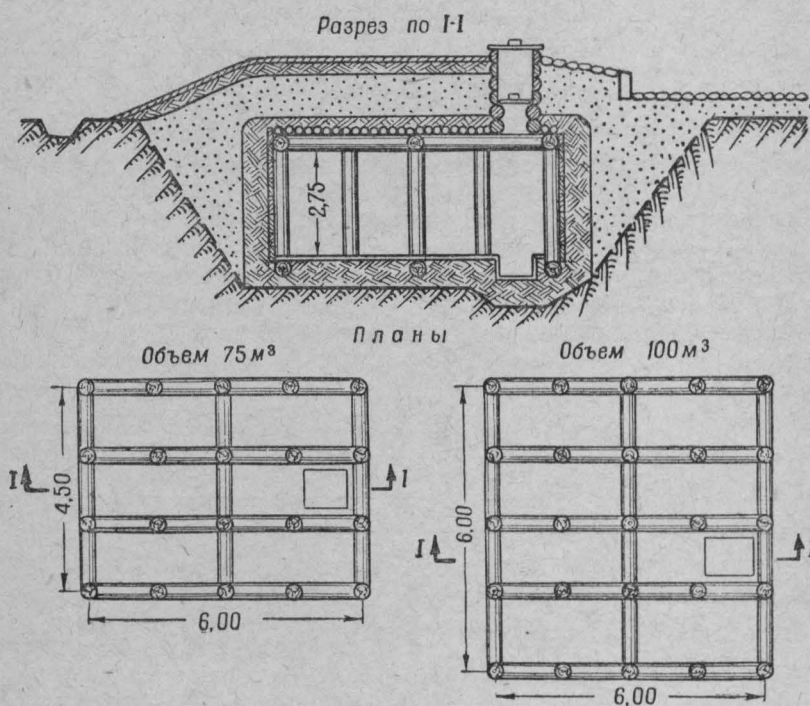


Рис. 148. Деревянные водоемы с каркасными стенами (объем 75 и 100 м³)



щается утепление из теплоизоляционного материала, находящегося в мешке, перевязанном веревкой для удобства удаления.

В дне водоема напротив лаза устраивается приямок глубиной 0,7 м, обеспечивающий возможность использовать весь объем воды из водоема.

Для безопасности водоем необходимо оградить от проникновения на него животных.

На рис. 147 и 148 показаны водоемы различной емкости.

### Деревянные рубленые водоемы

Стены водоема (рис. 149) рубятся из бревен диаметром 18—24 см (табл. 40) в паз с соединением углов в лапу. Венцы между собой скрепляются шипами длиной 7—10 см в шахматном порядке. Пазы проконопачиваются просмоленной прядью.

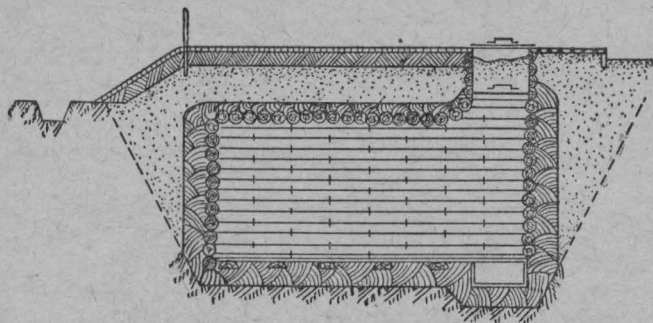


Рис. 149. Деревянный рубленый водоем

Перекрытие водоема выполняется из бревен диаметром 18—26 см (см. табл. 40) в зависимости от размера водоема. Остальные конструктивные части водоема выполняются так же, как и в каркасных водоемах.

В табл. 40 показаны размеры бревен для водоемов различных объемов.

Таблица 40

Размеры бревен (в см) для водоемов различных объемов

Объем водоема в м <sup>3</sup>		25	50	75	100
Длина бревен		340	470	570	650
Засыпка землей	Диаметр бревен стен . . . . .	18	18	22	25
	Диаметр бревен перекрытий . .	16	19	24	26
Засыпка шлаком	Диаметр бревен стен . . . . .	18	18	21	24
	Диаметр бревен перекрытий . .	16	18	20	22

## Водоемы бочкового типа

Водоемы бочкового типа делаются из сухих обрезных досок сосны, лиственницы и дуба, пропитанных креозотом или промасленных. В теплых районах такие водоемы можно устанавливать на поверхности земли, а в холодных районах они устраиваются подземного типа. В районах с большой глубиной промерзания грунта водоемы бочкового типа устанавливают в отапливаемых помещениях, обычно в землянках.

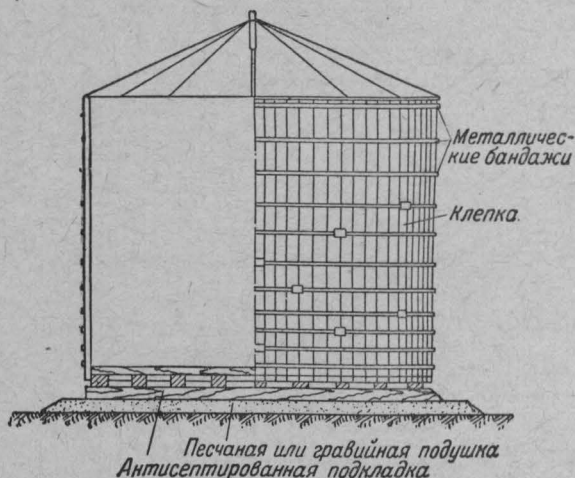


Рис. 150. Деревянный водоем

Водоемы бочкового типа представляют собой чаны, выполненные из клепок.

На рис. 150 показан деревянный водоем, установленный на поверхности земли, стенки которого выполнены из вертикальных клепок, соединенных впритык и стянутых стальными бандажами. Доски днища и стенок соединяются посредством врезки. Днище покоится на лагах, уложенных на глинобитное основание. Большая водонепроницаемость днища может быть достигнута при выполнении его из бетона. Сопряжение стенок резервуара с бетонным днищем показано на рис. 151.

Водонепроницаемость стенок обеспечивается разбуханием дерева. Для создания водонепроницаемости днища требуется осмоление мест сопряжения стенок с днищем.

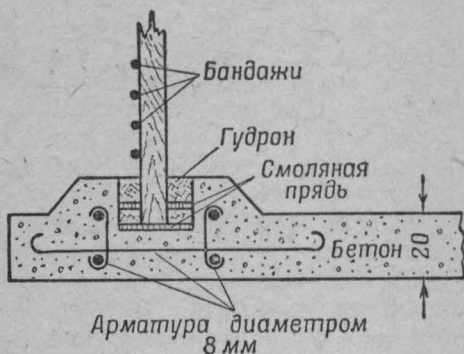


Рис. 151. Сопряжение стенок деревянного водоема с бетонным днищем

Для защиты от коррозии бандажи должны быть проасфальтированы. После постановки бандажей и их затяжки нарушенную в отдельных местах асфальтировку следует возобновить.

На рис. 152 показан деревянный водоем подземного типа, устроенный в виде чана. Внешняя поверхность водоема должна быть тщательно осмолена.

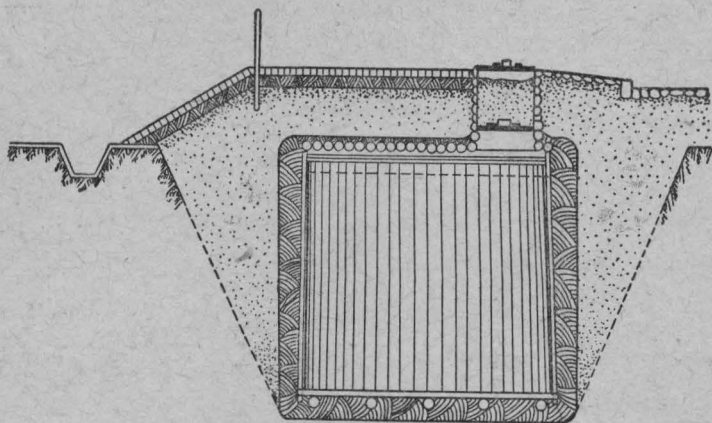


Рис. 152. Деревянный водоем типа чана

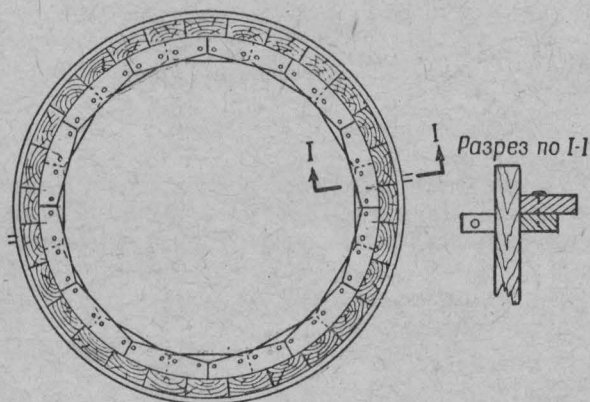


Рис. 153. Опорное кольцо

В верхней части водоема находится опорное кольцо (рис. 153) из досок  $5 \times 16$  см, закрепленных к стенкам водоема гвоздями. Торцы отдельных элементов опорного кольца должны быть плотно пригнаны друг к другу. Такие кольца необходимы только для водоемов подземного типа.

Водоем устанавливается на слой утрамбованной глины толщиной 25—30 см. Днище опирается на подкладки из окантованных бревен диаметром 12—15 см.

Вертикальный глиняный замок толщиной 25—30 см выполняется одновременно с засыпкой пазух грунтом. Перекрытие выполняется из осмоленных бревен диаметром 14—20 см в зависимости от размера водоема и вида утеплителя. Лаз и утепление устраиваются так же, как и в каркасных водоемах.

Конструктивные размеры деревянных бочковых водоемов приведены в табл. 41.

Таблица 41

Конструктивные размеры деревянных бочковых водоемов

Объем в м <sup>3</sup>	Внутренний диаметр в м	Толщина стенки в см	Толщина днища в см	Высота слоя воды в м	Наименьшая высота стенки в м	Наибольшая высота стенки в м	Диаметр лежней под днище в см	Количество бандажей
15	2,6	7	5	2,6	3,46	3,86	12	6
25	3,2	7	5	2,9	3,76	4,16	12	10
50	4	9,5	5	4,0	4,86	5,26	14	16
75	4,6	9,5	7	4,6	5,46	5,86	16	20
100	5,05	11,5	7	5,05	5,92	6,32	16	20

### Деревянные водоемы с пополнением водой за счет грунтовых вод

При наличии постоянных грунтовых вод на небольшой глубине (0,5—1,0 м) и с небольшим колебанием уровня воды в течение года можно рекомендовать устройство деревянного водоема с конструкцией, показанной на рис. 154.

Для устройства водоема можно применять сосну или лиственницу.

Порядок выполнения работ следующий.

Отрывается котлован на глубину 1,0—1,5 м и затем забиваются сваи на полную расчетную глубину. Сваи забиваются строго по своей оси, так как они служат направляющими для шпунтов. Забивку свай желательно вести механическим копром. Бревна для свай применяются диаметром 25 см.

По сваям укладывается насадка из бревен диаметром 28 см, которая соединяется шипами со сваями и крепится к ним скобами. Шпунт толщиной 15 см забивается на глубину 2,0—2,5 м, затем вынимается грунт на глубину 1,0 м, после чего шпунт снова забивается на глубину 1,0 м и вновь вынимают грунт на такую же глубину. Эта операция повторяется до полного открытия водоема. Водоем перекрывается бревнами диаметром 18 см. Для предотвращения вымывания грунта из-под шпунта и для устройства фильтра по дну укладывается щебенка, снизу диаметром от 1 см с увеличением крупности вверх до 8 см. Общая толщина слоя фильтра 25 см. Утепление водоема может быть произведено тем же способом, что и деревянных каркасных водоемов.



В теплых районах, где промерзание воды незначительно, такого типа водоемы могут устраиваться открытыми. Рекомендуется дерево пропитать креозотом или просмолить, а при наличии битума можно все элементы внутри водоема покрыть горячим битумом в два приема, а перекрытие покрыть с обеих сторон.

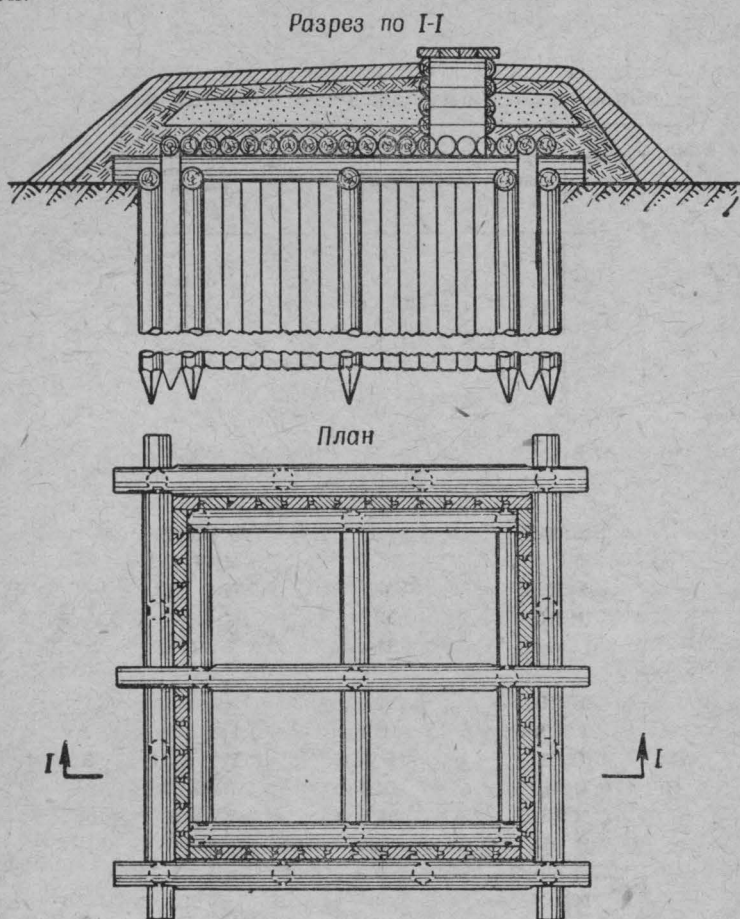


Рис. 154. Шпунтовый водоем

#### § 4. КАМЕННЫЕ ВОДОЕМЫ

При наличии на месте камня или кирпича водоемы могут быть построены из этих материалов. Каменные водоемы могут быть надземные и подземные. При правильном и тщательном выполнении работ эти водоемы долговечны и водонепроницаемы. Стенки их рассчитываются, как подпорные. Они получаются большей толщины по сравнению со стенками железобетонных

водоемов, вследствие чего требуется большее количество строительных материалов. При постройке водоемов из бутового камня нужна особая тщательность и аккуратность выполнения работ, в противном случае водоемы дают течь, которую трудно устранить.

Камень для постройки стен водоемов должен быть плотный, постелистый, без трещин, желательно из пород со значительным содержанием кварца.

Кирпич для постройки стен водоема должен применяться хорошо обожженный и имеющий правильную форму; водопоглощаемость его должна быть возможно более низкой.

Кладка стен производится на цементном растворе 1:4.

Для создания большей водонепроницаемости внутренние стенки водоемов штукатурятся цементным раствором 1:2 с добавкой церезита и железнением поверхности.

Состав штукатурки: 1 часть цемента и 2 части мелкого чистого песка; затворяется на церезитовом молоке состава 1:10 (1 часть церезита и 10 частей воды).

При приготовлении раствора необходимо церезитовое молоко постоянно перемешивать, так как церезит в воде не растворяется.

Состав церезита, изготавливаемого Ленинградским заводом: извести 20%, олеиновой кислоты 7,8%, аммиака 0,5%, охры сухой 0,2%, глинозема 5%, воды 66,5%. По виду церезит похож на густую сметану.

### Поверхностные каменные водоемы

Поверхностные водоемы целесообразно устраивать на асфальтированных площадках.

На рис. 155 показан поверхностный водоем с кирпичными стенами.



Рис. 155. Поверхностные водоемы с кирпичными стенами

Кирпичные стены водоема устраиваются высотой 110 см. Толщина стен 2 кирпича, а фундамента пониже — 120 см. Требуемый объем водоема определяется подбором соответствующей площади в плане. С внутренней стороны можно покрыть битум-

мом в два приема или черезитовой штукатуркой толщиной 2 см с железнением. Дно водоема асфальтируется толщиной не менее 5 см по щебенчатой подготовке.

### Подземные каменные водоемы

Тип подземного водоема из каменной кладки показан на рис. 156. Толщина стен понизу больше, чем поверху, с уступами с наружной стороны. Дно водоема делается из бетона состава 1:4 толщиной 20 см. Для усиления гидроизоляции дно покрывается асфальтом толщиной 3 см.

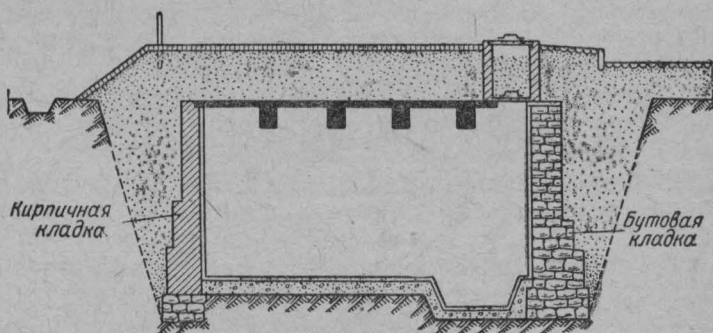


Рис. 156. Подземный водоем из каменной кладки

Стены покрываются черезитовой штукатуркой толщиной 3 см с железнением. Наружную сторону кирпичной стенки желательно покрыть битумом.

Конструктивные размеры водоемов различного объема приведены в табл. 42.

Таблица 42

#### Конструктивные размеры подземных каменных водоемов (в см)

Наименование конструктивных размеров	Стены кирпичные			Стены бутовые		
	50	75	100	50	75	100
Полезная глубина . . . . .	180	270	360	180	270	360
Общая глубина . . . . .	235	325	415	235	325	415
Диаметр водоема (внутренний) . . . . .	600	600	600	600	600	600
Высота фундамента . . . . .	50	50	50	50	50	50
Толщина фундамента . . . . .	60	75	100	70	110	150
Высота стен . . . . .	252	332	432	252	332	432
Толщина стен понизу . . . . .	51	64	90	60	100	140
Толщина стен поверху . . . . .	38	38	38	60	60	60
Глубина приямка . . . . .	50	50	50	50	50	50
Ширина приямка понизу . . . . .	120	120	120	120	120	120
Ширина приямка поверху . . . . .	160	160	160	160	160	160

Перекрытие водоема может быть выполнено из бревен диаметром 25 см или из железобетона.

При устройстве водоема с наличием грунтовых вод должна быть сделана дополнительная гидроизоляция из трех слоев рубероида или асфальта толщиной 3 см. Эта изоляция дна водоема укладывается по слою подготовки из щебня для асфальта или по слою бетона для рубероида.

Стены дополнительно гидроизолируются с наружной стороны.

## § 5. ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ВОДОЕМЫ

Железобетонные водоемы имеют преимущество перед каменными при устройстве их в слабых грунтах. Они изготавливаются из бетона состава 300—320 кг цемента на 1 м<sup>3</sup> бетона. Железная арматура собирается по специальному проекту и в настоящем пособии ввиду сложности вопроса не рассматривается.

Внутренняя поверхность водоема покрывается церезитовой штукатуркой толщиной 2 см с железнением. Наружная поверхность стен и покрытия покрывается горячим битумом в два слоя.

## § 6. ИСПЫТАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОЕМОВ

Испытание водоемов на водонепроницаемость должно производиться спустя 3—5 дней после наполнения их водой до верхней рабочей отметки. Водоемы (кроме грунтовых) могут быть приняты в эксплуатацию, если удельная утечка воды за счет фильтрации сквозь тело водоемов не будет превышать 10 л на 1 м<sup>2</sup> смачиваемой поверхности.

Удельная утечка определяется из следующего выражения:

$$q = \frac{1000 (h - h_1) s_1}{a (s_1 + s_2)},$$

где  $q$  — удельная утечка в литрах на 1 м<sup>2</sup> смачиваемой поверхности в сутки;

$h$  — полное понижение уровня воды в водоеме за время испытания в м;

$h_1$  — понижение уровня за счет испарения в м;

$s_1$  — площадь водоема в плане в м<sup>2</sup>;

$s_2$  — площадь смачиваемых стен в м<sup>2</sup>;

$a$  — число суток испытания.

Равномерно распределенная утечка в пределах до 10 л/м<sup>2</sup> в сутки не имеет практического значения, так как она со временем обычно сокращается; в то же время сосредоточенная утечка в отдельных точках хотя бы в размерах, допускаемых для водоема в целом, может явиться причиной дальнейшего увеличения утечки воды.

Испытание водоемов (каменных и железобетонных) желательно производить до засыпки котлованов грунтом, что дает возможность определить место сосредоточенной утечки воды.



При равномерно распределенной утечке свыше  $10 \text{ л/м}^2$  в сутки водоем не принимается в эксплуатацию, но может быть оставлен заполненным водой на срок 15—30 дней.

По истечении этого времени производится повторное испытание и при снижении утечки до допускаемого размера водоем может быть принят в эксплуатацию.

Если утечка не снижается, то необходимо принимать меры по снижению фильтрации. Одним из мероприятий можно рекомендовать спуск в водоем раствора жирной глины, что может дать положительные результаты.

После сдачи водоемов в эксплуатацию за ними необходимо вести постоянное наблюдение и обеспечивать исправное их содержание.

Наблюдения за состоянием водоемов должны проводиться регулярно и фиксироваться в особых журналах, в которых вносятся следующие сведения:

- а) номер водоема с кратким описанием конструкции;
- б) расчетный полезный объем водоема;
- в) убыль воды за сутки (неделю, месяц);
- г) время пополнения водоема;
- д) количество воды, необходимое для пополнения;
- е) повреждения: характер их и причины;
- ж) меры, принятые к исправлению повреждений.

На каждый сданный в эксплуатацию водоем должен быть составлен эскиз, в котором указываются основные данные, касающиеся этого водоема: емкость; конструктивные размеры; материалы, из которых выполнен водоем; способ гидроизоляции; грунт, в котором выкопан водоем; наличие грунтовых вод и др.

Около каждого водоема должен быть установлен указатель, на котором указываются следующие сведения:

- а) номер водоема;
- б) объем воды в водоеме;
- в) расстояние до зданий и сооружений, обслуживаемых водоемом.

Может быть также указан необходимый напор у насоса для подачи воды к месту тушения пожара.

В целях поддержания водоемов в исправном состоянии необходимо обеспечить охрану их и надежный надзор за ними.

В задачи охраны входит:

- а) не допускать засорения водоемов мусором и другими предметами;
- б) следить за сохранностью и исправностью водозаборных устройств;
- в) проверять объем воды в водоемах, следя за тем, чтобы он всегда соответствовал нормам;
- г) следить, чтобы подъезды к водоемам не были загромождены, размыты водой или занесены снегом;
- д) не допускать использования водоемов в качестве водопоя для скота и не разрешать купаться в них;

е) принимать необходимые меры к немедленному устранению замеченных неисправностей.

Для измерения уровня воды в водоеме необходимо установить рейку с делениями в кубических метрах, начиная снизу.

При загнивании воды в водоеме его необходимо полностью освободить от воды и очистить от грязи.

В качестве средства, препятствующего загниванию и цветению воды, можно применять хлорную известь из расчета 100 г на 1 м<sup>3</sup> воды.

## **§ 7. УСТРОЙСТВО ВОДОЕМОВ В РАЙОНАХ С НИЗКИМИ ТЕМПЕРАТУРАМИ**

На значительной части территории СССР в зимнее время отмечаются весьма низкие температуры (ниже —40—50°), а также имеется вечная мерзлота. Постройка и эксплуатация пожарных водоемов в таких районах сильно затрудняются.

Одним из простейших типов пожарных водоемов для районов с низкими температурами может быть водоем, устроенный в отапливаемой землянке. Землянка строится с нижним скатом покрытия на уровне земли, что обеспечивает удобство забора воды передвижными насосами. Хранить воду в таких землянках-водоемах лучше всего в деревянных чанах. Если установлено несколько чанов в одном водоеме, то их в нижней части необходимо соединить трубопроводом, что дает возможность забирать воду из всех чанов через один люк, устроенный в перекрытии.

На объектах, опасных в пожарном отношении, печи отапливаемых водоемов должны иметь надежные искроулавливатели.

На объектах, где имеются паросиловые установки, можно устраивать обычного типа подземные водоемы с подогревом воды отработанным паром. При наличии достаточного количества электрической энергии можно также рекомендовать подогрев воды при помощи электрического тока. При строительстве подземного водоема с подогревом воды необходимо с наружной части водоема уложить слой малотеплопроводного материала, например слой шлака, что будет снижать теплоотдачу подогреваемой воды.

## **§ 8. ПРОТИВОПОЖАРНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ**

Противопожарное водоснабжение объектов Советской Армии в полевых условиях является одной из важных задач инженерного обеспечения боевых действий войск.

В задачи полевого противопожарного водоснабжения объектов входят:

- а) разведка источников водоснабжения;
- б) добыча воды;
- в) хранение, транспортирование и рассредоточение воды на объекте.

Разведка источников водоснабжения организуется с целью получения данных инженерного и санитарного характера, необходимых для решения вопросов о водоснабжении военных объектов наиболее быстрым, простым и надежным способом.

При разведке устанавливаются: наличие и характеристика поверхностных и подземных источников; глубина подземных вод; ориентируемые данные о дебите и качестве воды.

Запасы воды на тушение пожара в полевых армейских, фронтовых и других складах создаются из расчета часовой работы дежурных пожарных средств, положенных для данного склада.

Основные требования к противопожарному водоснабжению в полевых условиях следующие:

а) рассредоточение источников водоснабжения с сохранением их взаимозаменяемости;

б) рассредоточение по объекту как можно больше мелких емкостей с водой для оказания первой помощи при загорании;

в) возможность быстрого восстановления разрушенных или поврежденных элементов водоснабжения, быстрого их демонтажа и эвакуации;

г) хорошая маскировка сооружений водоснабжения;

д) защита сооружений от повреждения пулями, осколками и воздушной взрывной волной.

При наличии на объекте действующего водопровода необходимо предусмотреть все необходимые мероприятия для быстрого восстановления разрушенных сооружений; кроме того, необходимо предусмотреть дублирование водопровода при помощи искусственных водоемов и использования естественных источников.

При устройстве водозаборных сооружений из открытых источников необходимо дублировать береговые сооружения; при этом дублиры могут быть устроены временного или облегченного типа, или состоять из готовых запасных частей, которые могут быть быстро собраны и установлены в нужном месте.

Для полевых объектов целесообразно иметь перевозные резервуары из прорезиненной ткани.

Такие резервуары изготавливаются различных емкостей. Для перевозки воды в бортовых машинах изготавливаются резервуары-цистерны на 1200 л (РЦ-1200), а для хранения воды — резервуары на 6000 л (РЕ-6000) и бескольцевые тканевые резервуары емкостью 1000 и 2000 л (БТР-1000 и БТР-2000).

Резервуар емкостью 6000 л (РЕ-6000) представляет собой полотнище из прорезиненной ткани, подвешенное за петли на крючки стоек металлических рам (рис. 157) или на деревянные колья.

Металлические рамы из труб (рис. 158) состоят из торцовых лежней с тремя гнездами для стоек, промежуточных лежней с двумя гнездами по концам и стоек с крючьями. Для уста-

новки одного резервуара РЕ-6000 нужно иметь два торцовых, четыре промежуточных лежня и четырнадцать стоек.

Торцовые лежни по краям, а промежуточные — между ними, гнездами кверху, укладывают на площадку и зарывают до основания гнезд в землю.

В плотных грунтах, где зарыть лежни трудно, их можно засыпать песком или каким-либо мягким материалом (травой, листвой, хвоей и т. п.).

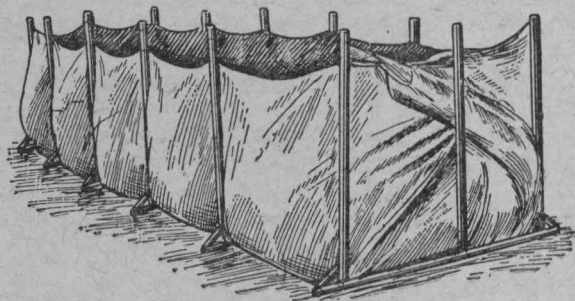


Рис. 157. Резервуар РЕ-6000 емкостью 6000 л

Если резервуар крепится при помощи кольев, то они должны быть хорошо оструганы, чтобы не повредить ткань резервуара. Колья в количестве 14 штук забивают в землю, резервуар за петли подвешивают к крючкам, укрепленным в верхней части кольев, и для устойчивости сверху колья между собой скрепляют веревкой.

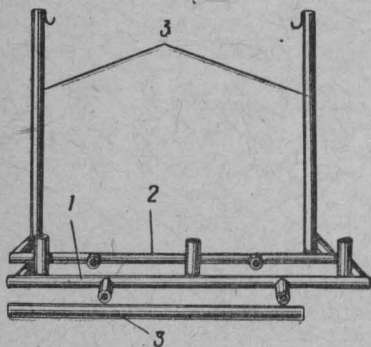


Рис. 158. Металлическая рама для установки резервуара РЕ-6000:  
1 — торцовый лежень; 2 — промежуточный лежень; 3 — стойка

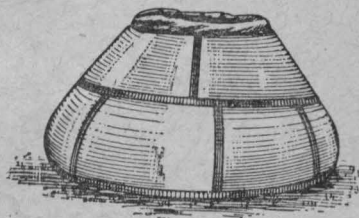


Рис. 159. Бескольевый резервуар, наполненный водой

Бескольевые резервуары (рис. 159) емкостью 1000 и 2000 л изготавливаются из прорезиненной ткани и имеют цилиндрическую горловину, выполненную из более мягкого материала, чем оболочка самого резервуара. По периметру горловины расположены петли, в которые продевается веревка для завязывания горловины,



Резервуар-цистерна РЦ-1200 предназначается для перевозки воды на автомобилях и имеет такое же устройство, как и бескольевые резервуары.

Для предохранения резервуара от изнашивания при перевозке воды необходимо днище кузова покрыть мягким материалом (соломой, травой, листом и т. п.). Между бортами кузова и цистерной полезно положить мешки с травой или другими мягкими материалами.

При эксплуатации резервуаров из прорезиненной ткани для обеспечения длительного их использования необходимо соблюдать следующие правила:

а) предохранять ткань от прямых солнечных лучей, так как под действием солнечных лучей резиновая оболочка разрушается и ткань теряет водоупорность; для избежания этого резервуары своевременно накрывать или затенять;

б) предохранять ткань от попадания нефтепродуктов, которые растворяют резину; поэтому не следует перевозить резервуары без чехлов на автомобилях, кузова которых загрязнены бензином или маслом;

в) сушить резервуары нужно под навесом; нельзя сушить или отогревать их у костров и печей; не следует пересушивать ткань, а нужно свертывать резервуары слегка влажными;

г) механические повреждения резинового слоя необходимо сразу же после обнаружения чинить, заклеивая царапины и отверстия заплатами из прорезиненной ткани; механические повреждения резинового слоя, нанесенного на тканевую основу, вызывают гниение и порчу ткани; места повреждений легко обнаруживаются при заполнении резервуаров водой, так как в этих местах будет просачиваться вода;

д) при установке резервуаров на поверхности земли следить, чтобы на площадке не было острых камней, осколков или пней, которые могут повредить ткань.

В условиях военного времени в качестве возможных емкостей для воды можно использовать подвалы нежилых построек или разрушенных зданий. Для этой цели подвалы очищают и их стенкам и дну при необходимости придают нужную водонепроницаемость. В качестве гидроизоляционного материала может быть использован битум, асфальт или цемент.

В качестве емкостей может быть также использована канализационная сеть и ее колодцы, для чего сеть очищается, входные и выходные трубы в соответствующих местах перекрываются.

При устройстве грунтовых водоемов для сокращения земляных работ следует использовать воронки от снарядов и бомб, придавая грунту нужную водонепроницаемость способами, рассмотренными выше.

При хранении воды в мелкой таре для первой помощи в условиях зимнего времени рекомендуется в воду добавлять поваренную соль или другие химикаты, снижающие температуру замерзания воды.

---

## ГЛАВА VI

### ПОДАЧА ВОДЫ К МЕСТУ ПОЖАРА

Правильно организованная, своевременная и бесперебойная подача воды к месту пожара является основным условием, обеспечивающим успех пожаротушения.

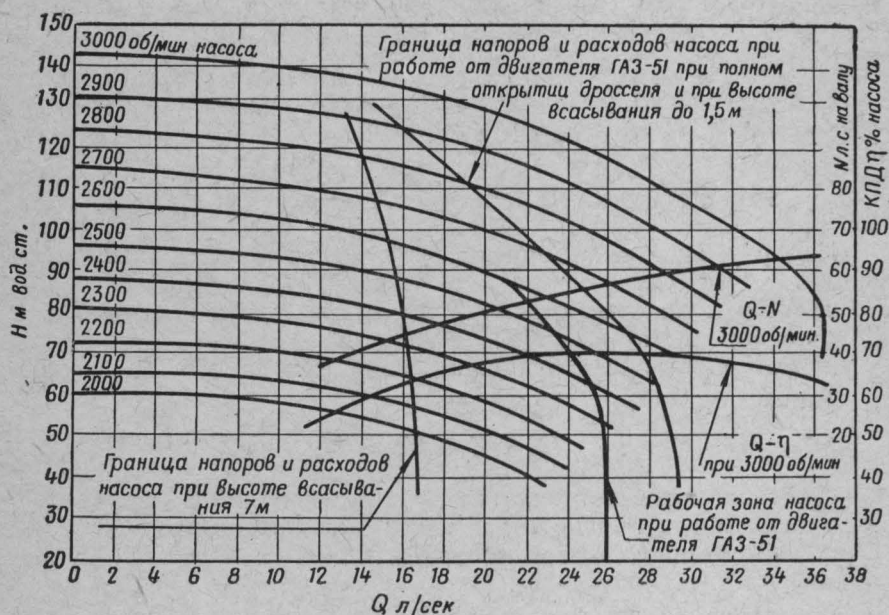


Рис. 160. Характеристика насоса ПН-25А по напорам и расходам ( $Q-H$ ,  $Q-N$  и  $Q-\eta$  сняты при 3000 об/мин насоса на испытательной станции насосного завода имени Калинина;  $Q-H$  на остальных оборотах определены перерасчетом)

Решая эту задачу, руководитель тушения пожара в зависимости от выбранной им схемы разворачивания, определяющей протяженность и вид рукавной системы, обязан наиболее эффективно использовать имеющиеся в его распоряжении передвижные насосы.

Для правильного выполнения этих решений предварительно нужно знать техническую характеристику применяемых для пожаротушения автонасосов и мотопомп. Характеристика распространенного насоса ПН-25А приведена на рис. 160.

## § 1. РАСЧЕТ РУКАВНЫХ СИСТЕМ

Схема прокладки рукавных линий выбирается в зависимости от количества воды, которое необходимо подать к месту пожара, расстояния до водоисточника и мощности автонасосов или мотопомп.

Расчет рукавных систем производится с целью:

а) определения потребного напора у автонасоса, обеспечивающего при заданной рукавной системе получение необходимых рабочих пожарных струй;

б) определения предельной длины рукавной линии при максимальном рабочем напоре автонасоса и выбранной рукавной системе, при которой обеспечивается получение рабочих пожарных струй;

в) определения расходов воды, которые будут при заданных рукавных системах и напорах у автонасосов.

### Определение потребного напора у автонасоса

Напор у насоса  $H_n$  определяется как сумма следующих величин:

а) высоты подъема ствола  $Z$  по отношению к оси насоса;

б) напора у spryska  $H_{cn}$ ;

в) потерь напора в рукавной линии  $h$ .

Таким образом,

$$H_n = Z + H_{cn} + h. \quad (91)$$

При разветвленной системе рукавных линий потери напора в рукавах могут определяться как сумма потерь напора в магистральной линии и потерь напора в линии ответвления (рабочей линии)  $h_p$ , т. е.  $h = h_m + h_p$ .

В этом случае

$$H_n = Z + H_{cn} + h_m + h_p. \quad (92)$$

Напор у spryska  $H_{cn}$  определяется по табл. 17 в зависимости от потребного радиуса действия компактной части струи. Эти значения для более распространенных spryskov приведены в табл. 43.

Потери напора в рукавах определяются по формуле (52)

$$h = snQ^2,$$

Значение сопротивления  $s$  определяется по табл. 13, а значение расхода  $Q$  — по табл. 17 или 43.

Таблица 43

**Зависимость длины компактной части струи от расхода и напора у спырка**

Радиус действия компактной части струи $R$ в м	Диаметр спырка в мм									
	13		16		19		22		25	
	$H_{\text{сп}}$	$Q$	$H_{\text{сп}}$	$Q$	$H_{\text{сп}}$	$Q$	$H_{\text{сп}}$	$Q$	$H_{\text{сп}}$	$Q$
	м	л/сек	м	л/сек	м	л/сек	м	л/сек	м	л/сек
6	8,1	1,7	7,8	2,5	7,7	3,5	7,6	4,6	7,5	5,9
7	9,6	1,8	9,2	2,7	9,0	3,8	8,9	5,0	8,7	6,4
8	11,2	2,0	10,7	2,9	10,4	4,1	10,2	5,4	10,1	6,9
9	13,0	2,1	12,4	3,1	12,0	4,3	11,7	5,8	11,5	7,4
10	15,0	2,3	14,1	3,3	13,6	4,6	13,2	6,1	12,9	7,8
11	16,9	2,4	15,8	3,5	15,2	4,9	14,7	6,5	14,4	8,3
12	19,1	2,6	17,7	3,8	16,9	5,2	16,3	6,8	15,9	8,7
13	21,4	2,7	19,7	4,0	18,7	5,4	18,0	7,2	17,5	9,1
14	23,9	2,9	21,8	4,2	20,6	5,7	19,8	7,5	19,2	9,6
15	26,7	3,0	24,0	4,4	22,6	6,0	21,6	7,8	20,9	10,0
16	29,7	3,2	26,5	4,6	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	28,0	8,9	26,8	11,3
19	41,7	3,8	35,6	5,3	32,5	7,1	30,5	9,3	29,1	11,7
20	46,8	4,0	39,4	5,6	35,6	7,5	33,2	9,7	31,5	12,2
21	53,3	4,3	43,7	5,9	39,1	7,8	36,3	10,1	34,3	12,8
22	60,9	4,6	48,7	6,2	43,1	8,2	39,6	10,6	37,3	13,3
23	70,3	4,9	54,6	6,6	47,6	8,7	43,4	11,1	40,6	13,9
24	82,2	5,3	61,5	7,0	52,7	9,1	47,7	11,7	44,3	14,5
25	98,2	5,8	70,2	7,5	58,9	9,6	52,7	12,2	48,6	15,2

**Пример 1.** Определить напор у автососа ПМЗ-1 при условии: вода подается по рукавной линии, состоящей из 10 непрорезиненных рукавов диаметром 65 мм; спырк диаметром 19 мм расположен на высоте 5 м по отношению к насосу. Необходимо получить струю радиусом действия  $R = 17$  м.

**Решение.** По табл. 43 напор у спырка  $H_{\text{сп}} = 27,1$  м, расход воды  $Q = 6,5$  л/сек.

Потери напора в рукавах

$$h = snQ^2.$$

По табл. 13 для непрорезиненных рукавов диаметром 65 мм  $s = 0,077$ ; подставляя значения, получим

$$h = 0,077 \times 10 \times 6,5^2 = 32,5 \text{ м.}$$

Потребный напор у автососа будет составлять

$$H_{\text{н}} = Z + H_{\text{сп}} + h = 5 + 27,1 + 32,5 = 65,6 \text{ м}$$

или, округленно, 65 м.

Согласно табл. 22, автосос ПМЗ-1 при расходе 6,5 л/сек может создать напор 78 м.



**Пример 2.** Определить напор у автонасоса ПМЗ-1 при условии: вода подается по рукавной системе, состоящей из 8 прорезиненных рукавов магистральной линии диаметром 65 мм и от разветвления — две линии по два непрорезиненных рукава диаметром 50 мм в каждой; спрыски диаметром 16 мм расположены на высоте 4 м по отношению к насосу. Требуется получить струи радиусом действия  $R = 17$  м.

**Решение.** По табл. 43 напор у спрыска  $H_{\text{сп}} = 29,2$  м, расход воды  $Q = 4,8$  л/сек.

Потери напора в рабочей линии

$$h_p = snQ^2.$$

По табл. 13 для непрорезиненных рукавов диаметром 50 мм  $s = 0,3$ ; подставляя значения, получим

$$h_p = 0,3 \times 2 \times 4,8^2 = 13,8 \text{ м.}$$

Потери напора в магистральной линии при расходе  $Q_m = 4,8 + 4,8 = 9,6$  л/сек и значении  $s = 0,035$  (табл. 13) будут

$$h_m = 0,035 \times 8 \times 9,6^2 = 25,8 \text{ м.}$$

Потребный напор у автонасоса будет составлять

$$H_n = Z + H_{\text{сп}} + h_m + h_p = 4 + 29,2 + 25,8 + 13,8 = 72,8 \text{ м}$$

или, округленно, 73 м.

Согласно табл. 22, автонасос ПМЗ-1 при расходе 9,6 л/сек может создать напор 75 м,

## Определение предельной длины рукавной линии

Для определения предельной длины рукавной линии при максимальном рабочем напоре насоса и при заданной рукавной системе поступаем следующим образом.

Из величины напора насоса  $H_n$  вычитаем высоту подъема ствола над осью насоса  $Z$  и напор у спрыска  $H_{\text{сп}}$ . Остаток напора таким образом и может быть использован для покрытия потерь напора в рукавной линии, т. е.

$$h = H_n - Z - H_{\text{сп}}.$$

Из формулы потерь напора (52)

$$h = snQ^2$$

определяем количество рукавов

$$n = \frac{h}{sQ^2}.$$

**Пример 1.** Подача воды производится от автонасоса ПМЗ-1. Напор на насосе 75 м. Диаметр спрыска 19 мм. Рукава непрорезиненные диаметром 65 мм. Высота подъема ствола над осью насоса 6 м. Требуется струя радиусом действия  $R = 17$  м. Определить предельную длину рукавной линии.

**Решение.** По табл. 43 напор у спрыска  $H_{\text{сп}} = 27,1$  м, а расход воды — 6,5 л/сек.

Располагаемый напор на преодоление трения в рукавах будет равен

$$h = H_n - Z - H_{\text{сп}} = 75 - 6 - 27,1 = 41,9 \text{ м,}$$

Количество рукавов в линии

$$n = \frac{h}{sQ^2} = \frac{41,9}{0,077 \times 6,5^2} = \frac{41,9}{3,25} = 13 \text{ рукавов.}$$

**Пример 2.** Подача воды производится от автонасоса ПМЗ-1. Напор на насосе 70 м. Рукавная система состоит из магистральной линии, состоящей из прорезиненных рукавов диаметром 65 мм и от разветвления — две линии по два непрорезиненных рукава диаметром 50 мм в каждой. Спрыски диаметром 16 мм расположены на высоте 4 м от оси насоса. Требуется струи радиусом действия  $R = 17$  м.

Определить предельную длину магистральной линии.

Решение. По табл. 43 напор у спрыска  $H_{\text{сп}} = 29,2$  м, а расход воды 4,8 л/сек.

Потери напора в рабочей линии

$$h_p = snQ^2 = 0,3 \times 2 \times 4,8^2 = 13,8 \text{ м.}$$

Располагаемый напор на преодоление трения в рукавах магистральной линии будет равен

$$h_m = H_n - Z - H_{\text{сп}} - h_p = 70 - 4 - 29,2 - 13,8 = 23 \text{ м.}$$

Количество рукавов в магистральной линии при расходе воды 9,6 л/сек

$$n = \frac{h_m}{sQ^2} = \frac{23}{0,035 \times 9,6^2} = \frac{23}{3,2256} = 7 \text{ рукавов.}$$

### Определение величины расхода воды

В выражении, определяющем величину напора у автонасоса, представленном в виде формулы

$$H_n = Z + H_{\text{сп}} + h,$$

представим

$$H_{\text{сп}} = s_{\text{сп}}Q^2 \quad (58)$$

и

$$h = s_p n Q^2. \quad (52)$$

Получим

$$H_n = Z + s_{\text{сп}}Q^2 + s_p n Q^2.$$

Из данного выражения определим значение расхода воды:

$$Q = \sqrt{\frac{H_n - Z}{s_{\text{сп}} + s_p n}}. \quad (93)$$

Значение сопротивлений спрыска находим в табл. 15 и сопротивлений рукавов — в табл. 13.

**Пример 1.** Определить расход воды из спрыска диаметром 19 мм. Напор у насоса ПМЗ-1 70 м. Высота подъема ствола над осью насоса 6 м. Рукавная линия из 10 непрорезиненных рукавов диаметром 65 мм.

Решение. Согласно табл. 15 сопротивление спрыска диаметром 19 мм  $s_{\text{сп}} = 0,634$ .

Согласно табл. 13 сопротивление одного непрорезиненного рукава диаметром 65 мм  $s_p = 0,077$ , а 10 рукавов  $s_p n = 0,77$ .

Из выражения

$$Q = \sqrt{\frac{H_n - Z}{s_{\text{сп}} + s_p n}}$$

получим

$$Q = \sqrt{\frac{70 - 6}{0,634 + 0,77}} = 6,7 \text{ л/сек.}$$

При расходе воды из спрыска 19 мм в количестве 6,7 л/сек получаем радиус действия струи  $R = 18 \text{ м.}$

При разветвленной системе рукавных линий напор у насоса определяется из выражения

$$H_n = Z + H_{\text{сп}} + h_m + h_p.$$

Расход воды в ответвленной линии будет равен  $Q$ ; тогда расход воды в магистральной линии при двух ответвленных линиях будет равен  $2Q$ , а при трех ответвленных линиях —  $3Q$ .

Подставив в представленное выражение значения

$$H_{\text{сп}} = s_{\text{сп}} Q^2;$$

$$h_p = s_p Q^2 n_p;$$

$$h_m = s_m 4Q^2 n_m \text{ (для системы с двумя ответвлениями),}$$

получим

$$H_n = Z + s_{\text{сп}} Q^2 + s_m 4Q^2 n_m + s_p Q^2 n_p.$$

Из данного выражения определяем значение расхода воды:

$$Q = \sqrt{\frac{H_n - Z}{s_{\text{сп}} + 4s_m n_m + s_p n_p}}. \quad (94)$$

Соответственно для систем с тремя ответвлениями имеем

$$Q = \sqrt{\frac{H_n - Z}{s_{\text{сп}} + 9s_m n_m + s_p n_p}}. \quad (95)$$

**Пример 2.** Определить расход воды из спрысков диаметром 16 мм. Напор у насоса ПМЗ-1 70 м. Высота подъема стволов над осью насоса 4 м. Рукавная система состоит из 7 прорезиненных рукавов диаметром 65 мм в магистральной линии и двух разветвленных линий из двух непрорезиненных рукавов диаметром 50 мм в каждой.

**Решение.** Согласно табл. 15 сопротивление спрыска диаметром 16 мм  $s_{\text{сп}} = 1,26$ . Согласно табл. 13 сопротивление одного прорезиненного рукава диаметром 65 мм  $s_m = 0,035$ , а непрорезиненного рукава диаметром 50 мм  $s_p = 0,3$ .

Подставляя эти значения в выражение

$$Q = \sqrt{\frac{H_n - Z}{s_{\text{сп}} + 4s_m n_m + s_p n_p}},$$

получим

$$Q = \sqrt{\frac{70 - 4}{1,26 + 4 \times 0,035 \times 7 + 0,3 \times 2}} = \sqrt{\frac{66}{2,84}} = \sqrt{23,24} = 4,8 \text{ л/сек.}$$

**Пример 3.** Определить расход воды из спрысков диаметром 13 мм. Напор у насоса ПМЗ-1 70 м. Высота подъема стволов над осью насосов 5 м. Рукав-

ная система состоит из 10 прорезиненных рукавов диаметром 76 мм в магистральной линии и трех разветвленных линий из двух непрорезиненных рукавов диаметром 50 мм в каждой.

Решение. Согласно табл. 15 сопротивление spryska диаметром 13 мм  $s_{сп} = 2,89$ . Согласно табл. 13 сопротивление прорезиненного рукава диаметром 76 мм  $s_m = 0,015$ , а непрорезиненного рукава диаметром 50 мм  $s_p = 0,3$ .

Подставляя эти значения в выражение

$$Q = \sqrt{\frac{H_n - Z}{s_{сп} + 9s_m n_m + s_p n_p}},$$

получим

$$Q = \sqrt{\frac{70 - 5}{2,89 + 9 \times 0,015 \times 10 + 0,3 \times 2}} = \sqrt{\frac{65}{4,84}} = \sqrt{13,43} = 3,6 \text{ л/сек.}$$

## Расчеты сложных рукавных систем

Расчет сложных рукавных систем рассмотрим на следующих примерах.

**Пример 1.** Две линии от автонасоса: одна без разветвления, другая с разветвлением на две ветви (рис. 161). Дано: автонасос ПМЗ-1; линия I без разветвления состоит из 10 непрорезиненных рукавов диаметром 65 мм, sprysk

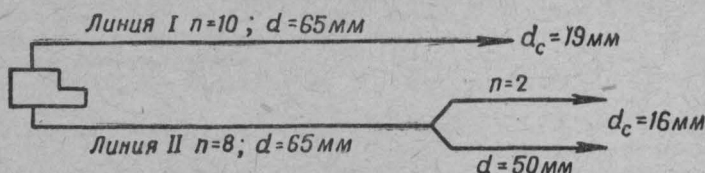


Рис. 161. Схема рукавной системы

19 мм, ствол расположен на высоте 4 м. Линия II имеет магистраль, состоящую из 8 прорезиненных рукавов диаметром 65 мм и от разветвления — две линии из непрорезиненных рукавов диаметром 50 мм длиной по 2 рукава в каждой. Spryski 16-мм. Высота подъема стволов 6 м.

Требуется найти напор у автонасоса, исходя из условия, чтобы радиус действия компактных струй был не меньше 15 м.

Решение. Определяем потребный напор у автонасоса для линии с разветвлением. По табл. 43 при радиусе действия  $R = 15$  м напор у spryska  $H_{сп} = 24$  м, расход воды  $Q = 4,4$  л/сек. Потери напора в рабочей линии  $h_p = snQ^2$ . По табл. 13 для непрорезиненных рукавов диаметром 50 мм  $s = 0,3$ . Подставляя значения, получим

$$h_p = 0,3 \times 2 \times 4,4^2 = 11,6 \text{ м.}$$

Потери напора в магистральной линии при расходе воды  $Q_m = 4,4 + 4,4 = 8,8$  л/сек и значении  $s_m = 0,035$  (табл. 13) будут

$$h_m = 0,035 \times 8 \times 8,8^2 = 21,7 \text{ м.}$$

Потребный напор у автонасоса будут составлять

$$H_n = Z + H_{сп} + h_m + h_p = 6 + 24 + 11,6 + 21,7 = 63,3 \text{ м.}$$

Определяем расход воды из spryska второй линии из расчета напора у насоса 63,3 м.

$$Q_2 = \sqrt{\frac{H_n - Z}{s_{сп} + s_p n_p}}$$



Подставив значения  $s_{\text{сп}} = 0,634$  (табл. 15) и  $s_p = 0,077$  (табл. 13), получим

$$Q_2 = \sqrt{\frac{63,3 - 4}{0,634 + 0,077 \times 10}} = \sqrt{42,24} = 6,5 \text{ л/сек.}$$

Для spryska диаметром 19 мм с расходом 6,5 л/сек радиус действия струи  $R = 17$  м (табл. 43).

Общий расход воды, подаваемой насосом, равен  $4,4 + 4,4 + 6,5 = 15,3$  л/сек.

Автонасос ПМЗ-1 при расходе 15 л/сек может создать напор 64 м (табл. 22).

В данном примере потребный напор 63,3 м.

**Пример 2.** Одна магистральная линия от автонасоса имеет две рабочие линии разной длины при расположении стволов на различной высоте (рис. 162).



Рис. 162. Схема рукавной системы

Дано: автонасос ПМЗ-1; магистральная линия состоит из 6 прорезиненных рукавов диаметром 65 мм; рабочая линия I состоит из 3 непрорезиненных рукавов диаметром 50 мм, ствол со sprysком диаметром 13 мм расположен на высоте 8 м; рабочая линия II состоит из одного непрорезиненного рукава диаметром 50 мм, ствол со sprysком диаметром 16 мм расположен на высоте 4 м.

Требуется определить напор у автонасоса, обеспечивающий получение струй радиусом действия не менее 15 м.

**Решение.** Определяем потребный напор у автонасоса для линии I (так как она находится в наиболее неблагоприятных условиях).

При радиусе действия  $R = 15$  м напор у sprysка  $H_{\text{сп}} = 26,7$  м, расход воды  $Q = 3$  л/сек (табл. 43). Потери напора в рабочей линии  $h_p = snQ^2 = 0,3 \times 3 \times 3^2 = 8,1$  м. Напор у разветвления  $H_p = Z + H_{\text{сп}} + h_p = 8 + 26,7 + 8,1 = 42,8$  м.

Определяем расход из sprysка линии II при условии напора у разветвления  $H_p = 42,8$  м

$$Q_2 = \sqrt{\frac{H_p - Z}{s_{\text{сп}} + s_p n}} = \sqrt{\frac{42,8 - 4}{1,26 + 0,3}} = \sqrt{\frac{38,8}{1,56}} = \sqrt{24,87} = 5 \text{ л/сек.}$$

Расход в магистрали  $3 + 5 = 8$  л/сек. Потери напора в магистрали  $h_m = snQ^2 = 0,035 \times 6 \times 8^2 = 13,44$  м. Напор у автонасоса  $H_n = 42,8 + 13,44 = 56,24$  м.

**Пример 3.** Различные длины рукавных линий, различные высоты подъема и диаметры sprysков (рис. 163).

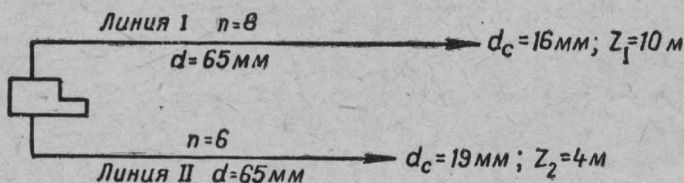


Рис. 163. Схема рукавной системы

Дано: автонасос ПМЗ-1; рукава прорезиненные диаметром 65 мм; линия I состоит из 8 рукавов, спрыск диаметром 16 мм, ствол расположен на высоте 10 м; линия II состоит из 6 рукавов, спрыск диаметром 19 мм, ствол расположен на высоте 4 м. Радиус действия струй должен быть не менее 17 м.

Решение. Определяем потребный напор у автонасоса для линии I. При радиусе действия  $R = 17$  м напор у спрыска диаметром 16 мм  $H_{сп} = 29,2$  м, расход  $Q = 4,8$  л/сек (табл. 43). Потери напора в рукавной линии  $h_p = snQ^2 = 0,035 \times 8 \times 4,8^2 = 6,5$  м. Напор у насоса  $H_n = 29,2 + 6,5 + 10 = 46,7$  м.

Определяем расход воды из спрыска диаметром 19 мм в линии II при напоре у автонасоса 46,7 м

$$Q_2 = \sqrt{\frac{H_n - Z}{s_{сп} + s_p n}} = \sqrt{\frac{46,7 - 4}{0,634 + 0,035 \times 6}} = \sqrt{\frac{42,7}{0,844}} = \sqrt{50,59} = 7,1 \text{ л/сек.}$$

Радиус действия струи при расходе 7,1 л/сек из спрыска диаметром 19 мм:  $R = 19$  м (табл. 43).

### Последовательная работа насосов (перекачка)

В тех случаях, когда источник находится на большом расстоянии или имеется слишком большой подъем до места тушения пожара и напор, создаваемый одним насосом, недостаточен, приходится устанавливать последовательно несколько насосов, следующих один за другим.

При такой работе насосов могут быть следующие случаи:

1. Перекачка воды с промежуточным баком, когда насос находится на линии перекачки и подает воду в специальный бак, из которого забирает воду следующий по ходу воды насос.

2. Перекачка воды непосредственно из насоса в насос, когда рукавные линии, идущие от предыдущего насоса, присоединяются к всасывающему патрубку следующего насоса.

3. Перекачка воды наливом в бак автоцистерны, насос которой подает воду по рукавным линиям в следующую автоцистерну.

Наиболее надежным является первый способ перекачки (с промежуточными баками), так как при этом способе легко регулировать подачу воды насосами путем наблюдения за наполнением баков водой. Кроме того, при поступлении воды в бак „на излив“ полностью используется напор насоса, работающего в перекачку.

При втором способе в конце каждой рукавной линии перед насосом должен поддерживаться избыточный напор для того, чтобы рукава не сплющивались, особенно в том случае, если число оборотов следующего по ходу воды насоса будет увеличено.

При решении задачи на перекачку воды к месту пожара обычно известно: расход воды, необходимый для тушения пожара; потребный напор насоса при данном расходе; типы рукавов и насосов, имеющихся в распоряжении, а также расстояние от места пожара до источника и высота подъема воды до уровня расположения стволов.

В этом случае решение вопроса о подаче воды с перекачкой сводится к определению необходимого напора для подачи воды к месту пожара и, на основании этого напора, — к определению числа насосов и их местоположения.

**Пример.** Дано: расстояние от места пожара до источника составляет 1200 м с равномерным подъемом, равным 12 м; подъем стволов у места пожара 6 м; подача воды предполагается по одной линии по прорезиненным рукавам диаметром 65 мм; автонасосы ПМЗ-1. Радиус действия струи из spryska диаметром 19 мм должен быть равен 17 м.

Решение. По табл. 43 находим расход воды  $Q = 6,5$  л/сек и напор у spryska  $H_{\text{сп}} = 27,1$  м. Потери напора в рукавной линии  $h_p = snQ^2$ . Согласно табл. 13  $s = 0,035$ . Количество рукавов  $n = 1200 : 20 = 60$  плюс 2 рукава для маневрирования, всего 62 рукава. Отсюда

$$h_p = 0,035 \times 62 \times 6,5^2 = 91,7 \text{ м.}$$

Необходимый напор  $H = Z + H_{\text{сп}} + h_p$ :

$$H = 12 + 6 + 27,1 + 91,7 = 136,8 \text{ м.}$$

Согласно табл. 22 автонасос ПМЗ-1 при расходе 6,5 л/сек может создать напор 78 м. Отсюда для подачи воды потребуется два автонасоса.

Учитывая, что на один рукав потери напора  $h_1 = 0,035 \times 6,5^2 = 1,47875$  м и подъем воды на расстоянии 20 м (один рукав)  $Z_1 = \frac{12 \times 20}{1200} = 0,2$  м, определим общие потери на один рукав:

$$h_1 + Z = 1,67875 \text{ м.}$$

Отсюда при напоре у автонасоса  $H_{\text{н}} = 75$  м получим  $n = \frac{75}{1,67875} = 45$  рукавов, т. е. 900 м.

В результате получаем, что насос, установленный у источника, работает с напором 7,5 ат и подает воду на расстояние 900 м, а второй насос, установленный на расстоянии 300 м от места тушения пожара, работает с напором 6,5 ат.

## Параллельная работа насосов

Параллельная работа насосов применяется для подачи воды к стволам с большим диаметром spryskov (лафетным стволам).

Обычно применяются лафетные стволы со spryskami диаметром 28, 32, 36, 40 и 44 мм.

Для определения расхода воды и напора у spryska пользуются табл. 44 и 45.

Таблица 44

Зависимость сопротивления spryska от его диаметра

Диаметр spryska в мм . . . . .	28	32	36	40	44
Сопротивление spryska . . . . .	0,134	0,0788	0,0492	0,0323	0,022

Задаваясь напором у sprыска, можно определить расход воды из sprыска, пользуясь формулой

$$Q = \sqrt{\frac{H_{\text{сп}}}{\xi_{\text{сп}}}}$$

Таблица 45

**Расход воды (в л/сек) в зависимости от напора у sprыска и его диаметра**

Напор у sprыска в м	Диаметр sprыска в мм				
	28	32	36	40	44
25	13,7	17,8	22,5	27,8	33,7
30	15,0	19,9	24,9	30,8	37,2
35	16,3	21,3	26,9	33,2	40,0
40	17,4	22,8	28,7	35,5	42,8
45	18,4	24,0	30,4	37,5	45,2
50	19,3	25,2	31,9	39,5	47,6
55	20,3	26,6	33,4	41,5	50,2
60	21,3	27,8	34,9	43,5	52,5

Подача воды к лафетному стволу может быть осуществлена по схемам, приведенным на рис. 164, а, б и в. Рассмотрим подачу воды к лафетным стволам применительно к этим схемам.

1. *Подача воды к лафетному стволу по двум линиям от одного насоса (рис. 164, а).*

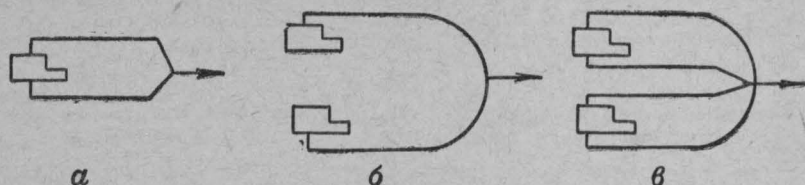


Рис. 164. Схемы подачи воды к лафетному стволу:

а — по двум линиям от одного насоса; б — двумя автономными на один ствол по одной рукавной линии от каждого насоса; в — двумя автономными на один ствол по двум рукавным линиям от каждого насоса

**Пример 1.** Подача воды к лафетному стволу производится от автономного ПМЗ-1 по двум рукавным линиям из прорезиненных рукавов диаметром 76 мм. Каждая линия состоит из 10 рукавов. Диаметр sprыска 28 мм. Требуется определить напор у автономного для получения струи с напором у sprыска 40 м.

**Решение.** По табл. 45 определяем расход воды из sprыска диаметром 28 мм при напоре у sprыска 40 м.  $Q = 17,4$  л/сек.

По каждой линии от автономного пойдет половина расхода, т. е.

$$\frac{17,4}{2} = 8,7 \text{ л/сек.}$$



Потери напора в каждой из линий будут равны  $h_p = s_p n Q^2$ . Для прорезиненных рукавов диаметром 76 мм  $s_p = 0,015$ . Отсюда

$$h_p = 0,015 \times 10 \times 8,7^2 = 11,4 \text{ м.}$$

Необходимый напор у автонасоса равен

$$H_n = 40 + 11,4 = 51,4 \text{ м.}$$

Согласно табл. 22 при расходе воды 17,4 л/сек напор у насоса ПМЗ-1 может быть 58 м.

**Пример 2.** При том же условии задачи требуется определить предельное расстояние от автонасоса до лафетного ствола, если напор у насоса ПМЗ-1 равен 58 м.

**Решение.** Определяем напор, который можно потратить на преодоление трения в рукавах:

$$h = 58 - 40 = 18 \text{ м.}$$

Величина потерь напора на один прорезиненный рукав диаметром 76 мм при расходе 8,7 л/сек будет равна

$$h_p = s_p Q^2 = 0,015 \times 8,7^2 = 1,135 \text{ м.}$$

Тогда предельное число рукавов в каждой из линий будет равно

$$\frac{18}{1,135} = 17.$$

**2. Подача воды двумя автонасосами на один лафетный ствол по одной рукавной линии от каждого насоса (рис. 164, б).**

**Пример 3.** Подача воды к лафетному стволу производится от двух насосов ПМЗ-1. От каждого насоса проложено по одной рукавной линии, состоящей из 10 прорезиненных рукавов диаметром 76 мм. Диаметр спрыска 32 мм.

Требуется определить напор у насоса для получения струи с напором у спрыска 45 м.

**Решение.** По табл. 45 определяем расход воды из спрыска диаметром 32 мм при напоре у спрыска 45 м.  $Q = 24$  л/сек.

На одну линию приходится 12 л/сек.

Потери напора в каждой из линий будут равны

$$h_p = s_p n Q^2 = 0,015 \times 10 \times 12^2 = 21,6 \text{ м.}$$

Следовательно, напор у автонасоса должен быть равен

$$H_n = 45 + 21,6 = 66,6 \text{ м.}$$

Согласно табл. 22 при расходе воды 12 л/сек напор у насоса ПМЗ-1 может быть 70 м.

**3. Подача воды двумя автонасосами на один лафетный ствол по двум рукавным линиям от каждого насоса (рис. 164, в).**

**Пример 4.** Подача воды к лафетному стволу производится от двух насосов ПМЗ-1. От каждого насоса проложено по две рукавные линии, состоящие из 10 прорезиненных рукавов диаметром 76 мм. Диаметр спрыска 36 мм. Требуется определить напор у насоса для получения струи с напором у спрыска 45 м.

Решение. По табл. 45 определяем расход из спрыска.  $Q = 30,4$  л/сек. Следовательно, на одну линию приходится

$$\frac{30,4}{4} = 7,6 \text{ л/сек,}$$

а на каждый насос 15,2 л/сек.

Потери напора в каждой из линий будут равны

$$h_p = s_p n Q^2 = 0,015 \times 10 \times 7,6^2 = 9,2 \text{ м.}$$

Следовательно, напор у автонасоса должен быть равен

$$H_n = 45 + 9,2 = 54,2 \text{ м.}$$

Согласно табл. 22 напор у насоса ПМЗ-1 при расходе 15 л/сек может быть 64 м.

### Расчет рукавных систем по методу, предложенному Н. М. Дьяковым

Для определения расхода воды у насоса, получаемого из определенной рукавной системы по заданному напору, обычно пользуются формулами, требующими вычисления квадратных корней, что несколько усложняет решение задачи.

Метод, предложенный Н. М. Дьяковым, исключает необходимость вычисления квадратных корней, в чем его некоторое преимущество. Рассмотрим этот метод расчета.

Напор на насосе определяется из выражения

$$H_n = H_c + h + Z, \quad (96)$$

где  $H_c$  — напор у спрыска;

$h$  — потери напора в рукавах;

$Z$  — геодезическая высота подъема ствола по отношению к оси насоса.

Потери напора в рукавах определяются по формуле

$$h = s_p n Q^2,$$

а напор у спрыска

$$H_c = s_{сн} Q^2$$

или отсюда

$$Q^2 = \frac{H_c}{s_{сн}},$$

где  $s_p$  — сопротивление рукава (см. табл. 13);

$n$  — количество рукавов;

$Q$  — расход воды из спрыска;

$s_{сн}$  — сопротивление спрыска (см. табл. 15).

В выражение (96) вместо  $h$  подставим его значение; тогда

$$H_n = H_{\text{сп}} + s_p n Q^2 + Z.$$

Заменив в этом выражении  $Q^2$  его значением  $\frac{H_{\text{сп}}}{s_{\text{сп}}}$ , получим

$$H_n = H_{\text{сп}} + \frac{s_p}{s_{\text{сп}}} n H_{\text{сп}} + Z.$$

Обозначим  $\frac{s_{\text{сп}}}{s_p}$  через коэффициент  $a$  и подставим его в это выражение; тогда

$$H_n = H_{\text{сп}} + \frac{n}{a} H_{\text{сп}} + Z.$$

Отсюда

$$H_n = \left( \frac{n}{a} + 1 \right) H_{\text{сп}} + Z. \quad (97)$$

Определим из этого уравнения значение напора у спыска

$$H_{\text{сп}} = \frac{H_n - Z}{\frac{n}{a} + 1}. \quad (98)$$

Выражение (98) позволяет производить вычисления напора у спыска по заданным напорам у насоса и рукавной системы, определив предварительно коэффициент  $a$ .

При разветвленной рукавной системе

$$H_m = H_{\text{сп}} + h_m + h_p + Z,$$

где  $h_m$  — потери напора в магистральной линии;  
 $h_p$  — потери напора в рабочей линии.

Решая это выражение предыдущим способом, получим

$$H_n = \left( \frac{n_p}{a_p} + \frac{K n_m}{a_m} + 1 \right) H_{\text{сп}} + Z, \quad (99)$$

и

$$H_{\text{сп}} = \frac{H_n - Z}{\frac{n_p}{a_p} + \frac{K n_m}{a_m} + 1}, \quad (100)$$

где  $K$  при двух линиях от разветвления равно 4 и при трех линиях равно 9;

$a_p$  и  $a_m$  — коэффициенты для соответствующих рукавов.  
 Значение коэффициента  $a$  приведено в табл. 46.

Значение коэффициента  $a$ 

Материал рукава	Диаметр рукава в мм	Диаметр spryska в мм					
		13	16	19	22	25	28
Прорезиненные	50	19,3	8,4	—	—	—	—
	65	82,6	36	18,1	10	6	3,8
	76	192,7	84	42,3	23,5	14	8,9
Непрорезиненные	50	9,6	4,2	—	—	—	—
	65	38,8	16,4	8,2	4,6	2,7	1,8
	76	96,3	42	21,1	11,7	7	4,5

**Пример 1.** Дано: автонасос ПМЗ-1 имеет напор у насоса 70 м; вода подается по рукавной линии, состоящей из 10 непрорезиненных рукавов диаметром 65 мм; ствол расположен на высоте 4 м по отношению к насосу, sprysk диаметром 19 мм. Определить напор у spryska, расход из spryska и радиус действия струи.

**Решение.** Определяем напор у spryska по формуле (98):

$$H_{\text{сп}} = \frac{H_{\text{н}} - Z}{\frac{n}{a} + 1}.$$

По табл. 46 определяем  $a = 8,2$ . Подставив значения, получим

$$H_{\text{сп}} = \frac{70 - 4}{\frac{10}{8,2} + 1} = \frac{66}{2,22} = 29,7 \text{ м.}$$

По табл. 43 определяем расход воды из spryska и радиус действия струи при напоре у spryska 29,7 м.

$$Q = 6,8 \text{ л/сек; } R = 18 \text{ м.}$$

**Пример 2.** Дано: автонасос ПМЗ-1 имеет напор у насоса 70 м; вода подается по магистральной линии, состоящей из 8 прорезиненных рукавов диаметром 65 мм; от разветвления две рабочие линии по два непрорезиненных рукава диаметром 50 мм; стволы со sprysками диаметром 16 мм расположены на высоте 6 м от уровня насоса.

Определить напор у spryska, расход воды из spryska и радиус действия струи.

**Решение.** Определяем напор у spryska по формуле (100):

$$H_{\text{сп}} = \frac{H_{\text{н}} - Z}{\frac{n_{\text{р}}}{a_{\text{р}}} + \frac{Kn_{\text{м}}}{a_{\text{м}}} + 1},$$

По табл. 46 определяем: для рабочей линии  $a_{\text{р}} = 4,2$ , для магистральной линии  $a_{\text{м}} = 36$ . Для магистральной линии с двумя разветвленными линиями  $K = 4$ . Подставив значения, получим

$$H_{\text{сп}} = \frac{70 - 6}{\frac{2}{4,2} + \frac{4 \times 8}{36} + 1} = \frac{64}{2,365} = 27 \text{ м.}$$

По табл. 43  $Q = 4,6 \text{ л/сек; } R = 16 \text{ м.}$



**Пример 3.** Дано: автонасос ПМЗ-1 имеет напор у насоса 60 м; от автонасоса проложено две линии (см. рис. 161) — первая линия состоит из 10 непрорезиненных рукавов диаметром 65 мм, ствол со спыском диаметром 19 мм расположен на уровне насоса; вторая линия состоит из магистрали в количестве 8 прорезиненных рукавов диаметром 65 мм и двух рабочих линий от разветвления, состоящих из двух непрорезиненных рукавов диаметром 50 мм в каждой, стволы со спысками диаметром 16 мм расположены на высоте 2 м по отношению к насосу.

Определить напоры у спысков, расходы и радиусы действия струй.

Решение. Определяем напор у спыска для первой линии по формуле (98):

$$H_{\text{сп}} = \frac{H_{\text{н}} - Z}{\frac{n}{a} + 1}.$$

По табл. 46 определяем:  $a = 8,2$ . Подставив значения, получим

$$H_{\text{сп}} = \frac{60}{\frac{10}{8,2} + 1} = \frac{60}{2,22} = 27 \text{ м.}$$

По табл. 43 определяем, что при напоре у спыска 27 м  $Q = 6,5 \text{ л/сек}$ ,  $R = 17 \text{ м}$ .

Для второй линии напор у спысков определяем по формуле (100)

$$H_{\text{сп}} = \frac{H_{\text{н}} - Z}{\frac{n_{\text{р}}}{a_{\text{р}}} + \frac{Kn_{\text{м}}}{a_{\text{м}}} + 1}.$$

По табл. 46  $a_{\text{р}} = 4,2$  и  $a_{\text{м}} = 36$ . Для магистральной линии с двумя рабочими линиями  $K = 4$ .

Подставив значения, получим

$$H_{\text{сп}} = \frac{60 - 3}{\frac{2}{4,2} + \frac{4 \times 8}{36} + 1} = \frac{57}{2,365} = 24,1 \text{ м.}$$

По табл. 43 при напоре у спыска 24 м  $Q = 4,4 \text{ л/сек}$ ;  $R = 15 \text{ м}$ .

**Пример 4.** Дано: автонасос ПМЗ-1 имеет напор у насоса 50 м; от насоса проложено две линии (см. рис. 163) из прорезиненных рукавов диаметром 65 мм — первая линия состоит из 8 рукавов, ствол со спыском диаметром 16 мм расположен на высоте 10 м по отношению к насосу; вторая линия состоит из шести рукавов и ствол ее со спыском диаметром 19 мм расположен на высоте 4 м.

Определить напоры у спысков, расходы и радиусы действия струй.

Решение. Определяем напор у спыска для первой линии по формуле (98):

$$H_{\text{сп}} = \frac{H_{\text{н}} - Z}{\frac{n}{a} + 1}.$$

По табл. 46  $a = 36$ ; отсюда

$$H_{\text{сп}} = \frac{50 - 10}{\frac{8}{36} + 1} = \frac{40}{1,222} = 32,7 \text{ м.}$$

По табл. 43 при напоре у спыска 32,2 м  $Q = 5,1$  л/сек;  $R = 18$  м.  
 Для второй линии коэффициент  $a = 18,1$  (табл. 46).  
 Подставив значения, получим

$$H_{\text{сп}} = \frac{50 - 4}{\frac{6}{18,1} + 1} = \frac{46}{1,331} = 34,5 \text{ м.}$$

По табл. 43 при напоре у спыска 34,5 м  $Q = 7,4$  л/сек;  $R \approx 20$  м.  
 Пользуясь формулами (97)

$$H_{\text{н}} = \left( \frac{n}{a} + 1 \right) H_{\text{сп}} + Z$$

и (99)

$$H_{\text{н}} = \left( \frac{n_{\text{р}}}{a_{\text{р}}} + \frac{Kn_{\text{м}}}{a_{\text{м}}} + 1 \right) H_{\text{сп}} + Z,$$

можно вычислить напор у автонасоса при заданной рукавной системе и напору у спыска.

**Пример 5.** Дано: одна магистральная линия от автонасоса имеет две рабочие линии разной длины, при расположении стволов на различной высоте (см. рис. 162); магистральная линия состоит из 6 прорезиненных рукавов диаметром 65 мм; первая рабочая линия состоит из трех непрорезиненных рукавов диаметром 50 мм, ствол со спыском диаметром 13 мм расположен на высоте 8 м; вторая рабочая линия состоит из одного непрорезиненного рукава диаметром 50 мм, ствол со спыском диаметром 16 мм расположен на высоте 4 м.

Определить напор у автонасоса, обеспечивающий получение струй радиусом действия не менее 15 м.

**Решение.** Определяем потребный напор у автонасоса для первой линии (так как она находится в наиболее неблагоприятных условиях).

При радиусе действия  $R = 15$  м напор у спыска  $H_{\text{сп}} = 26,7$  м, расход воды  $Q = 3$  л/сек (табл. 43). Предварительно находим напор у разветвления, обеспечивающий данную струю:

$$H_{\text{р}} = \left( \frac{n_1}{a_1} + 1 \right) H'_{\text{сп}} + Z_1.$$

По табл. 46  $a_1 = 9,6$ . Подставив значения, получим

$$H_{\text{р}} = \left( \frac{3}{9,6} + 1 \right) 26,7 + 8 = 43 \text{ м.}$$

По напору у разветвления определяем напор у спыска:

$$H_{\text{сп}} = \frac{H_{\text{р}} - Z_2}{\frac{n_2}{a_2} + 1}; \quad a_2 = 4,2;$$

$$H_{\text{сп}} = \frac{43 - 4}{\frac{1}{4,2} + 1} = 31,5 \text{ м.}$$

По табл. 43 определяем расход для напора у спыска 31,5 м:  $Q = 5$  л/сек. Общий расход по магистральной линии будет равен 8 л/сек.

Потери напора в магистральной линии определяем по формуле

$$h_{\text{м}} = snQ^2.$$

Подставляя значения, получим

$$h_m = 0,035 \times 6 \times 64 = 13,4 \text{ м.}$$

Напор у насоса

$$H_n = H_p + h_m = 43 + 13,4 = 56,4 \text{ м.}$$

**Пример 6.** Дано: от автонасоса проложена магистральная линия из 6 про-резиненных рукавов диаметром 65 мм; у разветвления установлен пеногенератор ПГ-25 с одной пенной линией и проложена одна линия из двух непро-резиненных рукавов диаметром 50 мм для подачи воды; ствол со спрыском диаметром 16 мм расположен на уровне насоса.

Определить напор у насоса, обеспечивающий работу пеногенератора, при условии: напор у пеногенератора 40 м, расход воды на получение пены 5 л/сек.

**Решение.** Определяем напор у спрыска и расход воды

$$H_{сп} = \frac{H_p - Z}{\frac{n}{a} + 1}; \quad a = 4,2; \quad Z = 0.$$

Подставив значения, получим

$$H_{сп} = \frac{40}{\frac{2}{4,2} + 1} = 27,1 \text{ м.}$$

По табл. 43 определяем расход:  $Q = 4,6 \text{ л/сек}$  при напоре у спрыска 27,1 м. Общий расход воды в магистральной линии  $5 + 4,6 = 9,6 \text{ л/сек}$ .

Потери напора в магистрали  $h = snQ^2$ ;  $s = 0,035$  (табл. 13).

Подставив значения, получим

$$h = 0,035 \times 6 \times 9,6^2 = 19,4 \text{ м.}$$

Напор у насоса

$$H_n = H_p + h = 40 + 19,4 = 59,4 \text{ м.}$$

### *Определение предельной длины рукавной линии*

Решив уравнение (97)

$$H_n = \left( \frac{n}{a} + 1 \right) H_{сп} + Z$$

в отношении  $n$ , получим

$$n = \left( \frac{H_n - Z}{H_{сп}} - 1 \right) a, \quad (101)$$

где  $n$  — предельное число рукавов в линии;

$a$  — коэффициент для данных рукавов (табл. 46);

$H_n$  — напор у насоса;

$H_{сп}$  — напор у спрыска;

$Z$  — геодезическая высота подъема ствола по отношению к насосу.

Для рукавных систем с разветвленными линиями, решая уравнение (99)

$$H_n = \left( \frac{n_p}{a_p} + \frac{Kn_m}{a_m} + 1 \right) H_{сп} + Z$$

в отношении  $n_m$ , получим

$$n_m = \left( \frac{H_n - Z}{H_{сп}} - \frac{n_p}{a_p} - 1 \right) \frac{a_m}{K}, \quad (102)$$

где  $n_m$  — предельное число рукавов в магистральной линии;  
 $n_p$  — число рукавов в рабочей линии;  
 $a_p$  — коэффициент для рукавов рабочей линии (табл. 46);  
 $a_m$  — коэффициент для рукавов в магистральной линии;  
 $K$  — коэффициент, равный 4 для разветвленной на две линии и равный 9 для разветвленной на три линии (при линиях, находящихся в одинаковых условиях).

**Пример 1.** Дано: напор у насоса 75 м; вода подается по непрорезиненным рукавам диаметром 76 мм; ствол со спрыском диаметром 22 мм расположен на высоте 5 м от уровня насоса. Требуется получить струю с напором у спрыска 28 м (радиус действия струи 18 м).

Определить предельную длину рукавной линии.

**Решение.** Предельное количество рукавов определяем по формуле (101):

$$n = \left( \frac{H_n - Z}{H_{сп}} - 1 \right) a.$$

По табл. 46  $a = 11,7$ .

Подставив значения, получим

$$n = \left( \frac{75 - 5}{28} - 1 \right) 11,7 = 17 \text{ рукавов.}$$

Предельная длина линии  $17 \times 20 = 340$  м.

**Пример 2.** Дано: напор у насоса 70 м; вода подается по магистральной линии, состоящей из прорезиненных рукавов диаметром 65 мм; от разветвления идут две линии из непрорезиненных рукавов диаметром 50 мм, в каждой линии по два рукава; стволы со спрысками диаметром 16 мм находятся на высоте 4 м от уровня насоса. Требуется получить струи с напором у спрыска 24 м (радиус действия 15 м).

Определить предельную длину магистральной линии.

**Решение.** Пользуясь формулой (102)

$$n_m = \left( \frac{H_n - Z}{H_{сп}} - \frac{n_p}{a_p} - 1 \right) \frac{a_m}{K},$$

определяем предельную длину магистральной линии. По табл. 46  $a_p = 4,2$ ,  $a_m = 36$ . Для разветвления в две линии  $K = 4$ .

Подставив значения, получим

$$n_m = \left( \frac{70 - 4}{24} - \frac{2}{4,2} - 1 \right) \frac{36}{4} = 11 \text{ рукавов.}$$

Предельная длина магистральной линии  $11 \times 20 = 220$  м.

**Пример 3.** Дано: напор у насоса 65 м; вода подается по магистральной линии, состоящей из прорезиненных рукавов диаметром 76 мм; от разветвления



проложено три линии из прорезиненных рукавов диаметром 50 мм по два рукава в каждой; стволы со спрысками диаметром 16 мм находятся на высоте 6 м от уровня насоса. Требуется получить струи с напором у спрыска 24 м (радиус действия 15 м).

Определить предельную длину магистральной линии.

Решение. По формуле (102) определяем предельную длину магистральной линии. По табл. 46  $a_p = 8,4$ ;  $a_m = 84$ . Для разветвления в три линии  $K = 9$ .

Подставив значения, получим

$$n_m = \left( \frac{65 - 6}{24} - \frac{2}{8,4} - 1 \right) \frac{84}{9} = 11 \text{ рукавов.}$$

Предельная длина магистральной линии 220 м.

## § 2. УПРОЩЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА РУКАВНЫХ СИСТЕМ

Расчет рукавных систем можно производить упрощенным методом при помощи линейки, предложенной Н. М. Дьяковым. Линейка построена на основании формулы

$$h_w = \frac{n}{a} H_c,$$

$$\text{где } a = \frac{s_{\text{сп}}}{s_p} = \frac{\text{сопротивление спрыска}}{\text{сопротивление рукава}},$$

выражающей потери напора в рукавной линии, состоящей из  $n$  рукавов при заданном у спрыска напоре  $H_c$  метров.

В основу схемы расчетной линейки положено уравнение

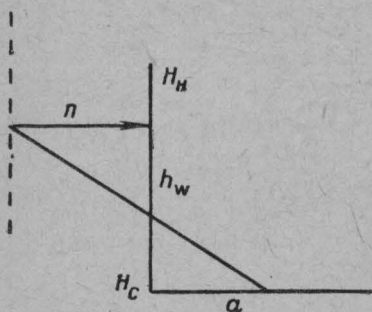


Рис. 165. Принцип построения расчетной линейки

$$h_w a = H_c n$$

и геометрические соображения, вытекающие из подобия треугольников, как это показано на рис. 165.

Здесь  $n$  — число рукавов в линии;  $a$  — коэффициент, числовое значение которого дается в табл. II линейки;  $H_c$  — заданный напор у спрыска;  $H_n$  — напор на насосе.

Линейка (см. вклейку) имеет три шкалы:

- 1) вертикальную шкалу ( $H_c + h_w$ ) — напоры у насоса;
- 2) горизонтальную (верхнюю) шкалу — количество рукавов в линии;
- 3) горизонтальную (нижнюю) шкалу — значение коэффициента  $a$ .

Кроме того, на правой свободной части поля линейки размещены три вспомогательные таблицы:

1) таблица I эквивалентных величин, пользуясь которыми можно вести расчет таких рукавных систем, в разветвленной части которых имеется одинаковое число рукавов с однопипными по диаметру спрысками.

2) таблица II числовых значений коэффициента  $a$ , вычисленных для различных значений диаметров sprысков, размера и ткани рукавов;

3) таблица III расходов воды ( $л/сек$ ) при различных напорах у sprысков стандартных диаметров.

### Порядок пользования линейкой

Если заданы количество рукавов и sprысков, их диаметры и напор у sprысков, то для нахождения напора на насосе необходимо:

а) найти по табл. II числовое значение  $a$ , соответствующее ткани рукава, количеству и диаметру sprысков;

б) найти на нижней горизонтальной шкале число, соответствующее значению  $a$ , и на вертикальной шкале — число, соответствующее заданному напору у sprыска;

в) соединить эти две найденные точки линейкой и найти третью точку, которая должна лежать на пересечении верхнего конца линейки с той из вертикальных линий, которая соответствует числу рукавов в рассчитываемой рукавной системе;

г) идя затем от найденной точки по горизонтали вправо, прочесть на вертикальной шкале число, показывающее искомый напор на насосе.

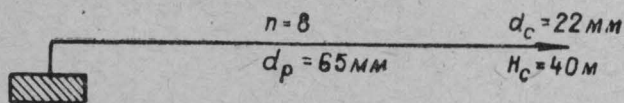


Рис. 166. Схема рукавной системы

**Пример 1** (рис. 166). Дано: количество рукавов ( $n$ ) — 8; диаметр рукава ( $d_p$ ) — 65 мм (прорезиненный); диаметр sprыска ( $d_c$ ) — 22 мм; напор у sprыска ( $H_c$ ) — 40 м.

**Решение.** Найдя значение  $a$ , равное 10, получим  $H_n = 7,25 ат$  (рис. 167).

Для определения напора на насосе при наличии рукавной системы, в ветвях разветвленной части которой имеется одинаковое число рукавов, снабженных стволами с однотипными по размеру sprысками, надлежит:

а) привести разветвленную рукавную систему к одиночной условно-расчетной рукавной линии;

б) после этого поступить так же, как и при расчете, приведенном в примере 1. Покажем этот прием расчета на следующем примере.

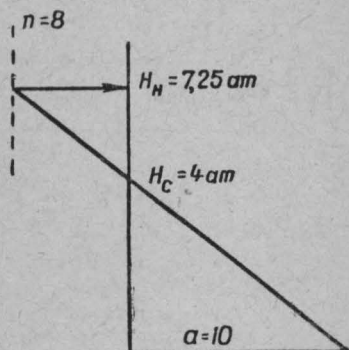


Рис. 167. Схема решения

**Пример 2** (рис. 168). Дано:  $n_T = 6$  (прорезиненные рукава  $d_p = 65$  мм);  $n'_p = n''_p = 2$  (прорезиненные рукава  $d_p = 50$  мм);  $d_c = 16$  мм;  $H_c = 30$  м.

**Решение.** Пользуясь эквивалентом (табл. I), согласно которому одна пара рукавов ( $d_p = 50$  мм) равнозначна при расчетах одному (того же материала) рукаву ( $d = 65$  мм) магистрали, найдем, что одиночная условно-расчетная линия (имея в виду, что во взятом примере в разветвленной части системы имеется две пары рукавов литер Б) будет состоять из 6 реальных и 2 условных рукавов магистрали, т. е. из  $6 + 2 = 8$  рукавов.

Найдя затем по табл. II значение  $a$  для двух sprысков  $d_c = 16$  мм, равное 9, и зная, что  $n = 8$ , а  $H_c = 30$ , получим (рис. 169)  $H_n = 5,8$  ат.

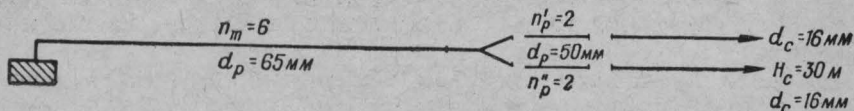


Рис. 168. Схема рукавной системы

Предельное количество рукавов в линии находится аналогичным способом.

Для этого по заданному числу и диаметру sprысков находят по табл. II значение  $a$ , после чего соединяют линейкой точки  $a$  и  $H_c$ .

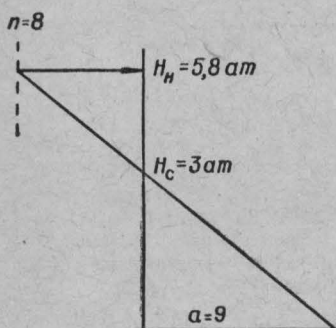


Рис. 169. Схема решения

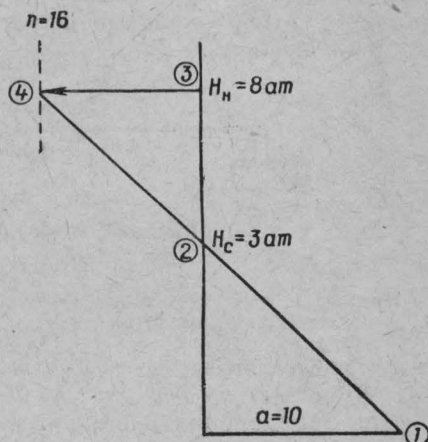


Рис. 170. Схема определения предельного количества рукавов

Затем находят на вертикальной шкале число, соответствующее предельному напору на насосе, и, идя от него по горизонтали влево (до встречи с линейкой), читают на шкале рукавов их предельное количество (рис. 170).

Значения  $a$ ,  $H_c$  и  $H_n$  — заданы. Значение  $n$  — отыскивается.

Для определения напора на насосе при сложной рукавной системе надлежит выполнить следующие действия:

а) найти по заданному напору у одного из sprысков напор на разветвлении;

б) найти по напору на разветвлении напоры у остальных spryskov;

в) определить (табл. III) по найденным напорам у spryskov суммарный расход воды;

г) найти условия (диаметр spryska и напор), при которых может быть получен этот расход из какого-либо одного или двух однотипных spryskov;

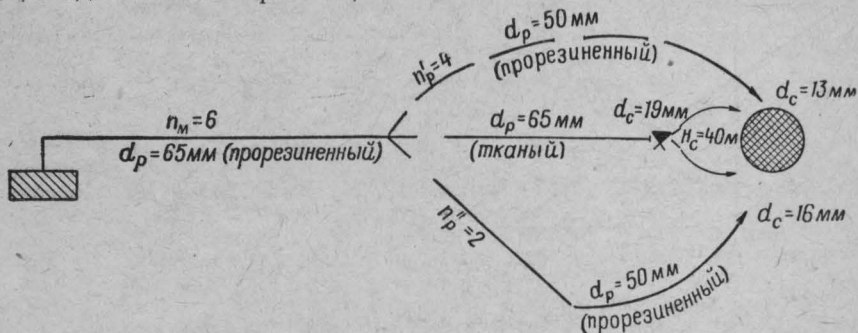


Рис. 171. Схема рукавной системы

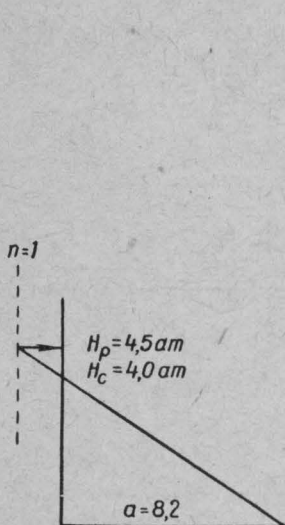


Рис. 172. Схема решения

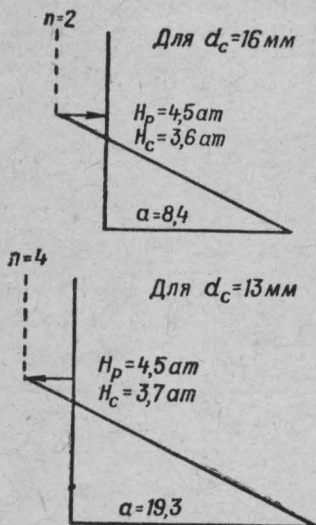


Рис. 173. Схемы решения

д) по значению  $\alpha$  и напору  $H_c$  у найденного эквивалентного spryska определить известным уже нам способом напор на насосе.

Покажем порядок таких действий на следующем примере расчета сложной рукавной системы.

**Пример 3.** Данные рукавов показаны на рис. 171.

**Решение.** а) Найдем вначале (пользуясь количеством рукавов и значением  $\alpha$  этой ответвленной линии, напор у spryska ствола которой задан) напор на разветвлении  $H_p$ .



В данном случае заданный напор у спрыска  $d_c = 19$  мм (ПГ-50) составляет 40 м. От разветвления до ПГ-50 проложен один рукав (тканый) диаметром  $d_p = 65$  мм. Значение  $a$  (согласно табл. II) для спрыска  $d = 19$  мм равно 8,2; следовательно (рис. 172),  $H_p = 4,5$  ат.

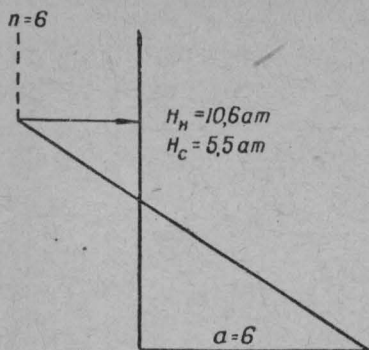


Рис. 174. Схема решения

6) Пользуясь затем знанием напора у разветвления  $H_p = 4,5$ , найдем напоры у остальных спрысков диаметром 13 и 16 мм. Значения  $a$  для этих спрысков соответственно будут равны 19,3 и 8,4. Отыскав точки, лежащие на пересечении горизонтальной линии (идущей влево от цифры, выражающей напор на разветвлении) с вертикальными линиями, соответствующими количеству рукавов в крайних ветвях ответвленной (2 и 4) части системы, соединим их последовательно при помощи линейки с точками 19,3 и 8,4, лежащими на шкале значений  $a$ . Пересечение линейки с вертикальной шкалой покажет напоры у спрысков диаметром 13 и 16 мм; они будут (рис. 173) равны 3,6 и 3,7 ат.

в) Суммарный расход воды (табл. III) при напорах у спрысков  $d_c = 19$  мм — 40 м,  $d_c = 13$  мм — 37 м,  $d_c = 16$  мм — 36 м составит 16,5 л/сек. Такой расход воды возможен от одного спрыска (табл. III)  $d_c = 25$  мм при напоре у него 5,5 ат.

Так как значение  $a$  для этого спрыска (табл. II) равно 6, то, соединив при помощи линейки точки 6 и 5,5, найдем, что при 6 рукавах в магистрали системы напор на насосе должен составить 10,6 ат (рис. 174).

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Наставление по пожарной охране в воинских частях, учреждениях и заведениях Советской Армии, 1953.
2. Противопожарные нормы строительного проектирования промышленных предприятий и населенных мест, 1954.
3. Указания по устройству водоемов для противопожарных целей, 1942.
4. Военпроект КЭУ ГИУ КА, Пожарные водоемы, 1943.
5. ЦНИИПО ГУПО. Информационный сборник, 1951 и 1953.
6. Проф. Лобачев В. Г., Противопожарное водоснабжение, 1950.
7. Проф. Евреинов В. Н., Гидравлика, 1947.
8. Проф. Гениев Н. Н., проф. Абрамов Н. Н., доц. Павлов В. И., Водоснабжение, 1950.
9. Проф. Азерьер С. Х., Водоснабжение на железнодорожном транспорте, 1952.
10. Позднеев М. В., Противопожарное водоснабжение, 1940.
11. Теплов А. В., Водоснабжение на железнодорожном транспорте, 1951.
12. Проф. Лобачев В. Г., Сборник задач по подаче воды для целей пожаротушения, 1952.
13. Тарасов-Агалаков Н. А., Обследование систем противопожарного водоснабжения, 1952.
14. Проф. Фальковский Н. И., История водоснабжения в России, 1947.
15. Соколовский А. Н., Борьба с фильтрацией осолонцеванием грунтов при постройке водоемов, 1952.
16. Шульга Ф. Т., Гидроизоляцияные работы, 1951.
17. Пашенков Я. М., Карамбилов Н. А., Грибанов И. П., Сельскохозяйственное водоснабжение и буровое дело, 1951.
18. Проф. Пышкин Б. А., Слободьян Р. Т., Беляшевский Н. Н. и Дятловицкий Л. И., Низконапорные плотины из местных материалов, 1951.
19. Инж. Ковров К. П., Простейшее водоснабжение колхозов, 1946.
20. Спиридонов А. Л., Водоснабжение животноводческих ферм, 1950.
21. Френкель Н. З., Гидравлика, 1947.
22. Павлов В. И., Ленский В. А., Водоснабжение и канализация, 1951.
23. Проф. Флоринский М. М., Насосные установки и станции, 1946.
24. Проф. Знаменский Г. М., Насосы, компрессоры, вентиляторы, 1951.
25. Канторович Б. В., Гидравлика, гидравлические и воздушные машины, 1950.
26. Матвеев М. А., Водовоздушное хозяйство обогатительных фабрик, 1950.
27. Волков И. С., Машины и аппараты пожаротушения, 1948.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение . . . . .	3
<b>Глава I. Сведения о нормах противопожарного водоснабжения</b> . . . . .	<b>6</b>
§ 1. Нормы расхода воды на наружное пожаротушение . . . . .	—
§ 2. Расход воды на спринклерное и дренчерное оборудование . . . . .	8
§ 3. Расход воды на внутреннее пожаротушение . . . . .	9
§ 4. Нормы напоров воды . . . . .	—
<b>Глава II. Основы гидравлики</b> . . . . .	<b>11</b>
§ 1. Гидравлика и область ее применения . . . . .	—
§ 2. Основные свойства жидкостей . . . . .	12
§ 3. Гидростатика . . . . .	16
Гидростатическое давление . . . . .	—
Основное уравнение гидростатики . . . . .	18
Сила давления жидкости на поверхность . . . . .	—
Гидравлический пресс . . . . .	19
§ 4. Гидродинамика . . . . .	21
Движение установившееся и неуставившееся . . . . .	—
Элементы потока . . . . .	22
Расход и средняя скорость . . . . .	—
Движение равномерное и неравномерное . . . . .	23
Удельная энергия . . . . .	—
Уравнение неразрывности . . . . .	25
Уравнение Бернулли при установившемся движении жидкости . . . . .	26
Принцип Вентури . . . . .	28
Два режима движения жидкости . . . . .	29
Основное уравнение равномерного движения жидкости . . . . .	30
§ 5. Движение воды по напорному трубопроводу . . . . .	32
Общая задача гидравлического расчета трубопроводов . . . . .	—
Потери напора по длине трубопровода . . . . .	33
Потери напора на местные сопротивления . . . . .	37
Расчет трубопроводов . . . . .	44
§ 6. Потери напора в пожарных рукавах . . . . .	48
§ 7. Истечение жидкости через отверстия и насадки . . . . .	49
Истечение жидкости через малое отверстие в тонкой стенке . . . . .	—
Истечение жидкости через насадки . . . . .	51
§ 8. Понятие о струях . . . . .	52
Сплошные водяные струи . . . . .	—
Расчет пожарной струи . . . . .	53
Наклонные струи . . . . .	55
Рабочие пожарные струи . . . . .	58
Реакция струи воды на ствол . . . . .	59
§ 9. Гидравлический удар . . . . .	60
§ 10. Понятие о работе насосов . . . . .	62
Центробежные насосы . . . . .	63
Полный напор, высота всасывания и нагнетания насосов . . . . .	64
Коэффициент полезного действия и мощность насосов . . . . .	68

	Производительность и напор центробежных насосов . . . . .	Стр. 69
	Водоструйные насосы . . . . .	71
<b>Глава III. Противопожарный водопровод . . . . .</b>		<b>74</b>
§ 1. Основные системы и схемы водопроводов . . . . .		—
	Общая схема водоснабжения из открытых источников . . . . .	75
	Схема водоснабжения из подземных источников . . . . .	77
§ 2. Емкости . . . . .		78
§ 3. Насосные станции . . . . .		86
§ 4. Водонапорные башни . . . . .		88
§ 5. Пневматические водонапорные устройства . . . . .		90
§ 6. Наружная водопроводная сеть . . . . .		92
	Назначение водопроводной сети и ее конфигурация . . . . .	—
	Понятие о расчете водопроводных сетей . . . . .	95
	Устройство водопроводной наружной сети . . . . .	107
	Укладка и испытание водопроводных труб . . . . .	110
	Арматура водопроводной сети . . . . .	111
	Колодцы . . . . .	119
§ 7. Внутренние водопроводы . . . . .		122
	Основные сведения о внутренних водопроводах . . . . .	—
	Внутренняя сеть и ее оборудование . . . . .	125
	Внутренние пожарные краны и их оборудование . . . . .	128
	Спринклерное оборудование . . . . .	131
	Дренчерное оборудование . . . . .	137
§ 8. Приемка и эксплуатация противопожарных водопроводов . . . . .		140
	Приемка противопожарных водопроводов . . . . .	—
	Эксплуатация водопроводов . . . . .	146
<b>Глава IV. Естественные источники и использование их для пожаротушения . . . . .</b>		<b>150</b>
§ 1. Естественные открытые водоемы . . . . .		—
	Облицованный берег . . . . .	151
	Эстакада (пирс) . . . . .	—
	Береговой колодец с самотечной или сифонной линией . . . . .	152
	Открытые траншеи . . . . .	154
	Водозабор с выносным всасывающим трубопроводом . . . . .	155
	Сохранение необходимого запаса воды в естественных открытых водоемах . . . . .	—
	Утепление проруби . . . . .	157
§ 2. Сбор атмосферных и поверхностных вод . . . . .		158
	Плотины для создания водохранилищ . . . . .	—
	Земляные плотины . . . . .	159
	Плотины из каменной наброски . . . . .	163
	Водосбросные сооружения . . . . .	165
	Расчет водосбросного канала . . . . .	—
	Приближенный расчет объема земляной плотины . . . . .	168
	Деревянные плотины . . . . .	169
	Наблюдение за плотиной и водоемом . . . . .	171
	Сбор атмосферных вод . . . . .	173
§ 3. Подземные источники . . . . .		174
§ 4. Водоподъемные установки . . . . .		181
§ 5. Гидравлический таран . . . . .		184
<b>Глава V. Искусственные пожарные водоемы . . . . .</b>		<b>188</b>
§ 1. Общие сведения о пожарных водоемах . . . . .		—
§ 2. Грунтовые водоемы . . . . .		191
	Конструкция водоемов . . . . .	—
	Типы гидроизоляционной одежды . . . . .	195
	Водозаборные устройства . . . . .	202
	Производство работ по устройству грунтового водоема . . . . .	—
	Эксплуатация открытых грунтовых водоемов . . . . .	203



	Стр.
§ 3. Деревянные водоемы . . . . .	204
Деревянные водоемы с каркасными стенами . . . . .	—
Деревянные рубленые водоемы . . . . .	206
Водоемы бочкового типа . . . . .	207
Деревянные водоемы с пополнением водой за счет грунтовых вод . . . . .	209
§ 4. Каменные водоемы . . . . .	210
Поверхностные каменные водоемы . . . . .	211
Подземные каменные водоемы . . . . .	212
§ 5. Железобетонные водоемы . . . . .	213
§ 6. Испытания и эксплуатация водоемов . . . . .	—
§ 7. Устройство водоемов в районах с низкими температурами . . . . .	215
§ 8. Противопожарное водоснабжение в полевых условиях . . . . .	—
Глава VI. Подача воды к месту пожара . . . . .	219
§ 1. Расчет рукавных систем . . . . .	220
Определение потребного напора у автонасоса . . . . .	—
Определение предельной длины рукавной линии . . . . .	222
Определение величины расхода воды . . . . .	223
Расчеты сложных рукавных систем . . . . .	225
Последовательная работа насосов (перекачка) . . . . .	227
Параллельная работа насосов . . . . .	228
Расчет рукавных систем по методу, предложенному Н. М. Дьяковым . . . . .	231
§ 2. Упрощенный метод расчета рукавных систем . . . . .	238
Порядок пользования линейкой . . . . .	239
Использованная литература . . . . .	243

**А. С. Лукин. Противопожарное водоснабжение военных городков**

Под наблюдением редактора полковника *Кокосова Б. В.*

Технический редактор *Стрельникова М. А.* Корректор *Патеревская З. С.*

---

Сдано в набор 5.2.55 г.

Подп. к печати 29.6.55 г.

Формат бумаги  $60 \times 92 \frac{1}{16}$  — 15  $\frac{1}{2}$  печ. л. = 15,5 усл. печ. л. + 1 вкл. —  $\frac{1}{2}$  печ. л. = 0,5 усл. печ. л.  
15,32 уч.-изд. л.

Г-14766

Военное Издательство Министерства Обороны Союза ССР. Москва, Тверской бульвар, 18.

Изд. № 4/7770

Зак. № 3121

---

2-я типография имени К. Е. Ворошилова Управления Военного Издательства  
Министерства Обороны Союза ССР

*Продаже не подлежит*